



# Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

## Neutrosophic Cognitive Map for assessing microbial influence on cognition and mood.

María Fernanda Morales Gómez<sup>1</sup>, Jessica Lisbeth Vallejo Bayas<sup>2</sup>, and Lissette Estefanía Muyulema Muyulema<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [ua.mariamorales@uniandes.edu.ec](mailto:ua.mariamorales@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [ma.jessicalvb87@uniandes.edu.ec](mailto:ma.jessicalvb87@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [ma.lissetteemm32@uniandes.edu.ec](mailto:ma.lissetteemm32@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** El trastorno depresivo mayor es uno de los trastornos mentales más incapacitantes a nivel mundial. Investigaciones recientes han resaltado la asociación entre cambios en la composición y función de la microbiota intestinal, conocidos como disbiosis, y el desarrollo y progresión de la depresión al influir en el eje intestino-cerebro. La disbiosis, aunque involucrada en la patogénesis de la depresión, también presenta oportunidades terapéuticas. En esta revisión, se examina la relación entre disbiosis y depresión, así como las interacciones entre fármacos antidepresivos y microbiota. Además, se exploran las potenciales ventajas de terapias dirigidas a la microbiota, como intervenciones dietéticas, trasplante fecal, probióticos, prebióticos y posbióticos. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Este enfoque emergente en la investigación microbiana apunta hacia nuevas direcciones para el tratamiento clínico y la comprensión de la depresión.

**Palabras Claves:** Mapa Cognitivo Neutrosófico, evaluar la influencia microbiana, cognición y el estado de ánimo.

**Abstract.** Major depressive disorder is one of the most disabling mental disorders worldwide. Recent research has highlighted the association between changes in the composition and function of the gut microbiota, known as dysbiosis, and the development and progression of depression by influencing the gut-brain axis. Dysbiosis, although involved in the pathogenesis of depression, also presents therapeutic opportunities. In this review, the relationship between dysbiosis and depression is examined, as well as the interactions between antidepressant drugs and microbiota. Furthermore, the potential advantages of microbiota-targeted therapies, such as dietary interventions, fecal transplantation, probiotics, prebiotics, and postbiotics, are explored. The present research aims to develop a method for the assessment of microbial influence on cognition and mood. This emerging focus on microbial research points towards new directions for the clinical treatment and understanding of depression.

**Keywords:** Neutrosophic Cognitive Map, assessing microbial influence, cognition and mood

### 1 Introducción

La microbiota intestinal, compuesta por una diversidad de microorganismos, desempeña un papel crucial en la fisiología humana. Su composición es única para cada individuo y se ve fuertemente influenciada por factores como la genética, el desarrollo, el crecimiento y la localización anatómica [1]. Con una cifra estimada de  $10^{18}$  microorganismos, predominantemente constituidos por bacterias anaeróbicas, el microbioma intestinal despliega una gama diversa de funciones, incluyendo la regulación de la motilidad intestinal, la metabolización de los alimentos y la absorción de nutrientes [2].

El trastorno depresivo mayor (TDM) es una enfermedad prevalente que impacta significativamente la vida cotidiana y la calidad de vida. Su incidencia ha aumentado, especialmente durante la pandemia de COVID-19. La complejidad del TDM exige más opciones de tratamiento, ya que no todos los tratamientos actuales son eficaces [3].

Recientemente, se ha confirmado que la composición de la microbiota intestinal, compuesta por una diversidad de microorganismos, incluidas bacterias y hongos, podría desempeñar un papel importante con los trastornos de

ansiedad y depresión, respaldado por al menos dos revisiones sistemáticas recientes [4]. Diversos estudios han demostrado que los roedores que presentan disbiosis en su microbiota intestinal exhiben comportamientos análogos a la ansiedad y la depresión [5], y que dichos comportamientos anormales pueden ser revertidos tras la administración de probióticos bacterianos [5]. Además, un estudio llevó a cabo el trasplante de microbiota fecal procedente de pacientes deprimidos en ratones con microbiota agotada, lo que resultó en la inducción de comportamientos similares a la depresión en dichos animales [6]. Sin embargo, también existe evidencia que respalda la existencia de un círculo vicioso patológico, donde los cambios asociados a la depresión pueden causar y empeorar la disbiosis [5]. Por lo tanto, aunque es posible que los cambios en el microbioma ocurran tempranamente en el TDM y puedan contribuir a su inicio, con el tiempo, los cambios patológicos asociados al TDM podrían tener un efecto aún mayor en la disbiosis al alterar el ambiente intestinal.

Los estudios observacionales han revelado que los pacientes diagnosticados con Trastorno Depresivo Mayor (TDM) muestran diferencias notables en la composición de su microbiota intestinal en comparación con individuos sanos, aunque aún no se ha identificado con claridad qué bacterias específicas podrían estar contribuyendo a estas disparidades grupales [7], [8]. A pesar de que la evidencia acumulada sugiere una asociación entre la composición de la microbiota intestinal y el TDM, aún no se ha establecido definitivamente si ciertos grupos bacterianos son responsables de desencadenar el TDM. Los estudios observacionales que se centran en la diversidad de la microbiota intestinal no pueden establecer una relación causal directa.

Algunos estudios experimentales sugieren que los antidepresivos pueden influir en la composición de la microbiota intestinal [9], lo que indica que ciertas bacterias específicas podrían jugar un papel crucial en la modulación de la patogénesis del TDM.

Basándonos en estas evidencias, planteamos la hipótesis de que las alteraciones en la composición de la microbiota intestinal podrían ser un factor contribuyente al desarrollo del TDM. Sin embargo, confirmar si esta correlación es de naturaleza causal y qué bacterias de la microbiota son las más significativas resulta esencial para mejorar las estrategias clínicas destinadas al tratamiento del TDM. Además de las bacterias intestinales, la microbiota no bacteriana también desempeña un papel en la patogénesis de la depresión.

Los bacteriófagos, como socios beneficiosos, influyen en la función de la microbiota bacteriana al fomentar la diversidad de genotipos y fenotipos bacterianos [6], [7]. Se han registrado cambios en la composición de los bacteriófagos en pacientes con Trastorno Depresivo Mayor (TDM), especialmente en los de tipo Caudovirales. Estos cambios también se han observado en un modelo de depresión en primates no humanos, sugiriendo que la alteración de los bacteriófagos Caudovirales es característica de la depresión [2]. Además, se ha documentado una disbiosis fúngica intestinal en pacientes deprimidos, y se cree que una red alterada de hongos y bacterias está relacionada con la aparición de la depresión [10]. Se ha examinado previamente el papel de *Candida albicans* en la fisiopatología de trastornos psiquiátricos como la depresión. Las interacciones predominantes entre la microbiota bacteriana y no bacteriana en el intestino son complejas, lo que sugiere que estudiar las propiedades de las bacterias sin considerar otras microbiotas no bacterianas podría brindar una visión sesgada del papel de las redes funcionales que realmente involucran a múltiples microorganismos y comunidades microbianas [2].

Esta revisión bibliográfica examina específicamente la asociación entre la disbiosis y el TDM, así como las interacciones entre los medicamentos y la microbiota en el tratamiento de la depresión, señalando posibles avances terapéuticos en este campo en evolución. El objetivo de este estudio es investigar la relación entre la disbiosis y la depresión, así como analizar las interacciones entre los fármacos antidepresivos y la microbiota intestinal. Además, se busca explorar las posibles ventajas de las terapias dirigidas a la microbiota, tales como intervenciones dietéticas, trasplante fecal, probióticos, prebióticos y posbióticos, con el fin de comprender mejor su impacto en el tratamiento y manejo de la depresión.

## 2 Materiales y métodos

Los problemas presentes sobre la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de personas que representan las alternativas a analizar en el proceso de evaluación en el que:

El número de pacientes  $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ ,  $n \geq 1$ ,

Que poseen un de criterios de influencias que representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C = \{C_1, \dots, C_m\}$ ,  $m \geq 2$ .

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [11]. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas a la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [12], [13]. La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

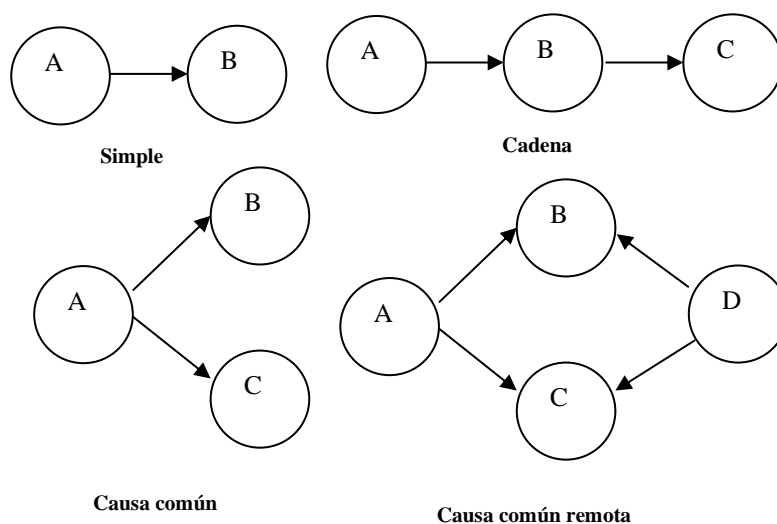


Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

Los Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN): es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [14] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de  $[-1,1]$  [15], [16]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [17, 18].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [19]:

- $W_{ij} > 0$ , indica una causalidad positiva entre los conceptos  $C_j$  y  $C_i$ . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de  $C_j$  lleva al incremento (o disminución) en el valor de  $C_i$ .
- $W_{ij} < 0$ , indica una causalidad negativa entre los conceptos  $C_j$  y  $C_i$ . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de  $C_j$  lleva a la disminución (o incremento) en el valor de  $C_i$ .
- $W_{ij} = 0$ , indica la no existencia de relaciones entre los conceptos  $C_j$  y  $C_i$ .

## 2.2 Método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo a partir del conjunto de criterios. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto (entradas, procesamiento y salidas).

**Las entradas del sistema:** representan el conjunto de personas a analizar, los criterios de evaluación, relaciones asociadas, las relaciones causales que poseen los criterios y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

**El procesamiento del sistema:** se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

**Las salidas del sistema:** representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

El método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo, está conformado por cinco actividades (identificación de los criterios evaluativos, determinación de las relaciones causales, identificación de los pesos atribuidos a los criterios y generación del diagnóstico) que son descritas a continuación.

**Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:** La identificación de los criterios evaluativos representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de criterios que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

**Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:** La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios de evaluación. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios en la base de casos analizada.

**Tabla 1:** Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente Alta (EB)	[ 1,0,0]
Muy muy Alta (MMB)	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]
Muy Alta (MB)	[ 0.8,0,15,0.20 ]
Alta (B)	[ 0.70,0.25,0.30 ]
Medianamente Alta (MDB)	[ 0.60,0.35,0.40 ]
Media (M)	[ 0.50,0.50,0.50 ]
Medianamente baja (MDM)	[ 0.40,0.65,0.60 ]
Baja (MA)	[ 0.30,0.75,0.70 ]
Muy baja (MM)	[ 0.20,0.85,0.80 ]
Muy muy baja (MMM)	[ 0.10,0.90,0.90 ]
Extremadamente baja (EM)	[ 0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [20], [21] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & W_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia  $M = M(C_i C_j)$  representa el valor causal de la función del arco, el nodo  $C_i$  que es imparte  $C_j$ .  $C_i$  incrementa causalmente a  $C_j$  si  $M_{ij} = -1$ , y no imparte causalmente si  $M_{ij} = 0$ .

**Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios evolutivos:** a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [22], [23]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [24-26].

$$id_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ji}\| \quad (1)$$

**Actividad 4 identificaciones del estado del cumplimiento de los criterios** la identificación del estado de cumplimiento de los criterios es la actividad que consiste en determinar el estado de las preferencias presentes en los casos de análisis [27-29]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

**Tabla 2:** Dominio de valores para expresar preferencias de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Valor	Impacto
[ 0,1,1]	Ausencia del criterio (AS)
[ 0.20,0.85,0.80 ]	Ligera presencia del criterio (LP)
[ 0.50,0.50,0.50 ]	Baja presencia del criterio (BP)
[ 0.70,0.25,0.30 ]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

**Actividad 5 generación del diagnóstico:** el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [30], [31] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^n A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$  : es el valor del concepto  $C_i$  en el paso  $k+1$  de la simulación,

$A_i^{(K)}$  : es el valor del concepto  $C_j$  en el paso  $k$  de la simulación,

$W_{ji}$ : es el peso de la conexión que va del concepto  $C_j$  al concepto  $C_i$  y  $f(x)$  es la función de activación [32].

### 3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función de evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. A continuación se describen los resultados del estudio:

#### Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

El proceso de selección de los criterios representa la identificación de los elementos que influyen microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

**Tabla 3:** Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterio
$C_1$	Composición de la microbiota intestinal
$C_2$	Producción de metabolitos bioactivos
$C_3$	Estado inflamatorio sistémico
$C_4$	Integridad de la barrera intestinal y cerebral
$C_5$	Evaluación de parámetros psicológicos y cognitivos

#### Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

**Tabla 4:** Matriz de adyacencia resultante

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	[0, 0,0]	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[ 1,0,0]
C <sub>2</sub>	[ 1,0,0]	[0, 0,0]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 1,0,0]
C <sub>3</sub>	[ 1,0,0]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[0, 0,0]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.8,0,15,0.20 ]
C <sub>4</sub>	[0.75, 0.5,0.25]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[0, 0,0]	[ 0.8,0,15,0.20 ]
C <sub>5</sub>	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]	[ 0.8,0,15,0.20 ]	[ 0.8,0,15,0.20 ]	[0, 0,0]

**Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a los criterios:**

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), Se obtiene el comportamiento del peso atribuido a los criterios. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

**Tabla 5:** Peso atribuido a los criterios.

Criterios	Incidencias	Peso
C <sub>1</sub>	Composición de la microbiota intestinal	[ 0.85,0,15,0.20 ]
C <sub>2</sub>	Producción de metabolitos bioactivos	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]
C <sub>3</sub>	Estado inflamatorio sistémico	[ 0.85,0,15,0.20 ]
C <sub>4</sub>	Integridad de la barrera intestinal y cerebral	[ 0.85,0,15,0.20 ]
C <sub>5</sub>	Evaluación de parámetros psicológicos y cognitivos	[ 0.85,0,15,0.20 ]

**Actividad 4 identificaciones de las preferencias de los criterios:**

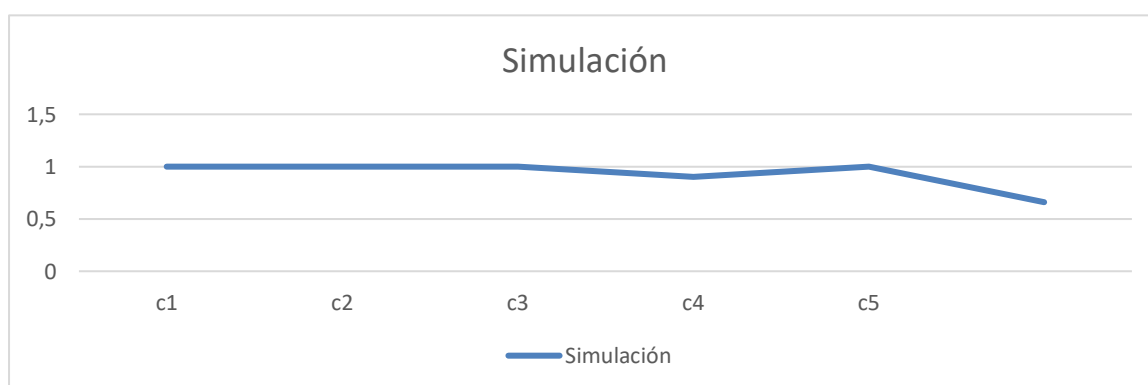
A partir de la interacción con los casos de análisis se determina la preferencia que poseen sobre los criterios. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

**Tabla 6:** preferencia atribuida a los criterios evaluativos.

Pacientes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 1,0,0]

**Actividad 5 generaciones del diagnóstico:**

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los casos de análisis mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios y prevé la evolución en los casos de análisis. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación realizada.

**Figura 2:** Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de una enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

**Tabla 7:** Procesamiento y evaluación.

Pacientes A <sub>1</sub>	Pesos	Preferencias	Agregación
C <sub>1</sub>	[ 0.85,0,15,0.20 ]	[ 1,0,0]	[ 0.92, 0.1, 0.1 ]
C <sub>2</sub>	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 1,0,0]	[ 0.95, 0.1, 0.1 ]
C <sub>3</sub>	[ 0.85,0,15,0.20 ]	[ 1,0,0]	[ 0.92, 0.1, 0.1 ]
C <sub>4</sub>	[ 0.85,0,15,0.20 ]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[0.89, 0.5,0.25]
C <sub>5</sub>	[ 0.85,0,15,0.20 ]	[ 1,0,0]	[ 0.92, 0.1, 0.1 ]
Índice			[ 0.92, 0.1, 0.1 ]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un desarrollo de un  $I= 0.92$ , para el caso analizado representa una muy alta evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

#### 4 Análisis de los resultados

Los resultados de los estudios revisados presentan un significativo resultado en relación a los microbiomas intestinales y la salud mental, destacando la importancia de comprender y abordar este vínculo en el contexto clínico y de investigación. La necesidad de prestar atención a la dieta y los medicamentos que pueden afectar la composición y función de los microbiomas intestinales, así como la consideración de suplementos probióticos como parte integral de la dieta. Además, se plantea la relevancia de abordar la inflamación como parte del tratamiento para enfermedades psiquiátricas, lo que podría representar un avance significativo en la atención médica.

El estudio [33] sugiere la importancia de considerar los efectos a largo plazo de eventos estresantes, medicamentos y nutrición en la salud mental, particularmente durante la infancia. Los estudios [34], [35] apoyan este argumento y señalan la necesidad de una mejor comprensión de los mecanismos biológicos subyacentes, como el eje microbiota-intestino-cerebro (MGB) y las vías intestinales y neuronales, en el desarrollo de la depresión y otros trastornos psiquiátricos.

Los estudios revisados presentan evidencia crucial para la realización de más investigaciones de laboratorio y poder profundizar en la comprensión de estos mecanismos y establecer nuevas estrategias de tratamiento basada en los microbiomas.

Por otro lado, a pesar de que se han realizado varios estudios sobre el microbioma intestinal y su efecto en la salud mental, algunos estudios [35] cuestionan estos descubrimientos y proponen la realización de más investigaciones y aplicación de métodos más rigurosas para obtener información adicional.

Asimismo, se enfatiza la necesidad de más estudios a gran escala para validar y fortalecer los hallazgos de investigación anterior, así como la importancia de considerar las limitaciones de la literatura existente, como las restricciones de idioma y la exclusión de ciertos tipos de diseño de investigación.

#### 5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

La revisión de los estudios evidenciaron resultados similares y coherentes que respaldan la relación entre los microorganismos del tracto gastrointestinal, que influyen en procesos cognitivos, y la función vital del eje intestino-cerebro en la manifestación y tratamiento de trastornos mentales y enfermedades psiquiátricas. A pesar de los avances prometedores, la investigación sobre el microbioma intestinal aún se encuentra en una etapa temprana y requiere una mayor exploración.

Además, se descubrió que se necesitan más estudios de laboratorio para comprender mejor la composición, características y concentraciones de los microorganismos intestinales que desempeñan un papel en la salud mental y las enfermedades psiquiátricas. Aún estamos lejos de comprender completamente la función de estos fascinantes microorganismos intestinales en la cognición humana.

Finalmente, una vez que se aclaren estos aspectos, podemos abordar de manera más efectiva muchas enfermedades psiquiátricas que actualmente resultan difíciles de tratar

## Referencias

- [1] M. C. Cenit, Y. Sanz, and P. Codoñer-Franch, "Influence of gut microbiota on neuropsychiatric disorders," *World journal of gastroenterology*, vol. 23, no. 30, pp. 5486, 2017.
- [2] F. Guarner, "Papel de la flora intestinal en la salud y en la enfermedad," *Nutrición hospitalaria*, vol. 22, pp. 14-19, 2007.
- [3] D. F. Santomauro, A. M. M. Herrera, J. Shadid, P. Zheng, C. Ashbaugh, D. M. Pigott, C. Abbafati, C. Adolph, J. O. Amlag, and A. Y. Aravkin, "Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic," *The Lancet*, vol. 398, no. 10312, pp. 1700-1712, 2021.
- [4] C. A. Simpson, O. S. Schwartz, and J. G. Simmons, "The human gut microbiota and depression: widely reviewed, yet poorly understood," *Journal of Affective Disorders*, vol. 274, pp. 73-75, 2020.
- [5] M. Gómez-Eguílaz, J. L. Ramón-Trapero, L. Pérez-Martínez, and J. R. Blanco, "El eje microbiota-intestino-cerebro y sus grandes proyecciones," *Rev Neurol*, vol. 68, no. 03, pp. 111, 2019.
- [6] C. Castañeda Guillot, "Trasplante de microbiota fecal," *Revista Cubana de Pediatría*, vol. 91, no. 3, 2019.
- [7] Y. Huang, X. Shi, Z. Li, Y. Shen, X. Shi, L. Wang, G. Li, Y. Yuan, J. Wang, and Y. Zhang, "Possible association of Firmicutes in the gut microbiota of patients with major depressive disorder," *Neuropsychiatric disease and treatment*, pp. 3329-3337, 2018.
- [8] K. Sanada, S. Nakajima, S. Kurokawa, A. Barceló-Soler, D. Ikuse, A. Hirata, A. Yoshizawa, Y. Tomizawa, M. Salas-Valero, and Y. Noda, "Gut microbiota and major depressive disorder: a systematic review and meta-analysis," *Journal of affective disorders*, vol. 266, pp. 1-13, 2020.
- [9] Y. Ait Chait, W. Mottawea, T. A. Tompkins, and R. Hammami, "Unravelling the antimicrobial action of antidepressants on gut commensal microbes," *Scientific reports*, vol. 10, no. 1, pp. 17878, 2020.
- [10] J. R. Kelly, Y. Borre, C. O'Brien, E. Patterson, S. El Aidy, J. Deane, P. J. Kennedy, S. Beers, K. Scott, and G. Moloney, "Transferring the blues: depression-associated gut microbiota induces neurobehavioural changes in the rat," *Journal of psychiatric research*, vol. 82, pp. 109-118, 2016.
- [11] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. Lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.
- [12] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures*, vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.
- [13] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University*, vol. 20, 2011.
- [14] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.
- [15] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems*, vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.
- [16] J. L. G. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica*, vol. 8, no. 1, 2015.
- [17] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.
- [18] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters*, vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.
- [19] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.
- [20] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.
- [21] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suintaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
- [22] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.
- [23] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil*, vol. 19, no. 1, 2018.
- [24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.



- [25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [27] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [28] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [29] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [30] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA: Springer Verlag*, 2010, p.^pp. Pages.
- [31] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil*, vol. 18, no. 2, 2018.
- [32] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.
- [33] Á. V. Narváez, G. A. A. Chamorro, and L. M. R. López, "Sospecha fallida de síndrome neuroléptico maligno en una paciente con esquizofrenia," *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, vol. 32, no. 1, pp. 81-85, 2023.
- [34] N. Heym, B. Heasman, K. Hunter, S. Blanco, G. Wang, R. Siegert, A. Cleare, G. Gibson, V. Kumari, and A. Sumich, "The role of microbiota and inflammation in self-judgement and empathy: implications for understanding the brain-gut-microbiome axis in depression," *Psychopharmacology*, vol. 236, pp. 1459-1470, 2019.
- [35] S. C. Kleiman, E. C. Bulik-Sullivan, E. M. Glenny, S. C. Zerwas, E. Y. Huh, M. C. Tsilimigras, A. A. Fodor, C. M. Bulik, and I. M. Carroll, "The gut-brain axis in healthy females: lack of significant association between microbial composition and diversity with psychiatric measures," *PloS one*, vol. 12, no. 1, pp. e0170208, 2017.

Recibido: noviembre 25, 2024. Aceptado: diciembre 21, 2024