

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN A LA SALUD  
LICENCIATURA EN MEDICINA**

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL ELECTROENCEFALOGRAMA EN NIÑOS CON  
HIPOTIROIDISMO CONGÉNITO DE 1 A 3 AÑOS Y SU RELACIÓN CON LA  
SOBRESUSTITUCIÓN HORMONAL Y DESARROLLO**

**M.P.S.S. Itzel Melisa Santibañez Aleman**

**Matrícula 2153025213**

**Asesor**

**Dra. Gabriela del Pilar Romero Esquiliano**

**ENERO 2024**

# CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I INVESTIGACIÓN.....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 MARCO TEÓRICO.....	4
I. Glándula tiroides.....	4
II. Hipotiroidismo congénito.....	5
III. Pruebas neurofisiológicas.....	9
IV. Evaluación del desarrollo infantil.....	13
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.6 HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	14
1.7 METODOLOGÍA.....	14
1.7.1 Tipo de estudio.....	14
1.7.2 Población, criterios de inclusión, de exclusión.....	15
1.7.3 Variables.....	15
1.7.4 Definición operacional.....	15
1.7.5 Material y métodos.....	17
1.8 RESULTADOS.....	18
1.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25
1.10 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
1.11 BIBLIOGRAFÍA.....	27
CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DONDE SE HIZO LA INVESTIGACIÓN.....	32
1. DATOS HISTÓRICOS.....	32
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SALUD, INFRAESTRUCTURA, RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS.....	44
CAPITULO IV. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL SERVICIO SOCIAL.....	45
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES SOBRE EL SERVICIO SOCIAL.....	45

## INTRODUCCIÓN

El hipotiroidismo congénito (HC) se define como “la situación clínica y analítica resultante de la disminución de la actividad biológica de las hormonas tiroideas a nivel tisular”. Este cuadro suele ser la manifestación de una alteración primaria, secundaria o terciaria, dependiendo del nivel en el que se vea afectado el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides. (Rodríguez-Sánchez, et al., 2018)

El único tratamiento aprobado para esta patología es la levotiroxina (LT4) y debe ser iniciada tan pronto como sea posible, se recomienda una dosis inicial de 10 a 15µg por kilogramo de peso al día, titulando según los niveles séricos de tiroxina libre en sangre, los cuales definen la gravedad del cuadro. (van Trotseburg, et al., 2021) El objetivo inicial al comenzar el tratamiento sustitutivo es la normalización de la TSH sérica, por lo que la dosis de fármaco no debe modificarse únicamente por una concentración elevada de T4 libre, a menos que la TSH esté suprimida. (Bauer & Wassner, 2019)

El electroencefalograma (EEG) es uno de los métodos estándar para el estudio de la actividad cerebral en múltiples ámbitos debido a su carácter no invasivo ya que su principio básico es detectar los potenciales de acción neuronales por medio de varios tipos de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo. Desde finales de los años 20 en que se registró el primer EEG, hasta la actualidad, ha habido un progreso significativo en el uso e interpretación de estas señales eléctricas, yendo desde el estudio clínico y monitorización de pacientes con epilepsia, hasta su investigación como predictor de respuesta a tratamiento antidepressivo o estudio de pacientes con daño neurológico agudo o crónico. (Feyissa & Tatum, 2019) (Watts, et al., 2022)

El análisis cuantitativo del EEG (qEEG) se ha definido como “el procesamiento matemático de un EEG que nos permite convertir componentes específicos de las ondas a datos numéricos que pueden ser analizados” (Budzynski, Budzynski, Evans, & Abarbanel, 2023). Ha mostrado gran utilidad para el estudio de una amplia variedad de patologías y hasta el momento se continúa la investigación de marcadores específicos o patrones que sean significativos y accesibles de manera clínica. (Chiarenza, 2020)

Desde hace más de 30 años en pacientes con hipotiroidismo congénito se ha evidenciado mediante pruebas neurofisiológicas, como el EEG, que existen diferencias significativas en la maduración del sistema nervioso central, aún con la instauración de tratamiento sustitutivo. (Triantafyllou, Katzos, Rousso, & Zafeiriou, 2015).

En este trabajo es un acercamiento al perfil electroencefalográfico de estos pacientes mediante el análisis de la potencia absoluta y relativa, a su vez, buscando relacionarlo con su estado hormonal bajo el supuesto de la influencia directa de la posología del tratamiento sustitutivo en éste. Se abordó el trabajo desde una estrategia descriptiva, retrospectiva, longitudinal y observacional, esperando encontrar correlaciones significativas entre los niveles de hormonas tiroideas y las características del EEG.

# **CAPÍTULO I INVESTIGACIÓN**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel mundial se registra una prevalencia de hipotiroidismo congénito entre 1 de cada 2000 y 1 de cada 4000 recién nacidos vivos (van Trotseburg, et al., 2021), debido a que las hormonas tiroideas tienen un papel fundamental en el desarrollo neurológico, el hipotiroidismo congénito es una causa frecuente y evitable de discapacidad mental, por lo que es fundamental su identificación temprana para un tratamiento adecuado. (Rodriguez-Sanchez, et al., 2018)

Precisamente por esto es por lo que se ha generado tanta polémica alrededor de la adecuada dosificación una vez que se inicia el tratamiento sustitutivo y hasta qué extenso el sobretratamiento o infratratamiento llega a limitar el desarrollo de los pacientes. (He, Ma, Yang, & Li, 2022)

A pesar de las preocupaciones sobre la sobresustitución hormonal, no se identificaron estudios que analicen la relación entre los niveles hormonales y el EEG en niños con hipotiroidismo congénito, por lo que este trabajo buscará aportar información que favorezca el camino hacia un tratamiento individualizado en estos pacientes.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Estudiar la utilidad de parámetros cuantitativos electroencefalográficos, como lo es la potencia absoluta puede abrir camino a descubrir nuevos biomarcadores de utilidad en el seguimiento de los pacientes con hipotiroidismo congénito, ya que al caracterizar un patrón clásico de la enfermedad, pueden identificarse datos fuera de la norma posiblemente relacionados a alteraciones en la respuesta al tratamiento farmacológico o no farmacológico y que permitan al personal de salud mejorar sus estrategias de abordaje integral del paciente.

## **1.3 MARCO TEÓRICO**

### **I. Glándula tiroides**

#### **Ontogenia de la glándula tiroides**

De todas las glándulas que componen el cuerpo humano, la tiroides es la primera en desarrollarse. Comienza a formarse desde el día 24 después de la concepción. Inicialmente se integra el primordio tiroideo, el cual proviene de la región del endodermo en el piso del primordio faríngeo, en esta región se encuentran la mayoría de las células foliculares de la tiroides. Al primordio medial, se unen posteriormente dos primordios laterales, provenientes de la eminencia hipobranquial y que se conforman mayormente de células parafoliculares. Paralelo al desarrollo de la lengua, la glándula tiroides en desarrollo baja por el cuello mientras se mantiene unida a la lengua por el conducto tirogloso. Es hasta las 7 semanas de gestación que la tiroides alcanza su forma final, usualmente se encuentra en su posición anatómica habitual y el conducto tirogloso se degenera mientras que en la semana 11 se empieza a formar el coloide en los folículos tiroideos. (Moore, Persaud, & Torchia, 2020)

#### **Función tiroidea en el periodo neonatal y postnatal**

Williams (2008) divide en tres estadios la influencia de las hormonas tiroideas en el desarrollo del Sistema Nervioso Central. Durante el primer trimestre de embarazo, en el que predomina la génesis y migración de las neuronas, se observa que la reserva de hormonas tiroideas que actúan sobre el tejido neural del feto son completamente de origen materno; es hasta la semana 16 a 20 de gestación en que inicia la producción tiroidea propiamente fetal, sin embargo, aún en este periodo predomina la acción de las hormonas maternas, las cuales influyen en el crecimiento axonal, arborización dendrítica y sinaptogénesis, así como el inicio la diferenciación de las células gliales y el inicio de la mielinización. (Williams, 2008)

Posteriormente, en el tercer trimestre y parte del periodo neonatal, la reserva hormonal depende completamente del feto o recién nacido. Este periodo es de importancia crítica para el desarrollo y maduración del Sistema Nervioso, ya que se produce la migración neuronal y la gliogénesis y mielinización dependiente de hormonas tiroideas continúa. (Williams, 2008)

La principal función de la glándula tiroides es producir y secretar hormonas que ejercen efectos fisiológicos importantes en el cuerpo. La tiroxina (T4) representa el 80% de las hormonas secretadas, es una prohormona con una vida media larga, la cual, al perder una molécula de yodo, se convierte en triyodotironina (T3), que representa el 20% de las hormonas tiroideas restantes, es la hormona biológicamente activa y con una mayor afinidad por receptores nucleares de hormonas tiroideas. (Bauer & Wassner, 2019) La producción de la glándula tiroides está regulada por la hormona estimulante tiroidea (TSH) producida por la adenohipófisis que, a su vez, se produce de acuerdo con la secreción de la hormona liberadora de tirotrópina (TRH) en el hipotálamo. (Wassner, 2018)

## **II. Hipotiroidismo congénito**

### **Generalidades**

La Asociación Española de Pediatría define al hipotiroidismo congénito como “la situación clínica y analítica resultante de la disminución de la actividad biológica de las hormonas tiroideas a nivel tisular” (2018). Este cuadro suele ser la manifestación de una alteración primaria, secundaria o terciaria, dependiendo del nivel en el que se vea afectado el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides.

El hipotiroidismo congénito primario es el cuadro más frecuente, en éste, la etiología es una alteración en la glándula tiroides las cuales comúnmente se deben a una modificación durante el periodo embrionario que no permitió el desarrollo típico de la glándula, resultando en disgenesia (desarrollo defectuoso), ectopia (anomalía en su localización) o atireosis (ausencia de la glándula). Parte de las causas de ésta patología encontramos también las disfunción en la secreción de hormonas tiroideas o dishormogénesis, que usualmente se relaciona con alteraciones genéticas, así como el hipotiroidismo congénito transitorio que se relaciona comúnmente a madres con antecedente de patologías tiroideas autoinmunes, ya que los anticuerpos pueden pasar por la circulación placentaria y causar hipotiroidismo en el paciente pediátrico durante 3 a 6 meses, otras causas de esto es el déficit o exceso de yodo en la dieta materna (efecto Wolff-Chaikoff). (Wassner, 2018)

A continuación, se muestra una tabla como resumen de las causas más frecuentes de hipotiroidismo congénito primario:

<b>Tabla 1. Etiologías comunes del hipotiroidismo congénito primario.</b>	
<b>Permanente</b>	
Disgenesias tiroideas	Agenesia, hipoplasia, ectopia
Dishormogénesis	Insensibilidad a TSH Defectos de captación-transporte de yodo Defectos en la organificación de yodo Defectos en la síntesis de tiroglobulina ...
<b>Transitorio</b>	
iatrogénico	Exceso de yodo (efecto Wolff-Chaikoff), fármacos antitiroideos.
Déficit de yodo	
Inmunológico	Anticuerpos antitiroideos.

Adaptado de Ares-Segura, et.al. 2019.

Debido a que las hormonas tiroideas tienen un papel fundamental en el desarrollo neurológico el hipotiroidismo congénito es una causa frecuente y evitable de discapacidad mental, por lo que es fundamental su identificación temprana para un tratamiento adecuado. (Rodríguez-Sánchez, et al., 2018)

## **Epidemiología**

A nivel mundial se registra una prevalencia de hipotiroidismo congénito entre 1 de cada 2000 y 1 de cada 4000 recién nacidos vivos, en general se menciona que este número varía bastante dependiendo del método de tamizaje utilizado. Se han reportado mayor número de casos en hispanos y la causa más común es la disgenesia tiroidea, siendo entre las más frecuentes tiroides ectópica (30-35%) y agenesia tiroidea (35-45%). (van Trotseburg, et al., 2021)

En México se estima la prevalencia de hipotiroidismo congénito de 1 por cada 2417 recién nacidos vivos, predomina principalmente en mujeres y la etiología más común, hablando de un cuadro permanente, es la disgenesia tiroidea, siendo principalmente por tiroides ectópica (36%). (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2015)

## **Cuadro clínico y diagnóstico**

Las hormonas tiroideas tienen una influencia importante en el desarrollo y en el crecimiento, de igual manera en el sistema cardiovascular estas hormonas disminuyen la resistencia vascular e incrementan el ritmo cardiaco y la contractilidad, a nivel renal promueve la excreción de sodio y agua, de igual manera estimula la motilidad intestinal e incrementa el metabolismo basal y la temperatura corporal. (Wassner, 2018) Las manifestaciones clínicas del hipotiroidismo congénito suelen estar ausentes en recién nacidos independientemente de la severidad de la patología,

sin embargo, algunos de los signos y síntomas que podrían encontrarse son los siguientes:

<b>Tabla 2. Cuadro clínico del hipotiroidismo congénito</b>
Constipación
Hipotermia
Fontanelas amplias
Macroglosia
Ictericia prolongada
Hernia umbilical
Alteraciones en la succión/deglución
Falla de medro
Bradycardia
Retraso en el crecimiento/desarrollo
Somnolencia

Adaptado de Wassner, 2018

Inicialmente, como parte del control prenatal, las guías de práctica clínica mexicanas recomiendan una valoración con pruebas de función tiroidea a todas las mujeres embarazadas antes de las 16 semanas de gestación. (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2015) Posteriormente, debido a que el cuadro clínico que presentan los pacientes con hipotiroidismo congénito muchas veces suele ser pasado por alto, el tamiz neonatal metabólico es la herramienta más importante para un diagnóstico temprano. (Wassner, 2018)

En México, desde 1998 el tamiz metabólico neonatal es una prueba obligatoria que se realiza a los recién nacidos, consiste en tomar una muestra de sangre del talón del recién nacido en los primeros 2 a 5 días después del nacimiento e identifica las siguientes enfermedades: hipotiroidismo congénito, galactosemia, fenilcetonuria, hiperplasia suprarrenal congénita y deficiencia de biotinidasa. (Gobierno de México, 2001)

En cuanto al hipotiroidismo congénito, en el tamiz neonatal de México se utiliza la medición primaria de la hormona estimulante de tiroides (TSH) con un punto de corte de  $4\mu\text{U/ml}$ , una vez que se obtenga un resultado por encima del límite establecido, se debe realizar una prueba confirmatoria con un perfil tiroideo completo que incluya TSH, tiroxina (T4) y triyodotironina (T3), en donde un nivel elevado de TSH y un nivel disminuido de T4 libre confirmaría el diagnóstico. (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2015)

Como estudios complementarios, de ser posible, se recomienda realizar una gammagrafía de tiroides con Tecnecio 99m para conocer la ubicación y tejido tiroideo, así como evaluar la edad ósea mediante radiografía. (van Trotseburg, et al., 2021)

## **Tratamiento**

La detección de hipotiroidismo congénito debe lograrse antes de los 12 días de vida, para que se informe a la familia, la confirmación del diagnóstico sea lo más pronto posible y se inicie el tratamiento antes de los 15 días. En México, las guías de práctica clínica indican que los pacientes con hipotiroidismo congénito deben ser tratados por

un médico pediatra e idealmente por un subespecialista en endocrinología pediátrica hasta los 18 años. (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2015)

El único tratamiento estandarizado por guías internacionales para esta patología es la levotiroxina (LT4) y debe ser iniciada tan pronto como sea posible, se recomienda una dosis inicial de 10 a 15µg por kilogramo de peso al día, titulando según los niveles séricos de tiroxina libre en sangre, los cuales definen la gravedad del cuadro. (van Trotseburg, et al., 2021)

En cuanto al seguimiento, las guías europeas recomiendan que las mediciones séricas de T4 libre y TSH se realicen antes o al menos cuatro horas después de la última dosis de levotiroxina, una vez obtenidos los resultados, estos deben ser comparados con los intervalos específicos por edad (Tabla 3). El objetivo inicial al comenzar el tratamiento sustitutivo es la normalización de la TSH sérica, por lo que la dosis de fármaco no debe modificarse únicamente por una concentración elevada de T4 libre, a menos que la TSH esté suprimida.

Edad	T4L (ng/dL)	T4T (mcg/dL)	T3L (pg/L)	T3T (ng/L)	TSH (mU/L)
1 a 12 meses	0.99 a 1.83	6 a 16.2	244.8 a 572.7	107 a 310.4	0.73 a 10.7
1 a 3 años	1.08 a 1.66	7.2 a 14.3	252.6 a 576.6	107.8 a 242.9	0.6 a 5.6
3 a 5 años	1.03 a 1.58	7.0 a 12.2	300.5 a 563.6	120.1 a 244.8	0.63 a 5.63

Adaptado de Kratzch et al., 2008

### **Sobret ratamiento**

Como hemos mencionado anteriormente, la necesidad de establecer un tratamiento adecuado y temprano para el hipotiroidismo congénito es prioridad debido a la importancia que tiene para el desarrollo cognitivo en el paciente. Precisamente por esto es por lo que se ha generado tanta polémica alrededor de la adecuada dosificación una vez que se inicia el tratamiento sustitutivo y hasta qué extenso el sobret ratamiento o infratratamiento llega a limitar el desarrollo de los pacientes.

En el año 2013, Bongers-Schokking y colaboradores estudiaron a 61 pacientes con hipotiroidismo en los que fue evaluado el desarrollo cognitivo al año mediante el Índice de Desarrollo Mental (MDI), seis años y once años mediante las escalas de coeficiente intelectual (IQ6 e IQ11 respectivamente) y comparado con la rapidez de normalización de la TSH al iniciar el tratamiento y los periodos de sobret ratamiento e infratratamiento utilizando los niveles de T4L para definir éstos. Se encontró que una normalización rápida de los valores de TSH al inicio del tratamiento se relacionaba con una mayor calificación al año y que los periodos de sobret ratamiento se asociaban con menor calificación a los 11 años.

De igual manera en 2020, García Morales y colaboradores evaluaron la influencia de los episodios de sobret ratamiento en los primeros tres años de vida mediante un test de atención sostenida y el desempeño escolar. Se evaluaron 49 niños a los 12, 18,



24, 30 y 36 meses y se consideró como infratratamiento cuando los estudios de los pacientes reflejaban una TSH por encima de los valores de referencia, mientras que el sobretatamiento se consideró como un nivel de TSH bajo. En los resultados refieren que los episodios de sobretatamiento se relacionaban con un peor rendimiento escolar ( $p=0.0005$ ). (García Morales L. , Rodríguez Arnao, Rodríguez Sánchez, Dulín Iñiguez, & Álvarez González, 2020)

### **III. Pruebas neurofisiológicas**

#### **Electroencefalograma**

##### *Antecedentes*

El electroencefalograma (EEG) es una herramienta que fue desarrollada hace casi cien años por el neurólogo y psiquiatra Hans Berger, es uno de los métodos estándar para el estudio de la actividad cerebral en múltiples ámbitos debido a su carácter no invasivo ya que su principio básico es detectar los potenciales de acción neuronales por medio de varios tipos de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo. Estos electrodos siguen un sistema de colocación internacional estándar (sistema 10-20) y existen múltiples materiales que favorecerán en mayor o menor parte el flujo eléctrico. (Müller-Puzt, 2020)

##### *Bases fisiológicas*

El cerebro humano está compuesto por dos tipos de células: células gliales y neuronas. Las neuronas son eléctricamente excitables, es decir, que bajo cierto estímulo puede generar potenciales eléctricos, llamados potenciales de acción y se contabilizan aproximadamente en  $10^{11}$  células, de las cuales, el 85% son neuronas piramidales, cuya actividad es medida mediante el EEG. (Majumdar, 2018)

Las neuronas se disponen característicamente de manera laminar, cada una cuenta con un axón y múltiples ramificaciones (dendritas). Las células gliales se encuentran entre éstas y cuentan con varios procesos que hacen contacto con cuerpos neuronales e incluso vasos sanguíneos. Como puede suponerse, esta organización resulta en un espacio extracelular con hendiduras muy estrechas. (Schomer & Lopes da Silva, 2011)

Los generadores dendríticos se encuentran orientados de manera vertical y tienen dos polos, uno relativamente positivo y otro relativamente negativo, esto es denominado dipolo y es la fuente de la corriente eléctrica detectada por los electrodos. La disposición de estos generadores condiciona que cada electrodo detecte solo la parte final del generador en un momento del tiempo y generalmente se necesita que aproximadamente  $6 \text{ cm}^2$  de la corteza descargue de manera sincrónica para poder ser apreciado en el registro del EEG. (Hirsch, L & Brenner, P, 2010)

El potencial de membrana de las neuronas se ha demostrado con microelectrodos intracelulares y se calcula en  $-60$  a  $-70$  mV, el cual está sujeto a fluctuaciones provocadas principalmente por actividades sinápticas que son reguladas por estructuras subcorticales, principalmente el tálamo, que favorece la sincronización y ritmicidad de la actividad cerebral en los distintos hemisferios.

## Estudio

El electroencefalograma (EEG) es una técnica que mide la distribución espacial de campos de voltaje en el cuero cabelludo y su fluctuación durante el tiempo. La señal eléctrica detectada por el EEG es generada por el flujo iónico en la membrana dendrítica de las neuronas piramidales en las capas IV y V de la corteza cerebral al espacio extracelular, por lo tanto, en este estudio lo que observamos son potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios. (Beniczky & Schomer, 2020)

Las señales en el EEG son captadas por medio de electrodos que son colocados en el cuero cabelludo mediante diferentes técnicas, el método más utilizado a nivel internacional es el sistema 10-20 en el cual se utilizan 21 electrodos a distancia de 10 o 20% de las medidas antropométricas del cráneo, mas dos de referencia en los lóbulos de las orejas. (Isik & Gripenoft, 2022)

La actividad eléctrica cerebral se registra como un trazado de ondas irregulares y continuas, se representa en una gráfica de voltaje/amplitud (eje vertical) vs. tiempo (eje horizontal).

### Elementos del EEG

Se define como grafoelemento a la actividad eléctrica cerebral registrada en el electroencefalógrafo y a la sucesión de estos grafoelementos en diferentes canales dan origen al electroencefalograma (EEG). Las ondas del EEG se clasifican según su:

- **Frecuencia:** número de veces que una onda se repite por segundo, usualmente es medido en Hz. Da origen a cuatro bandas principales: delta, theta, alfa y beta.
- **Amplitud:** se determina por la distancia entre la línea de base y el pico de la onda, es expresada en  $\mu\text{V}$ . (Hirsch & Brenner, 2010)

<b>Banda</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Amplitud</b>
Delta	0.1 a 4 Hz	Mayor de 50 $\mu\text{V}$
Theta	4 a 7 Hz	Mayor de 40 $\mu\text{V}$
Alfa	8 a 12.9 Hz	15 $\mu\text{V}$ (varía según edad, distancia inter-electrodos y cambios en la densidad ósea)
Beta	13 a 30/20 a 50 Hz	Menor a 20 $\mu\text{V}$

Adaptado de Hirsch y Schomer, 2011

Con el objetivo de analizar el EEG, en el registro se busca identificar visualmente los cambios durante el tiempo, especialmente de acuerdo con la edad, estado de conciencia, reactividad ante diferentes maniobras, grafoelementos anormales con sus debidas condiciones desencadenantes o artefactos.

Cuando hablamos de una grabación estándar de EEG durante la vigilia, ésta debe ser de al menos 20 minutos de periodos libres de artefactos, que incluya maniobras o técnicas de provocación de actividad anormal y que incluya periodos en que el paciente mantiene los ojos cerrados y periodos en que los mantiene abiertos. Por otro

lado, los registros de EEG que se hacen durante el sueño por lo general deben ser de 30 minutos para alcanzar relevancia clínica. (Beniczky & Schomer, 2020)

Se debe destacar que entre las limitaciones que se pueden encontrar al realizar este tipo de estudio están los factores determinantes de la actividad medible a nivel del cuero cabelludo, pues la amplitud de la señal cortical, el tamaño de la región en donde los potenciales ocurren sincrónicamente, el número de neuronas que se sincronizan en esa región y la cantidad de artefactos que puedan intervenir en el paso de la señal eléctrica, influyen en que realmente por medio del electroencefalograma sólo podamos detectar la actividad neuronal superficial. (Müller-Puzt, 2020)

Los electroencefalógrafos digitales cuentan con amplificadores y filtros análogos con la que se transforma la señal análoga continua a una digital, para regular este paso se modifican parámetros como la velocidad de muestreo y filtros pasabanda. (Mayor, Burneo, & Ochoa, 2013)

#### *Características del electroencefalograma típico en niños de 1 a 3 años*

Durante la vigilia, en este grupo etario, se observa que el ritmo dominante en derivaciones posteriores incrementa de un ritmo teta rápido al ritmo alfa más lento, variando entre 6 a 7 Hz durante el segundo año y 7 a 8 Hz en el tercer año, sin embargo, se ha encontrado que esta frecuencia puede variar desde 5 hasta 10 Hz.

Es usual que aparezcan frecuencias más lentas al ritmo dominante en derivaciones posteriores durante el estado de despierto, con ritmos entre 2 a 5 Hz muy dispersos. Conforme la actividad base se vuelve más rápida, se observa cierta asimetría interhemisférica, aunque no sobrepasa los 20 Hz y la amplitud de las ondas aumenta en el hemisferio no dominante. (Eisermann, Kaminska, Moutard, Soufflet, & Plouin, 2013)

En el sueño se observa un ritmo muy predominante en regiones centrales, se encuentra un predominio importante de ondas delta de alto voltaje que puede tener incluso componentes en puntas en las regiones fronto-centro-parietales, especialmente posterior a los dos años, pero no debe confundirse con actividad epileptiforme. En esta edad, los husos de sueño deben ser sincrónicos y simétricos, llegando a frecuencias de 12 a 14 Hz. (Britton, Frey, Hopp et al., 2016)

#### *Análisis cuantitativo del electroencefalograma*

Desde finales de los años 20 en que se registró el primer electroencefalograma, hasta la actualidad, ha habido un progreso significativo en el uso e interpretación de estas señales eléctricas, fue en 1997 cuando Nuwer presentó por primera vez el análisis cuantitativo del electroencefalograma (qEEG), que, por medio de operaciones matemáticas complejas, nos permitía tener una imagen más clara de la conectividad neuronal. (Nuwer, 1997)

No hay una forma precisa de distinguir el qEEG del EEG digital ya que ambos involucran transformadas matemáticas y hoy en día existen equipos que son capaces de registrar ambos simultáneamente para facilitar una evaluación práctica y rápida.

La sensibilidad y especificidad del qEEG se basa en su reproducibilidad, se ha demostrado incluso en registros cortos.

Clínicamente, el análisis cuantitativo del EEG se ha utilizado especialmente en pacientes con epilepsia, enfermedad cerebrovascular, demencia o encefalopatías, mientras que de manera experimental se ha llevado su uso hasta la evaluación de trastornos psiquiátricos e incluso de manera predictiva en cuanto a la respuesta a tratamientos farmacológicos, esto debido a que facilita evaluar la distribución de la actividad eléctrica cerebral y su comparación con bases normativas. (Livint Popa, Dragos, Pantelemon, Verisezan Rosu, & Strilciuc, 2020)

### *Hipotiroidismo congénito y Electroencefalograma*

El tratamiento temprano con hormona tiroidea suele ser efectivo para prevenir o minimizar los efectos neurológicos adversos asociados con el hipotiroidismo congénito. La monitorización continua, incluido el seguimiento mediante estudios de EEG, puede ser parte del manejo clínico para evaluar la respuesta al tratamiento y garantizar un desarrollo neurológico adecuado.

Desde los años 50 se han estudiado los efectos de las alteraciones de la función tiroidea en el registro electroencefalográfico, Gibbs (1950) describió un ritmo lento dominante y la reducción en la amplitud de la actividad de base en aproximadamente un tercio de los pacientes con HC y que podría ser reversible con el tratamiento. Se reportó, también, una disminución en las fases 3 y 4 de sueño. (Gibbs & Gibbs, 1941) (Kales, et al., 1967)

Nieman realizó un estudio de 10 casos de niños con HC, 6 de ellos fueron diagnosticados, tratados y se les realizó el registro de EEG antes de los 6 meses, en estos niños se encontraron ritmos theta y un poco de delta durante la vigilia. Desde esta época se sugirió que había casos en que la administración del tratamiento sustitutivo producía una mejoría muy marcada en el EEG, otros mostraban que aún las anormalidades persistían y en otros casos se encontró que, aunque existía mejoría, aún persistían por “debajo del promedio”. (Nieman, 1961)

En 1965 se estudiaron a 34 niños desde de edades entre dos meses y hasta 14 años, algunos de los cuales 19 ya recibían tratamiento sustitutivo. En los niños sin tratamiento con LT4 se encontró un exceso de actividad lenta con baja amplitud, incluso en aquellos que eran mayores de dos años. En los niños que habían sido tratados ya sólo tres de ellos presentaban aún ritmos lentos y coincidían en que su tratamiento había sido iniciado una semana o menos antes del registro. (Harris, Della rovere, & Prior, 1965)

Schultz y colaboradores estudiaron a 6 niños con HC nacidos a término durante el sueño. Se registró que todos los niños presentaron un retraso en la aparición de patrones de maduración en el EEG al encontrar actividad trazos alternantes hasta las 8 semanas de vida extrauterina y ritmo sigma de los 8 meses hasta los 4 años cuando empezaba a ser reemplazado por ondas lentas amplias. En este estudio destacó también que en un niño con tejido tiroideo residual (disgenesia tiroidea) tuvo un desarrollo esencialmente normal durante los primeros 6 a 8 meses de vida. Los autores comentaron que había una probable relación entre la “inmadurez” del EEG

inicial y la severidad de la discapacidad cognitiva y el tratamiento temprano era el factor más importante para preservar el potencial intelectual de los niños con HC. (Schultz, Schulte, Akiyama, & Parmelee, 1968)

Posteriormente, en 1975, se estudiaron a 10 niños con HC de 1 a 18 años con EEG seriados, se encontró que, durante el sueño y a pesar de que se registró que tenían niveles hormonales dentro de rangos normales, 30% de ellos presentaba husos de sueño lentos para la edad (menores a 9 Hz). (Hooshmand & Sarhaddi, 1975)

En los años siguientes las pruebas neurofisiológicas se fueron adecuando a las alteraciones en el desarrollo que se han observado en los pacientes con HC, específicamente en los déficits de atención. Se han utilizado pruebas de potenciales evocados cognitivos, somatosensoriales, auditivos o visuales e incluso mismatch negativity, ya que se ha evidenciado la afectación de funciones ejecutivas en estos niños. (Norcross-Nechay, Richards, & Cavallo, 1989) (Khedr, El Toony, Tarkhan, & Abdella, 2000) (Hepworth, Pang, & Rovet, 2007)

#### **IV. Evaluación del desarrollo infantil**

##### *Desarrollo infantil*

Se define como desarrollo al “aumento de la capacidad del individuo para la ejecución de funciones cada vez más complejas” (Marcondes, Machado, Setian, & Carrazza, 1991) desde la perspectiva pediátrica, concepto que en otras disciplinas puede involucrar aspectos biológicos, cognitivos, adaptativos y hasta la constitución de la psique.

Existen múltiples modelos de desarrollo humano, Arnold Gesell dedicó la mayor parte de su carrera a observar y recopilar información normativa del desarrollo infantil. Gesell y colaboradores plantearon que las conductas observadas en los niños, tanto reflejas, voluntarias, espontáneas o aprendidas, se originan en el cerebro y sistema sensorial y motor, por lo que durante el crecimiento fisiológico resulta evidente que la conducta, así como las células nerviosas, también se diferencie. (Gesell & Amatruda, 1985)

##### *Examen evolutivo de la conducta de Gesell*

Durante 1916 realizó el seguimiento de 500 niños organizados por edad (0, 4, 6, 9, 12 y 10 meses, 2, 3, 4 y 5 años), registró aproximadamente 150 reactivos sobre normas de desarrollo, calificados en un esquema de cuatro áreas: motora, adaptativa, lenguaje y personal-social. Posteriormente, en 1927 se realizó un seguimiento longitudinal mejor sistematizado con 107 niños observados mensualmente durante el primer año, trimestralmente hasta los dos años y anualmente hasta los cinco años; estas observaciones dieron como resultado los protocolos de evaluación del desarrollo normativo (1940-1947) que en 1985 fue ampliado y actualizado por Knobloch y Pasamanick. (Gesell & Amatruda, 1985)

En México, el “Examen Evolutivo de la Conducta” de Gesell ha sido ampliamente utilizado, especialmente desde los años 50, abarca desde 1 mes de edad hasta los 42 meses con un total de 368 ítems distribuidos de la siguiente manera: área motora

(fina y gruesa) 112 ítems, área adaptativa 115 ítems, área de lenguaje 61 ítems, área personal-social 80 ítems. (Gesell & Amatruda, 1985)

El coeficiente de desarrollo general representa la predicción completa del potencial intelectual, para obtenerlo se suman los porcentajes de cada área y dividen entre cuatro. Originalmente, este coeficiente se clasifica de la siguiente manera:

<b>Tabla 5. Coeficiente de desarrollo y nivel de desarrollo según Gesell</b>	
<b>Coeficiente de desarrollo</b>	<b>Nivel de desarrollo</b>
>90	Normal
90-86	Variabilidad normal
85-68	Fronterizo o subnormalidad
67-52	Deficiencia leve
51-36	Deficiencia moderada
35-20	Deficiencia grave
< 20	Deficiencia profunda

Adaptado de Gesell (1985)

Para valorar el nivel de madurez del niño se debe determinar en qué medida su conducta encuadra en un nivel de edad determinado según los signos positivos (conductas presentes) y signos negativos (conductas ausentes), el coeficiente de desarrollo expresa la relación entre la edad de madurez obtenida por el niño y su edad cronológica multiplicada por 100. (Gesell & Amatruda, 1985)

#### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la relación entre el sobretratamiento sustitutivo y alteraciones en las potencias del electroencefalograma y el desarrollo en niños con hipotiroidismo congénito de 1 a 3 años.

#### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir el término sobretratamiento en pacientes con hipotiroidismo congénito.
- Caracterizar el perfil de potencias en el EEG de pacientes con hipotiroidismo congénito de 1 a 3 años.
- Describir la asociación del estado hormonal tiroideo y el sobretratamiento con las potencias en el EEG
- Determinar el perfil de desarrollo en pacientes con hipotiroidismo congénito
- Describir la asociación entre periodos de sobretratamiento y alteraciones en el desarrollo

#### **1.6 HIPÓTESIS DEL TRABAJO**

Los pacientes con hipotiroidismo congénito que se encuentran sobretratados por periodos prolongados muestran alteraciones electroencefalográficas en las potencias.

#### **1.7 METODOLOGÍA**

##### **1.7.1 Tipo de estudio**

Estudio observacional, retrospectivo y longitudinal.

### 1.7.2 Población, criterios de inclusión, de exclusión

Se incluyeron 37 niños entre 1 y 3 años con diagnóstico de hipotiroidismo congénito, detectados mediante el programa Instituto Nacional de Pediatría de tamiz metabólico y diagnosticados mediante perfil tiroideo y gammagrafía, con seguimiento en el servicio de Endocrinología, y valoración y seguimiento en el Centro de Investigación del Desarrollo (CIND).

Los pacientes contaban con pruebas de función tiroidea mientras se encontraban en tratamiento hormonal sustitutivo a los 12, 24 y 36 meses y asistieron a un programa de intervención temprana en los años 2004-2006 al CIND. Se explicó el procedimiento a realizar a los padres y se obtuvo su consentimiento informado firmado por escrito.

#### *Criterios de inclusión:*

- Diagnóstico confirmado de hipotiroidismo congénito
- Un registro de EEG entre los 1 y 3 años
- Consentimiento informado firmado por los padres
- Perfil de función tiroidea y evaluación de desarrollo (Gesell) a los 12, 24, 36 meses)

#### *Criterios de exclusión:*

- EEG no adecuado para muestreo o incompleto
- Cromosopatías, malformaciones musculoesqueléticas, cardiopatías congénitas severas, enfermedades o consumo de medicamentos que afecten el SNC.

### 1.7.3 Variables

<b>Tabla 6. Variables</b>	
Variables independientes	Variables dependientes
Edad gestacional	Potencia absoluta (Delta, Theta, Alfa, Beta)
Inicio de tratamiento	Coeficiente general de desarrollo (Gesell)
Etiología del hipotiroidismo congénito	Días de desarrollo por área
Estado hormonal al estudio	Porcentaje de desarrollo (Motor, Lenguaje, Adaptativo y Personal Social)
Edad al estudio	Diagnóstico Gesell cercano al estudio (12, 24 y 36 meses)
Dosis levotiroxina	

### 1.7.4 Definición operacional

<b>Tabla 7. Definición operacional de las variables.</b>			
Variable	Escala de medición	Tipo	Definición
Edad	Meses	Cuantitativa/numérica continua	Tiempo de vida medido en meses.
Sexo	Masculino/Femenino	Cualitativa/categorica nominal	Características biológicas, anatómicas, fisiológicas y cromosómicas de la especie humana, sobre todo relacionadas a funciones de la procreación. (Instituto

			Nacional de las Mujeres, 2016)
Edad gestacional	Pretérmino/Término/Postérmino	Cualitativa/Categórica nominal	Evaluación estándar entre el personal de la salud para la maduración fetal, se trata de la diferencia entre 14 días antes de la fecha de concepción y el día de parto. - Pretérmino: < 37 SDG - Término: 37 a 41 SDG - Postérmino > 41 SDG (Spong, 2013)
Etiología del HC	Atirosis/Ectopia/Dishormogénesis	Cualitativa/categórica nominal	Tipo de hipotiroidismo de acuerdo con su etiología.
Inicio de tratamiento	Días	Cuantitativa/numérica continua	Momento en que se administró la primera dosis del tratamiento sustitutivo.
TSH	Nivel hormonal TSH $\mu$ U/mL	Cuantitativa/numérica continua	Nivel de hormona estimulante de tiroides en sangre. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses.
T4	Nivel hormonal T4 libre y T4 total	Cuantitativa/numérica continua	Nivel de tiroxina libre y total en sangre. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses.
T3	Nivel hormonal T3 libre y T3 total	Cuantitativa/numérica continua	Nivel de triyodotironina libre y total en sangre. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses.
Estado hormonal	Hipotiroideo/Eutiroideo/Hipertiroideo	Cualitativa/categórica nominal	Se toma en cuenta T4L y TSH, teniendo como valores normales de referencia del laboratorio 0.8 a 1.9 ng/dl y 0.04 a 0.4 MU/ml respectivamente, si los niveles se encuentran dentro del parámetro se asignaron al grupo de eutiroideos, si la TSH $\downarrow$ y T4L $\uparrow$ se asignaron al grupo de hipertiroideos y si la TSH $\uparrow$ y T4L $\downarrow$ se asignaron al grupo e hipotiroideos. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses.
Dosis de levotiroxina	Microgramos (mcg)	Cuantitativa/numérica continua	Dosis de levotiroxina al día por kg de peso. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses.
Potencia absoluta	$\mu$ V2	Cuantitativa/numérica continua	Área debajo de la curva de una banda de frecuencia determinada (alfa, beta, theta, delta) durante un periodo específico. (Galiana-Simal, Vecina-Navarro, Sánchez-Ruiz, & Vela-Romero, 2020)
Potencia relativa	%	Cuantitativa/ numérica continua	Representa el porcentaje de actividad en una banda (de las cuatro bandas: delta, theta, alfa y beta). (Ricardo,



			Fernández-Bouzas, Harmony, & Ballesteros, 2002)
Sobret ratamiento	Episodios	Cuantitativa/ numérica continua	Número de registros en que el paciente se encontraba en un estado hormonal hipertiroideo antes de la fecha de realización del EEG según las pruebas de función tiroidea tomadas en cuenta. (García Morales, Rodríguez Arnao, Rodríguez Sánchez, Dulín Iñiguez, & Álvarez González, 2020)
Coeficiente de desarrollo por área (motor, adaptativa, lenguaje y personal social).	%	Cuantitativa/ numérica continua	Equivalente según las tablas de la escala en días según el valor asignado a los ítems de la prueba en el área, dividido entre la edad del niño en días y multiplicado por cien. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses. (Gesell & Amatruda, 1985)
Coeficiente general del desarrollo	%	Cuantitativa/ numérica continua	Para obtenerlo se suman los porcentajes de cada área y dividen entre cuatro. Se evalúa a los 12, 24 y 36 meses. (Gesell & Amatruda, 1985)

### 1.7.5 Material y métodos

Se consultó el expediente clínico de los pacientes y se revisaron los reportes de estudios de laboratorio iniciales y los correspondientes a los 12, 24 y 36 meses de edad, se tomó en cuenta T4L y TSH, teniendo como valores normales de referencia del laboratorio 0.8 a 1.9 ng/dl y 0.04 a 0.4 MU/ml respectivamente, si los niveles se encuentran dentro del parámetro se asignaron al grupo de eutiroides, si la TSH↓ y T4L↑ se asignaron al grupo de hipertiroideos y si la TSH↑ y T4L ↓ se asignaron al grupo e hipotiroideos.

La obtención del registro del EEG se realizó en el área de neurofisiología en el CIND, se colocaron 21 electrodos sobre la superficie del cuero cabelludo empleando la técnica internacional 10-20, se consideró una impedancia de 5Ω y filtro pasabanda de 0.5 a 30 Hz con referencia a mastoides (A1-A2), el registro tuvo una duración de 10 a 15 minutos durante el sueño profundo, se requirió desvelo individualizado según los hábitos del paciente.

La potencia absoluta es una medida que deriva del espectro de frecuencias del EEG, se obtiene transformando la gráfica de voltaje en función del tiempo. Mediante la transformada de Fourier se descompone una señal en sinusoides de diferentes frecuencias que la constituyen, para esto, la señal en cada banda es calculada como una ecuación:

$$f = \frac{1}{T}$$

Donde  $f$  es la frecuencia y  $T$  es el tiempo. La transformada de Fourier es usada para transformar del dominio de tiempo al dominio de frecuencia y se define como:

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-iwx}dx$$

Donde la función  $f$  es definida para todos las  $x \in R$ . La transformada de Fourier transforma de números reales a complejos. (Isik & Gripenoft, 2022)

Para la evaluación de desarrollo, debido a la época temporal en que se siguió a esta cohorte, se empleó la Escala de Desarrollo de Gesell (1985) que evalúa las áreas de: conducta motora, conducta adaptativa, conducta de lenguaje, conducta emocional y conducta personal social. Para la calificación del instrumento se tomaron en cuenta las adaptaciones que el doctor Joaquín Cravioto realizó en 1965, usando la siguiente escala:

<b>Tabla 8. Equivalentes de Coeficiente de desarrollo y nivel de desarrollo.</b>	
>90	Normal
80-89	Deficiencia leve
60-79	Deficiencia moderada
<59	Deficiencia severa

Adaptado de Ayala, 1971

#### *Análisis estadístico*

Se utilizó el software JMP Pro versión 17. Inicialmente se realizó el análisis descriptivo con tabulados e histogramas y posteriormente se utilizó ANOVA para el análisis univariado.

## **1.8 RESULTADOS**

### *Descripción de la población*

En el estudio participaron un total de 36 niños, de éstos, 30 fueron del sexo femenino (83.3%) y 6 masculino (16.7%), la edad media en la que se realizó el EEG y por lo tanto, que se incluyeron en este estudio, fue de  $30.05 \pm 10.06$  meses.

De los pacientes, la media de edad gestacional fue de  $39.13 \pm 2.38$  SDG, el 63.39% de los participantes nacieron a término, mientras que el 27.78% fueron postérmino y el 8.33% fueron pretérmino.

Se tiene registrado que la media en días del inicio de tratamiento sustitutivo con LT4 fue a los  $43.47 \pm 16.62$  días, siendo el más temprano a los 13 días y el más tardío a los 92 días de vida, el 77.78% de la población recibió un tratamiento tardío ( $\geq 30$  días) y sólo el 22.22% se consideró un inicio temprano ( $< 30$  días). En promedio, la dosis administrada de manera inicial a los pacientes fue de  $13.95 \pm 1.39$  mcg/kg/día, con un máximo de 15.5 y mínimo de 10 mcg/kg/día.

Del total de la población, 17 pacientes presentaron ectopia tiroidea (47.2%), 17 pacientes (47.2%) presentaron agenesia y sólo 2 dishormogénesis (0.06%),

En las pruebas de función tiroidea, la media de TSH fue de  $73.93 \pm 3.71$  mUI/ml y de T4L de  $0.48 \pm 0.32$  ng/dL (Tabla 9)

Tabla 9. Niveles iniciales promedio de hormonas tiroideas.	
Hormona	Media
TSH (mUI/ml)	73.93 ± 3.72
T4T (ng/dl)	3.43 ± 3.14
T4L (ng/dl)	0.48 ± 0.32
T3t (ng/dl)	101.73 ± 60.50
T3L (ng/dl)	2.85 ± 1.65
Tiroglobulina (Tgb) (ng/dl)	109.58 ± 114.21

En el punto de corte a los 12 meses, 34 pacientes (94.44%) se encontraban en un estado hormonal hipertiroides y sólo 2 (5.56%) en estado eutiroides, en promedio se registró un nivel de TSH de  $0.23 \pm 0.79$  mUI/ml y de T4L de  $2.31 \pm 0.55$  ng/dl.

Posteriormente, a los 24 meses el 94.44% se mantuvo hipertiroides, 2.78% eutiroides y 2.78% hipotiroides; en este punto de corte el promedio de TSH fue de  $2.40 \pm 12.49$  mUI/ml y de T4L de  $2.28 \pm 0.72$  ng/dl.

A los 36 meses, el 80.56% se registró como hipertiroides, mientras que el 16.67% se encontraba eutiroides y el 2.78% hipotiroides. A esta edad el promedio de TSH fue de  $0.75 \pm 1.82$  mUI/ml y de T4L fue de  $2.13 \pm 0.32$  ng/dl.

Al momento de estudio se observó que 32 pacientes (88.89%) se encontraban en un estado hormonal hipertiroides, mientras que sólo 4 pacientes (11.11%) estaban en un estado eutiroides. En la figura 1 y 2 se representa la evolución de los niveles hormonales tiroideos (TSH y T4L) en nuestra población.

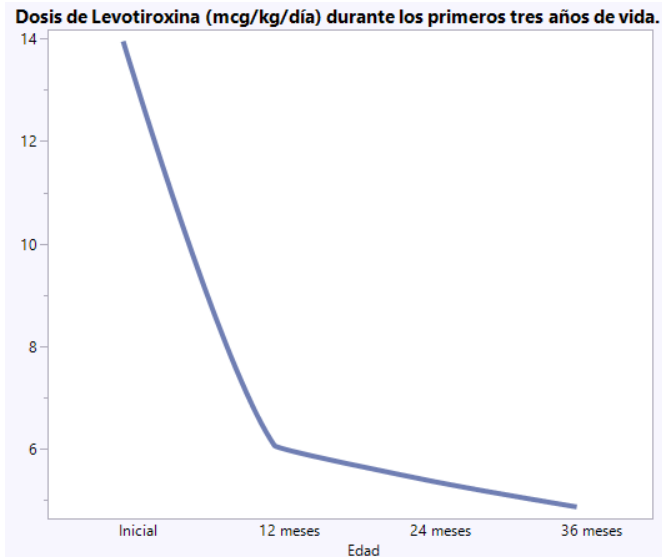


Gráfica 1. Promedio de TSH en los primeros tres años de vida.



Gráfica 2. Promedio de T4L durante los primeros años de vida.

En promedio, la dosis de levotiroxina sustitutiva administrada a los pacientes a los 12 meses fue de  $6.06 \pm 1.69$  mcg/kg/día, posteriormente a los 24 meses la media fue de  $5.39 \pm 0.97$  mcg/kg/día y a los 36 meses se registró un promedio de  $4.86 \pm 0.80$  mcg/kg/día. En la figura se representa la evolución del tratamiento sustitutivo en los pacientes.



Gráfica 3. Promedio de dosis de LT4 prescrita al día en los pacientes durante los primeros tres años de vida.

Hasta el momento del EEG, en 14 de los niños (38.89%) se registraron tres periodos de sobretratamiento, 11 de ellos (30.56%) se sometieron a un periodo de sobretratamiento, 10 de ellos (27.78%) a dos periodos y sólo uno (2.78%) no fue expuesto a ningún periodo.

#### Potencia Absoluta

Al promediar la potencia absoluta por áreas y ritmo, encontramos que en el hemisferio izquierdo (Tabla 10) predomina PA elevada de delta ( $62.27 \pm 20.37 \mu V^2$ ) y disminuida de beta ( $5.42 \pm 0.94 \mu V^2$ ) en región frontal, este patrón se repitió en área temporal y occipital.

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
<b>Frontal</b>	62.27±20.37	27.44±6.17	12.87±3.86	5.42±0.94
<b>Temporal</b>	61.80±20.68	26.56±5.59	10.11±1.64	4.76±0.77
<b>Occipital</b>	72.18±23.79	28.58±6.41	11±2.38	4.82±1.23

En el hemisferio derecho (Tabla 11), de igual manera se encontró que la PA delta está elevada en región frontal ( $63.71 \pm 19.98 \mu V^2$ ), temporal ( $63.31 \pm 20.19 \mu V^2$ ) y occipital ( $72.91 \pm 23.25 \mu V^2$ ) y PA beta baja en región frontal ( $5.58 \pm 1.06 \mu V^2$ ), temporal ( $4.8 \pm 0.87 \mu V^2$ ) y occipital ( $4.91 \pm 1.06 \mu V^2$ ).

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
<b>Frontal</b>	63.71±19.98	28.33±6.71	13.04±3.96	5.58±1.06
<b>Temporal</b>	63.31±20.19	27.16±6.28	10.29±1.96	4.8±0.87
<b>Occipital</b>	72.91±23.25	28.84±6.21	11.13±2.46	4.91±1.06

En cuanto a las áreas interhemisféricas (Tabla 12), en el surco anterior se encontró PA delta de  $75.82 \pm 23.49 \mu V^2$  y PA beta de  $6.38 \pm 1.34 \mu V^2$ , mientras que en el surco central se calculó un promedio de PA delta de  $72.22 \pm 23.07$  y PA beta de  $5.02 \pm 1.45 \mu V^2$ .

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
Surco Anterior	75.82±23.49	33.89±6.88	13.64±2.85	6.38±1.34
Surco Central	72.22±23.07	29.73±6.57	11.4±2.69	5.02±1.45
Surco Posterior	71.72±23.94	29.33±7.10	11.31±2.93	5.00±1.61
Total	69.17±22.71	29.08±6.35	12.06±2.52	5.28±1.32

### Potencia relativa

En hemisferio izquierdo (Tabla 13) se observó predominio de delta, especialmente en área occipital ( $82.44 \pm 5.87\%$ ), theta se encontró más elevada en área frontal ( $16.58 \pm 5.21\%$ ) al igual que alfa ( $3.75 \pm 2.22\%$ ) y beta ( $0.78 \pm 0.68\%$ ).

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
Frontal	78.88±7.07	16.58±5.21	3.75±2.22	0.78±0.68
Temporal	80.36±7.25	16.11±4.97	2.83±2.18	0.61±0.64
Occipital	82.44±5.87	14.22±4.19	2.50±1.96	0.39±0.55

Refiriéndonos al hemisferio derecho (Tabla 14), de igual manera predominó delta, con potencia elevada especialmente en región occipital ( $82.61 \pm 5.68$ ), mientras que theta ( $16.50 \pm 4.98$ ), alfa ( $3.83 \pm 2.59$ ) y beta ( $0.69 \pm 0.62$ ) se encontraron potencias altas en región frontal.

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
Frontal	78.97±6.56	16.50±4.98	3.83±2.59	0.69±0.62
Temporal	80.50±7.28	15.97±5.67	2.72±2.13	0.50±0.56
Occipital	82.61±5.68	14.11±4.05	2.47±1.99	0.39±0.55

Por último, en las regiones interhemisféricas (Tabla 15), la potencia relativa de delta se registró más elevada en el surco central ( $79.05 \pm 8.02$ ) y, siguiendo el mismo patrón mencionado en los hemisferios, se observaron porcentajes más elevados en región frontal para theta ( $16.89 \pm 4.41$ ), alfa ( $4.89 \pm 3.33$ ) y beta ( $0.78 \pm 0.68$ ).

Área	DELTA	THETA	ALFA	BETA
	Media + DE	Media + DE	Media + DE	Media + DE
Surco Anterior	77.66±5.98	16.89±4.41	4.89±3.33	0.78±0.68
Surco Central	79.05±8.02	15.14±4.42	3.22±2.93	0.72±0.61

<b>Surco Posterior</b>	81.36±6.30	15.14±4.42	2.67±2.16	0.44±0.61
<b>Total</b>	80.27±8.02	15.78±4.73	3.08±2.20	0.64±0.54

### Desarrollo

A los 12 meses, se registró una media de Coeficiente general de desarrollo (CGD) de 86.97±10.52%, el 38.89% de los pacientes tuvieron un diagnóstico de deficiencia leve, el 36.11% tuvo un resultado normal y el 25% presentó deficiencia moderada. En cuanto a las áreas, en el área motora se encontró una media de 86.78±11.77%, en el área adaptativa fue de 91±12.38%, en el área de lenguaje el promedio fue de 79.13±14.31% y en el área personal social la media fue de 90.75±11.68%.

<b>Tabla 16. Resultados generales de la escala a los 12 meses</b>				
Área	Media	DE	Min	Max
<b>Motor</b>	86.78	11.77	58	111
<b>Adaptativo</b>	91.00	12.38	66	123
<b>Lenguaje</b>	79.13	14.31	53	106
<b>Personal-Social</b>	90.75	11.68	66	116
<b>CGD</b>	86.97	10.51	63	109

Posteriormente, a los 24 meses, la población tuvo una media de CGD de 82.28±10.59%, el 44.44% de los pacientes tuvieron un diagnóstico de deficiencia moderada, el 33.33% tuvo una deficiencia leve y sólo el 22% obtuvo un diagnóstico normal. En el área motora se encontró una media de 89.78±11.89%, en el área adaptativa de 87.14±11.47%, en el área de lenguaje la media fue de 71.28±16.52% y en el área personal social la media fue de 80.53±11.92%.

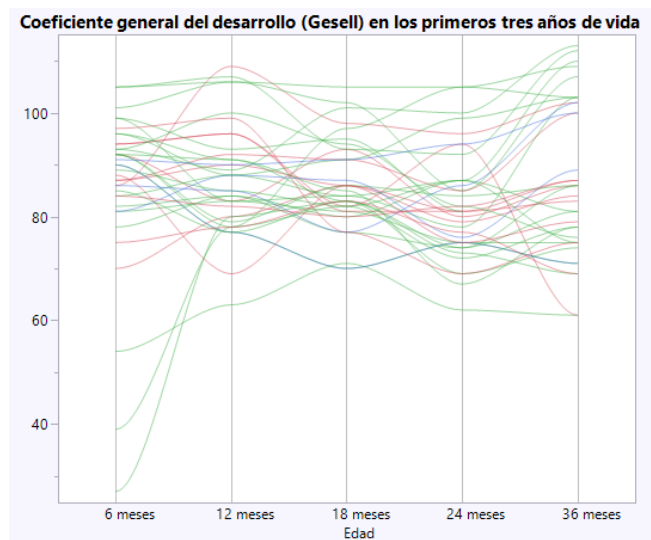
<b>Tabla 17. Resultados generales de la escala a los 24 meses</b>				
Área	Media	DE	Min	Max
<b>Motor</b>	89.78	11.89	59	130
<b>Adaptativo</b>	87.14	11.47	64	107
<b>Lenguaje</b>	71.28	16.52	40	122
<b>Personal-Social</b>	80.53	11.92	62	105
<b>CGD</b>	82.28	10.59	62	105

A los 36 meses, la población tuvo una media de CGD de 86.83±14.96%, el 38.90% de los pacientes tuvieron un diagnóstico de deficiencia moderada, el 33.33% se encontró en parámetros normales y el 27.79% presentó deficiencia leve. En el área motora se encontró una media de 93.69±18.12%, en el área adaptativa de 85.67±13.83%, en el área de lenguaje la media fue de 84.19±17.39% y en el área personal social la media fue de 86.83±14.96%.

<b>Tabla 18. Resultados generales de la escala a los 36 meses</b>				
Área	Media	DE	Min	Max
<b>Motor</b>	93.69	18.12	61	117

<b>Adaptativo</b>	85.67	13.83	60	113
<b>Lenguaje</b>	84.19	20.34	53	116
<b>Personal-Social</b>	83.42	17.39	61	117
<b>CGD</b>	86.83	14.96	61	113

En la gráfica 4 se representa la evolución del Coeficiente General de Desarrollo durante los primeros tres años de vida y en la gráfica 5 se organiza por área.



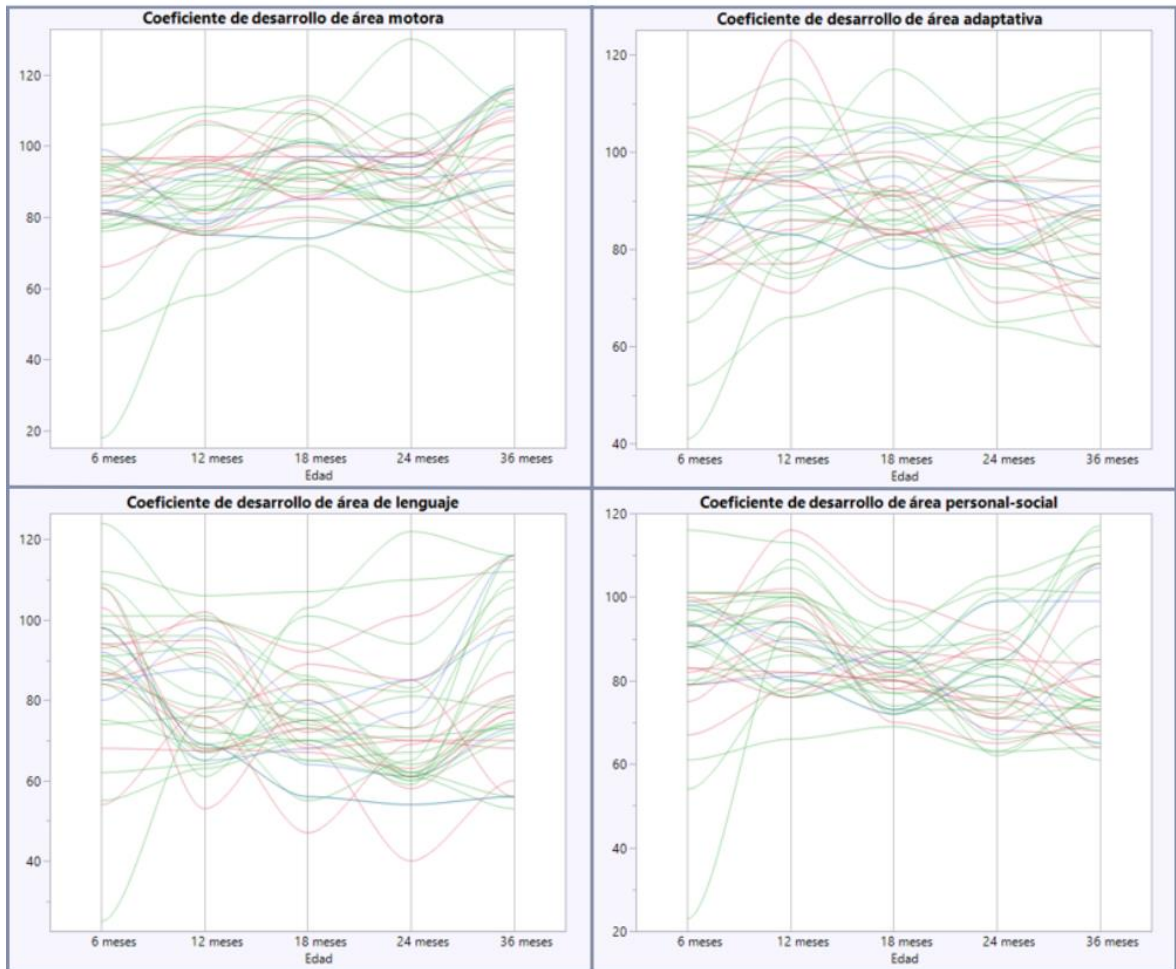
Gráfica 4. Coeficiente general de desarrollo en los primeros tres años de vida.

#### *Potencia absoluta y relativa con tratamiento hormonal*

Se encontró que porcentajes bajos de potencia relativa alfa se relacionaban con un inicio de tratamiento tardío en el área occipital-izquierda ( $p = 0.039$ ) y surco posterior ( $p = 0.047$ ), mientras que niveles elevados de delta se asociaron con el retraso en el inicio de tratamiento ( $p = 0.047$ ).

#### *Periodos de sobretratamiento y EEG*

En cuanto a la potencia relativa se observó que menores porcentajes de beta en área frontal izquierda se encontraban asociados de manera importante a un estado hormonal hipertiroidico ( $p = 0.022$ ), este patrón se registró nuevamente con el ritmo theta (Tabla 19).



Gráfica 5. Coeficiente de desarrollo por área durante los primeros tres años de vida.

Tabla 19. Potencia relativa de theta y estado hormonal al estudio.								
	Theta							
	Frontal-Derecha	Occipital Izquierda	Frontal Izquierda	Occipital Derecha	Surco Anterior	Temporal Izquierda	Temporal Derecha	Surco Central
Estado hormonal al estudio	EHH ↓**	EHH ↓**	EHH ↓**	EHH ↓**	EHH ↓*	EHH ↓*	EHH ↓*	EHH ↓*
<i>EHH = Estado hormonal hipertiroideo, *p &lt; 0.05, **p &lt; 0.005</i>								

Se observó que los pacientes con un número mayor de periodos de sobretratamiento antes de la toma del registro de EEG, presentaban potencia absoluta elevada en delta, sin embargo, sólo de manera limítrofe en área frontal izquierda ( $p=0.08$ ), pero puede notarse esta misma tendencia especialmente para este ritmo.

Por otro lado, únicamente PR theta mostró una asociación limítrofe con los periodos de sobretratamiento, encontrándose que los pacientes que habían sido sometidos a una mayor cantidad de estos mostraban porcentajes más bajos de este ritmo ( $p = 0.055$ ).

#### *Hipotiroidismo congénito y desarrollo*

A los 12 meses de edad se encontró que los pacientes con un menor nivel inicial de TSH presentaban un mayor coeficiente general de desarrollo ( $p = 0.004$ ) y mejores porcentajes de desarrollo en el área motora ( $p = 0.007$ ), de lenguaje ( $p = 0.007$ ) y



adaptativa ( $p = 0.026$ ). Igualmente, los pacientes que tenían como etiología del HC la dishormogénesis, presentaban un porcentaje de desarrollo mayor en el área adaptativa ( $p = 0.041$ ).

Hablando del punto de corte de los 24 meses, los pacientes con menores niveles de TSH inicial mostraron un CGD ( $p = 0.006$ ) y porcentajes de desarrollo en lenguaje ( $p = 0.009$ ) y área personal-social ( $p = 0.019$ ) más altos. De estos pacientes, los que tenían como etiología del HC la ectopia tiroidea mostraron porcentajes más elevados de desarrollo en el área personal social ( $p = 0.042$ ).

### *Periodos de sobretratamiento y desarrollo*

En los pacientes en que se registró un mayor número de periodos de sobretratamiento se observó la tendencia a presentar porcentajes de desarrollo menores en la prueba Gesell.

## **1.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El objetivo de este trabajo fue buscar asociaciones entre el sobretratamiento y parámetros cuantitativos del EEG tal como lo son la potencia absoluta y relativa. En trabajos anteriores no se ha abordado como tal este tema y la mayoría de los estudios en que la muestra estudiada son cercanos a la edad de la observada en este proyecto son realizados durante la vigilia, por lo que resulta difícil realizar una comparación certera de nuestros resultados; esta brecha en la literatura denota la relevancia y la novedad de esta investigación, proporcionando así una valiosa contribución al conocimiento existente en este campo.

Es importante resaltar que estudios anteriores han relacionado la potencia absoluta de alfa y beta con el desempeño cognitivo, Geiger y colaboradores en 2012 mencionaron que una potencia elevada de estos ritmos se asociaba a un mayor cociente intelectual (CI) en niños de 9 a 12 años sin patologías concomitantes, relación que no se encontró con delta o theta. (Geiger, et al., 2012)

En otro estudio dirigido por Kudchadkar se tomaron registros continuos por 24 horas de ocho pacientes de 5 a 16 años gravemente enfermos quienes se encontraban sedados e intubados en la Unidad Pediátrica de Cuidados Intensivos, para el trabajo se tomaron en cuenta las primeras ocho horas de sueño nocturnas y fueron pareados con ocho niños sanos por edad y sexo (Tabla 20). (Kudchadkar, et al., 2015)

<b>Tabla 20. Comparación entre las medias de potencia absoluta.</b>			
<b>Ritmo EEG</b>	<b>Niños sanos</b>	<b>Niños de UCIP</b>	<b>Niños con HC*</b>
<b>Delta</b>	203.1±210.5	174.7±201.5	69.17±22.71
<b>Theta</b>	30.7±23.9	5.6±13.1	29.08±6.35
<b>Alfa</b>	6.6±4.9	1.6±4.8	12.06±2.52
<b>Beta</b>	0.8±1.1	0.6±1.74	5.28±1.32

\*Población de este estudio

Adaptado de Kudchadkar et.al., 2015

Podemos observar que el promedio de delta se encuentra disminuido a comparación de los niños sanos, mientras que alfa y beta son más elevados, sin embargo, no puede pasarse por alto el tiempo total de registro fue distinto, las edades variaban y la

muestra estudiada en este trabajo contaba con condiciones distintas en la toma del registro.

Otro punto por destacar respecto a este estudio es que, a pesar de que al analizar la potencia absoluta no se encontraron asociaciones relevantes, sí se demostró una fuerte relación entre menor potencia relativa de theta y el estado hormonal hipertiroides. Valdría la pena realizar un estudio que incluya las fases de sueño de estos pacientes para descartar alteraciones asociadas al estado hipertiroides al estudio que condiciona este sobretratamiento y que pueda repercutir a largo plazo.

Las alteraciones en el desarrollo de niños con HC han sido ampliamente estudiadas. En 2010 se realizó una investigación con 49 niños españoles con hipotiroidismo congénito de 10 años, en los que se calcularon retrospectivamente los episodios de sobretratamiento (TSH estaba inhibida por debajo de 0,5  $\mu$ U/ml) y de infratratamiento (TSH por encima de 4,5  $\mu$ U/mL) en los primeros tres años de vida. Se observó que la respuesta atencional mostró una correlación negativa significativa respecto a la cantidad de episodios de sobretratamiento en este periodo. (García Morales L. , Rodríguez Arnao, Rodríguez Sánchez, Dulín Iñiguez, & Álvarez González, 2020).

Bongers-Schokking y colaboradores, publicó en 2013 el seguimiento de 61 pacientes con HC en los que se estudió la influencia de la normalización rápida de la TSH posterior al inicio del tratamiento y la duración de los episodios de sobretratamiento o infratratamiento durante los primeros dos años comparado con sus puntajes globales de CI a los 2, 6 y 11 años. Se demostró que los niños con episodios más largos de sobretratamiento presentaban un peor desempeño en las pruebas cognitivas a los 11 años. (Bongers-Schokking, Resing, Rijke, Ridder, & Muinck Keizer-Schrama, 2013) Establecido esto, es necesario reconocer que el presente estudio se centró en las valoraciones en los primeros tres años de vida y a pesar de que no se encontraron asociaciones significativas, sería importante darles seguimiento a estos pacientes durante su vida escolar.

En 2005, se publicó el seguimiento de 45 niños en el que se evaluaron variables referentes al hipotiroidismo, entre ellas la severidad que fue medida por la TSH inicial, y su CI a los 5 a 7 años comparados con un grupo control. Encontraron que, aunque el CI global no tenía diferencias significativas con los niños sanos, sí presentaban un menor puntaje en la parte visomotora y verbal. Lo que quedó claro una vez más fue la importancia de una detección temprana, y la severidad del cuadro ya que estos los pacientes con inicio temprano de tratamiento y TSH iniciales menores mostraban un mejor desempeño en las pruebas de desarrollo.

Este mismo estudio valoró el sobretratamiento tomando como valor únicamente una TSH menor a 0.5 mUI/ml, se encontró que estos niños presentaban mayores puntajes en la parte verbal de la prueba de CI. Independientemente de que no podemos tomarlos como equivalentes y no se encontró una asociación significativa con el sobretratamiento, cabe destacar que en general el dominio de lenguaje fue en el que se obtuvo el peor desempeño a lo largo de los tres años en estos pacientes. (Bongers-Schokking & Muinck-Keizer-Schrama, 2005)

Por otro lado, destaca que, a pesar de que los pacientes recibieran tratamiento sustitutivo, aquellos que tenían niveles iniciales de TSH más elevados exhibían un

menor desempeño a largo plazo y, sobre esta misma línea, un hallazgo importante en estos niños es que, a pesar de que todos recibieron tratamiento con LT4, formaban parte de un programa de intervención temprana y/o rehabilitación neurológica y aun cuando no se encontrara relación con el sobretratamiento, en cada uno de los periodos analizados la mayoría presentaban un retraso en el desarrollo tanto global como por área.

No puede ignorarse que este estudio consta de una muestra pequeña y una de las principales limitaciones encontradas para darles seguimiento en la etapa escolar es el abandono del seguimiento por múltiples causas, principalmente la contrarreferencia a hospitales de segundo nivel por políticas del sistema de salud nacional.

## **1.10 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Como se ha justificado anteriormente en el trabajo, el hipotiroidismo congénito puede tener efectos significativos en el desarrollo neurológico de los niños, este estudio aporta una base amplia sobre la cual se pueden continuar diseñando protocolos estrechos de vigilancia en pacientes con HC, que a la larga nos acerquen a la identificación de factores tempranos en el EEG que predijeran que estos niños no alcanzarán su completo potencial cognitivo siguiendo el esquema de tratamiento administrado. El EEG es un estudio relativamente accesible, este trabajo exhorta a su uso como una opción no limitada al diagnóstico de la epilepsia, como lo suele ser en la práctica diaria, si no como una herramienta de seguimiento que pueda permitirle al personal de salud darse cuenta de la importancia de un ajuste estrecho del tratamiento.

A pesar de que este estudio no proporcionó suficiente evidencia en contra del sobretratamiento sustitutivo en niños con hipotiroidismo congénito, se vislumbra la posibilidad de abrir nuevos horizontes en la investigación. Se espera que futuras investigaciones permitan diseñar protocolos más detallados, explorando especialmente la influencia a largo plazo de episodios de desequilibrio hormonal en etapas críticas para la maduración del sistema nervioso central, como lo es el lapso entre 1 y 3 años. Este enfoque más amplio podría contribuir a una comprensión más completa de los efectos del tratamiento y a la formulación de estrategias más precisas para optimizar el desarrollo cognitivo y neurológico en estos niños.

Es fundamental continuar el estudio de los pacientes con hipotiroidismo congénito, esto debido a que, a pesar de que el tratamiento sustitutivo realmente evita que los pacientes presenten un grado importante de déficit cognitivo, poco a poco nos damos cuenta que no es suficiente para que estos niños presenten un desempeño dentro de parámetros típicos.

## **1.11 BIBLIOGRAFÍA**

- Ares-Segura, S., Rodríguez-Sánchez, A., Alija-Merillas, M., Casano-Sancho, P., Chueca-Gulndulain, J., & Grau-Bolado, G. (2019). Hipotiroidismo y bocio. *Asociación Española de Pediatría*, 183-203.
- Bauer, A. J., & Wassner, A. J. (2019). Thyroid hormone therapy in congenital hypothyroidism and pediatric hypothyroidism. *Endocrine*, 51-62.

- Beniczky, S., & Schomer, D. L. (2020). Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic Disorder*, 697-715.
- Bongers-Schokking, J. J., & Muinck-Keizer-Schrama, S. (2005). Influence of timing and dose of thyroid hormone replacement on mental, psychomotor, and behavioral development in children with congenital hypothyroidism. *The Journal of Pediatrics*, 768-77.
- Bongers-Schokking, J. J., Resing, W. C., Rijke, Y. B., Ridder, M. A., & Muinck Keizer-Schrama, S. M. (2013). Cognitive development in congenital hypothyroidism: is overtreatment a greater threat than undertreatment? *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 4499-506.
- Budzynski, T. H., Budzynski, H. K., Evans, J. R., & Abarbanel, A. (2023). *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications*. New York: Academic Press.
- Chiarenza, A. G. (2020). Quantitative EEG in Childhood Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities. *Clinical EEG and Neuroscience*, 1-12.
- Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Salud y Hospitales de Alta Especialidad. (2019, diciembre 12). *Institutos Nacionales de Salud*. Retrieved from INSALUD: <https://www.gob.mx/insalud/acciones-y-programas/institutos-nacionales-de-salud-27376>
- CONAHCYT. (2023, junio 25). *Información General*. Retrieved from Covid-19 México: <https://datos.covid-19.conacyt.mx>
- Eisermann, M., Kaminska, A., Moutard, M., Soufflet, C., & Plouin, P. (2013). Normal EEG in childhood: From neonates to. *Clinical Neurophysiology*.
- Feyissa, M. A., & Tatum, O. W. (2019). Adult EEG. *Handbook of Clinical Neurology*.
- Galiana-Simal, A., Vecina-Navarro, P., Sánchez-Ruiz, P., & Vela-Romero, M. (2020). Electroencefalografía cuantitativa como herramienta para el diagnóstico y seguimiento del paciente con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Neurología*, 197-205.
- García Morales, L., Rodríguez Arnao, M. D., Rodríguez Sánchez, A., Dulín Iñiguez, E., & Álvarez González, M. A. (2020). Atención sostenida en niños con hipotiroidismo congénito en edad escolar. Influencia de los episodios de sobretratamiento en los primeros 3 años de vida. *Neurología*, 226-232.
- García Morales, L., Rodríguez Arnao, M., Rodríguez Sánchez, A., Dulín Iñiguez, E., & Álvarez González, M. (2020). Atención sostenida en niños con hipotiroidismo congénito en edad escolar. Influencia de los episodios de sobretratamiento en los primeros 3 años de vida. *Neurología*, 226-32.
- Geiger, A., Huber, R., Kurth, S., Ringli, M., Achermann, P., & Jenni, O. G. (2012). Sleep electroencephalography topography and children's intellectual ability. *NeuroReport*, 93-97.
- Gesell, A., & Amatruda, C. (1985). *Diagnóstico del desarrollo normal y anormal del niño : evaluación y manejo del desarrollo neuropsicológico normal y anormal del niño pequeño y el preescolar; edición actualizada y ampliada Hilda Knobloch y Benjamin Pasamanick*. Paidós.
- Gibbs, F., & Gibbs, E. (1941). *Atlas of electroencephalography*. Boston.
- Gobierno de México. (2001, octubre 31). NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SSA2-2002, Para la prevención y control de los defectos al nacimiento. *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México, Ciudad de México, México.

- Harris, R., Della rovere, M., & Prior, P. (1965). Electroencephalographic studies in infants and children with hypothyroidism. *Archives of Disease in Childhood*, 612-17.
- He, S., Ma, X., Yang, J., & Li, L. (2022). Levothyroxine treatment for congenital hypothyroidism based on thyroid function: a 10-year clinical retrospective study. *BMC Endocrine Disorders*.
- Hepworth, S. L., Pang, E. W., & Rovet, J. F. (2007). Word and Face Recognition in Children with Congenital Hypothyroidism: An Event-Related Potential Study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 509-27.
- Hirsch, L. J., & Brenner, R. P. (2010). *Atlas of EEG in Critical Care*. John Wiley & Sons.
- Hooshmand, H., & Sarhaddi, S. (1975). Hypothyroidism in Adults and Children. *Clinical Electroencephalography*, 61-67.
- Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado. (2015). Guía de Práctica Clínica: Prevención, detección y diagnóstico de Hipotiroidismo Congénito en el Primer Nivel de Atención (GPC-ISSSTE-135-15). *Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud*, 1-59.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Población según condición de afiliación a servicios de salud y sexo por entidad federativa, 2020*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Presentación de Resultados del Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. Retrieved from Demografía y Sociedad.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Viviendas particulares habitadas por entidad federativa según disponibilidad de servicios, serie de años censales de 2000 a 2020*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México ediciones 2019 y 2021*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Estadística de nacimientos registrados 2021. *Comunicado de Prensa núm 552/22*. (p. 20). INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Demografía y Sociedad*. Retrieved from INEGI: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Estadísticas de defunciones registradas 2022*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años por entidad federativa según sexo, años censales seleccionados 2000 a 2020*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Maestros y escuelas por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2022/2023*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Matrícula escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2022/2023*. INEGI. Retrieved from Matrícula escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2022/2023.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Red Nacional de Caminos: Estadísticas de elementos registrados hasta 2023*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *TIC's en hogares*. INEGI.
- Instituto Nacional de las Mujeres. (2016, 03 24). *Glosario para la igualdad - Consulta en línea*. Retrieved from INMUJERES.
- Instituto Nacional de Pediatría. (2018, enero 02). *¿Qué hacemos?* Retrieved from Instituto Nacional de Pediatría:  
<https://www.pediatria.gob.mx/interna/qhacemos.html>
- Instituto Nacional de Pediatría. (2021, enero 01). *Servicios que otorgamos*. Retrieved from Instituto Nacional de Pediatría.
- Isik, Z., & Gripenoft, L. (2022). *EEG Signal Analysis in the Frequency Domain. An Examination of Abnormalities During the Gait Cycle*. . Stockholm: KTH.
- Kales, A., Heuser, G., Jacobson, A., Kales, J. D., Hanley, J., Zweizig, J. R., & Paulson, M. J. (1967). All Night Sleep Studies in Hypothyroid Patients, Before and After Treatment. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1593-99.
- Khedr, E., El Toony, L., Tarkhan, M., & Abdella, G. (2000). Peripheral and central nervous system alterations in hypothyroidism: electrophysiological findings. *Neuropsychobiology*, 88-94.
- Kratzsch, J., & Pulzer, F. (2008). Thyroid gland development and defects. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 57-75.
- Kudchadkar, S. R., Yaster, M., Punjabi, A. N., Quan, S. F., Goodwin, J. L., Easley, B., & Punjabi, N. M. (2015). Temporal Characteristics of the Sleep EEG Power Spectrum in Critically Ill Children. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 1449-54.
- Lipska, E., Lecka-Ambroziak, A., Witkowski, D., Szamotulska, K., Mierzejewska, E., & Oltarzewski, M. (2022). Primary Congenital Hypothyroidism in Children Below 3 Years Old - Etiology and Treatment With Overtreatment and Undertreatment Risks, a 5-Year Single Centre Experience. *Frontiers in Endocrinology*, 1-11.
- Livint Popa, L., Dragos, H., Pantelemon, C., Verisezan Rosu, O., & Strilciuc, S. (2020). The Role of Quantitative EEG in the Diagnosis of Neuropsychiatric Disorders. *Journal of Medicine and Life*, 8-15.
- Majumdar, K. (2018). *A Brief Survey of Quantitative EEG*. New York: CRP Press.
- Marcondes, E., Machado, D., Setian, N., & Carrazza, F. (1991). *Pediatría Basica*. Sao Paulo: Sarvier.
- Mayor, L. C., Burneo, J., & Ochoa, J. G. (2013). *Manual de electroencefalografía: Handbook of Electroencephalography*. Universidad de los Andes, Colombia.
- Moore, K. L., Persaud, T., & Torchia, M. G. (2020). *Before We Are Born. Essentials of Embryology and Birth Defects*. London: ELSEVIER.
- Müller-Puzt, G. R. (2020). Electroencephalography. *Handbook of Clinical Neurology*, 249-262.
- Nieman, E. (1961). THE ELECTROENCEPHALOGRAM IN CONGENITAL HYPOTHYROIDISM: A STUDY OF 10 CASES. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 50-57.
- Norcross-Nechay, K., Richards, G., & Cavallo, A. (1989). Evoked potentials show early and delayed abnormalities in children with congenital hypothyroidism. *Neuropediatrics*, 158-63.

- Nuwer, M. (1997). Assessment of digital EEG, quantitative EEG, and EEG brain mapping: report of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society. *Neurology*, 277-292.
- Organización Mundial de la Salud. (2020, abril 24). Disease outbreak news - México. *Noticias sobre brotes de enfermedades*.
- Perez-Campa, M., Rangel-Guajardo, F. C., & Sandoval-Aguilar, Z. (2002). *Cuicuilco: Ciudad de México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Ricardo, G., Fernández-Bouzas, H., Harmony, T., & Ballesteros, A. (2002). Importancia de la sustracción de un factor de escala global de las potencias absolutas del electroencefalograma para la ubicación precisa de la actividad electroencefalográfica anormal. *Salud Mental*, 25-34.
- Rodríguez-Sánchez, A., Chueca-Guindulain, M. J., Alija-Merillas, M., Ares-Segura, S., Moreno-Navarro, J. C., & Rodríguez-Arno, M. (2018). Diagnóstico y seguimiento de los pacientes con hipotiroidismo congénito diagnosticados por cribado neonatal. *Anales de Pediatría*, 250e3-250e8.
- Schomer, D. L., & Lopes da Silva, F. H. (2011). *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Kluwer.
- Schultz, M. A., Schulte, F. J., Akiyama, Y., & Parmelee, A. H. (1968). Development of electroencephalographic sleep phenomena in hypothyroid infants. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 351-58.
- Secretaría de Desarrollo Social. (2013). *MAnejo y disposición de residuos sólidos municipales*. SEMARNAT.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2010). PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO DE COYOACAN. Ciudad de México, México.
- Secretaría de Gobernación. (2007, mayo 31). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Salud - Instituto Nacional de Pediatría. (2020). *Programa Institucional 2020-2024 del Instituto Nacional de Pediatría*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Salud. (2022). *Morbilidad Nacional*. Retrieved from Anuario de Morbilidad 1984-2022:  
[https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad\\_nacional.html](https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad_nacional.html)
- Secretaría del Medio Ambiente. (2023, marzo 01). *Ranking internacional registra mejora en la calidad del aire de la Ciudad de México*. Retrieved from Secretaría del Medio Ambiente:  
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/ranking-internacional-registra-mejora-en-la-calidad-del-aire-de-la-ciudad-de-mexico>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México. (2016). *RDAR: Registro de Descargas de Aguas Residuales*. Ciudad de México: SEDENA.
- SEDATU. (2015). *Atlas de Riesgos Naturales Delegación Coyoacán Distrito Federal*. SEDATU.
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (2019). Sistema de Aguas de la Ciudad de México. *Fondos de Agua* (p. 23). Ciudad de México: SACMEX.
- Spong, C. (2013). Defining "term" pregnancy: recommendations from the Defining "Term" Pregnancy Workgroup. *JAMA*, 309-23.
- Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas. (2023). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México (0901), Ciudad de México*. Comisión Nacional del Agua.

- Triantafyllou, P., Katzos, G., Rouso, I., & Zafeiriou, D. (2015). Neurophysiologic evaluation of infants with congenital hypothyroidism before and after treatment. *Acta Neurol Belg*, 129-136.
- van Trotseburg, P., Stoupa, A., Léger, J., Rohrer, T., Peters, C., Fugazzola, L., . . . Polak, M. (2021). Congenital Hypothyroidism: A 2020–2021 Consensus Guidelines Update—An ENDO-European Reference Network Initiative Endorsed by the European Society for Pediatric Endocrinology and the European Society for Endocrinology. *Thyroid*, 387-419.
- Villanueva, E. (1998). *Prospección arqueológica por medios geofísicos y químicos en Cuicuilco*. Sigma.
- Wassner, A. J. (2018). Congenital Hypothyroidism. *Clinics in Perinatology*, 1-18.
- Watts, D., Fernandes-Pulice, R., Reilly, J., Bruoni, A. R., Kapczinski, F., & Cavalcante-Passos, I. (2022). Predicting treatment response using EEG in major depressive disorder: A machine-learning meta-analysis. *Translational psychiatry*.
- Williams, G. R. (2008). Neurodevelopmental and Neurophysiological Actions of Thyroid Hormone. *Journal of Neuroendocrinology*, 784–794.

## **CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DONDE SE HIZO LA INVESTIGACIÓN**

### **1. DATOS HISTÓRICOS**

#### *Ciudad de México*

Según fuentes escritas y hallazgo de restos arqueológicos, en la época precolombina, el territorio correspondiente a la Cuenca de México era ocupado por grupos predominantemente otomíes, tepanecas y nahuas, sin embargo, de este territorio tan solo el 14% representa lo que hoy conocemos como Ciudad de México.

Se infiere que la Cuenca de México ya estaba habitada desde hace aproximadamente 22,000 años.

De acuerdo con la mayoría de las fuentes, la fundación de México-Tenochtitlán fue en el año 1325 d.C.; se vivía inicialmente de la pesca y recolección, pero pronto se inició la construcción de chinampas para aumentar la producción agrícola en el islote.

Poco después de consumada la conquista en 1521, se estableció la traza de la Ciudad de México, destinando la parte central para que fuera habitada por españoles, afectando templos y palacios de México Tenochtitlán, pero conservando caminos acuáticos de transporte hacia Tepeyac, Tacuba, Iztapalapa y Coyoacán. En 1548 recibió el título de “Muy Noble, Insigne y Leal Ciudad de México”.

Por su parte, la periferia de la ciudad fue congregación para la población indígena, espacios en donde se localizan los llamados actualmente pueblos originarios.



## *Cuicuilco*

Cuicuilco alcanzó un considerable desarrollo hacia 300 a.C., sin embargo, la erupción del volcán Xitle devastó la zona aproximadamente en 100 o 200 a.C., a pesar de esto se cuenta con evidencia de que esta zona se extendió ampliamente al encontrar arquitectura monumental que indicaba una avanzada planeación de espacio y organización social.

Se considera a Cuicuilco como uno de los primeros y más importantes centros ceremoniales en el Valle de México, así como centro de una comunidad prominente. Fue descubierto en 1922 por Manuel Gamio y en 1925 Byron Cummings exploró y restauró el Gran Basamento, en 1939 Eduardo Noguera abrió al público Cuicuilco, construyendo el primer museo y efectuando exploraciones, posterior a lo que descubrieron al menos dieciocho edificios habitacionales y basamentos de templos.

Las labores de exploración fueron afectados seriamente debido a la construcción de la Villa Olímpica en 1968, sin embargo, a partir de 1996 se reiniciaron las investigaciones. (Perez-Campa, Rangel-Guajardo, & Sandoval-Aguilar, 2002)

## **2. GEOGRAFÍA LOCAL**

### **2.1 Datos históricos**

El Instituto Nacional de Pediatría fue establecido el 6 de noviembre de 1970 con el nombre de Hospital Infantil de la Institución Mexicana de Asistencia a la Niñez (IMAN). El 19 de abril de 1983, a través de un decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación, el entonces presidente de México, Miguel de la Madrid, le concedió su nombre actual, autonomía y descentralización, quedando bajo la coordinación de la Secretaría de Salud. Se encuentra ubicado en la Colonia Cuicuilco de la Ciudad de México, la institución tiene como uno de sus objetivos principales la formación de médicos especialistas en pediatría.

### **2.2 Geografía local**

#### **2.2.2 Localización**

*Instituto Nacional de Pediatría (INP)*

Avenida Insurgentes Sur número 3700, Colonia Insurgentes Cuicuilco, Delegación Coyoacán, Ciudad de México.

La alcaldía Coyoacán se encuentra en el Altiplano Mexicano en la zona morfológica de la provincia del Eje Neovolcánico y la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. La superficie de la alcaldía es de 5,400 Hectáreas, la totalidad del territorio corresponde al suelo urbano y representa el 7.1% de la zona urbana de la entidad, con respecto al Distrito Federal representa el 3.60% del área total. Forma parte del sector Metropolitano Sur, tiene una función habitacional predominante.

#### **2.2.3 Orografía**

El altiplano está rodeado por sistemas montañosos formado por formas topográficas como llanuras, rampas y relieves volcánicos, la zona está cubierta por materiales de

suelo reciente y las formaciones fundamentales solo aparecen en zonas específicas. La altitud promedio de la alcaldía es de 2,240 metros sobre el nivel del mar. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2010)

En la delegación Coyoacán se encuentra basalto al oeste, aluvión en la región central, predomina el lacustre en la porción oriental, existe también toba básica en la región del este y una porción pequeña de volcanoclástica en la región sur. (SEDATU, 2015)

#### **2.2.4 Hidrografía**

En la alcaldía hay tres corrientes de agua principales, dos son cursos naturales: río Magdalena y Churubusco y se encuentran entubadas en su paso por la región.

- Río Magdalena: su trayectoria es de 20 km aproximadamente, posee un flujo permanente y alcanza un promedio de 1 m<sup>3</sup>/s con picos de hasta 20 m<sup>3</sup>/s en temporada de lluvias. Nace en el Cerro La Palma, baja por la delegación Magdalena contreras, ya entubado entra a la alcaldía Coyoacán sobre la calle Paseo del Río, pasa por los Viveros de Coyoacán y se une al río Mixcoac, formando el río Churubusco.
- Río Churubusco: se trata de una corriente artificial que se formó después de la desecación del Valle de México, recorre entubado por 4 km y sirve de límite norte de la alcaldía Benito Juárez.
- Canal Nacional: es una corriente artificial que recorre la alcaldía por 8.7 km, inicia en la zona de las chinampas de Xochimilco y se prolonga hacia el norte formando el límite con la delegación Iztapalapa. (SEDATU, 2015)

#### **2.2.5 Clima**

Predomina el clima templado subhúmedo, especialmente en el noroeste de la alcaldía Coyoacán, la temperatura se encuentra entre 8 hasta 16°C o 24°C en los meses más calurosos y entre -3°C y 18°C en el mes más frío.

El régimen pluviométrico en promedio es de 6 mm llegando hasta 804 mm en promedio al año, con mayor volumen de precipitación en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. (SEDATU, 2015)

#### **2.2.6 Flora**

La alcaldía es predominantemente urbana, por lo que la vegetación natural se presenta en áreas verdes dispersas como en los Viveros de Coyoacán y reservas naturales. (SEDATU, 2015)

En la región coexisten las coníferas y vegetación latifoliada (árboles y arbustos con flores de hojas anchas) formando bosques mixtos. (SEDATU, 2015) La vegetación más particular de la zona son las familias vegetales *Abies religiosa*, *Alnus firmifolia*, *Quercus centurialis* y, en menor proporción, *Arbustus xalapensis*, *Cupressus lindley* y *Pinus rudis*. (Villanueva, 1998)

## 2.3 Mapas

### 2.3.1 Mapa del estado

#### Ciudad de México



Figura 1. Mapa de la Ciudad de México con nombres y división territorial. INEGI, 2018.

### 2.3.2 Mapa del municipio o delegación

#### Coyoacán



Figura 2. Mapa de la alcaldía Coyoacán. Secretaría de Turismo.

### 2.3.3 Mapas de características geográficas

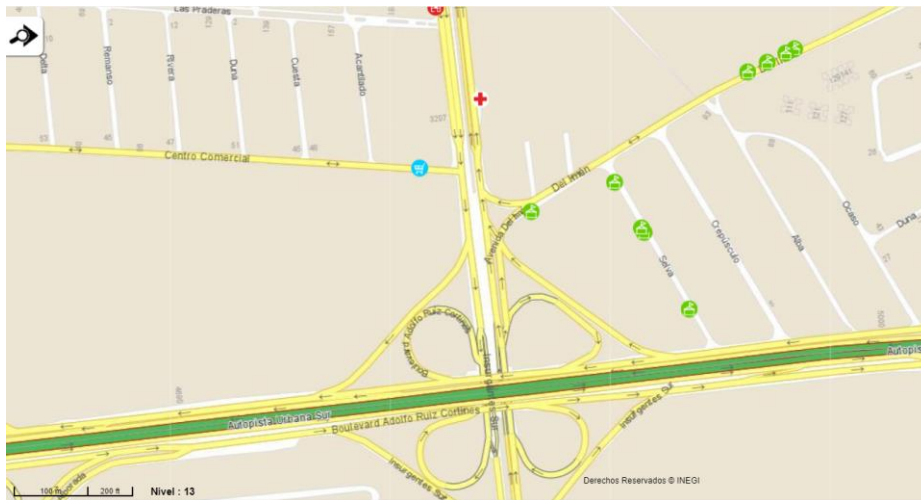


Figura 3. Mapa de características geográficas de la zona Insurgentes Cuicuilco, Coyoacán.

### 2.3.4 Croquis de la comunidad o zona

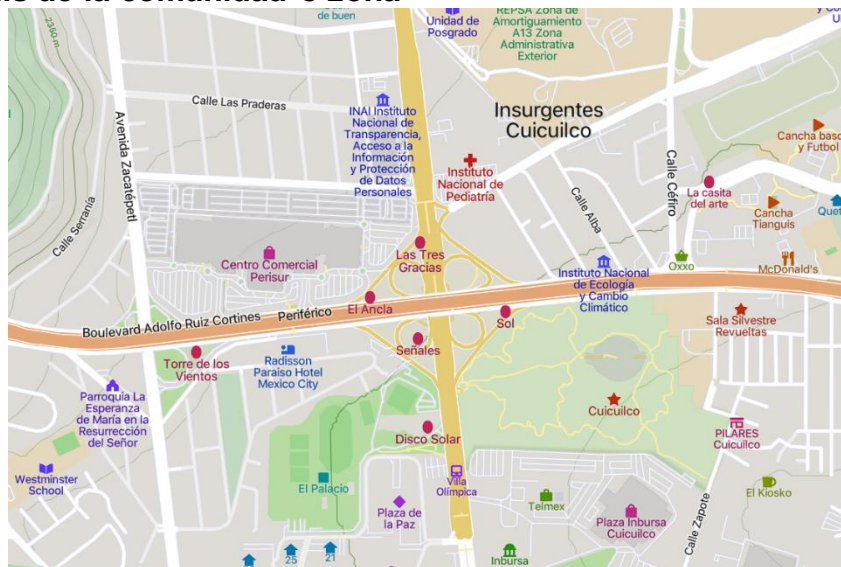


Figura 4. Croquis de la zona Insurgentes Cuicuilco, Coyoacán.

## 3. INDICADORES DEMOGRÁFICOS Y ESTADÍSTICAS VITALES

### 3.1 Población total

La población total en la Ciudad de México en 2020 se calculó en 9,209,944 personas, siendo de este total el 47.83% hombres y 52.17% mujeres, con una edad media de 35 años. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

### 3.2 Población y seguridad social

En el año 2020 se registró un total de 92,582,812 personas afiliadas a servicios de salud a nivel nacional, de este total, en la Ciudad de México se concentran 6,689,012 afiliados (72.6% del total de la población), siendo el 46.44% hombres y 53.56% mujeres. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)

Del total de la población nacional afiliada a un servicio de salud, el 51% pertenece al IMSS, 35.5% al INSABI (o Seguro Social), 8.8% al ISSSTE, el 1.3% a Pemex o SEDENA, 1.2% a otra institución y 1% al IMSS Bienestar. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)

### 3.3 Densidad de población

En la Ciudad de México, en 2020 se calculó una densidad poblacional de 6,163.3 habitantes por kilómetro cuadrado. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

### 3.4 Población por localidad o delegación

En 2020, la población en Coyoacán fue de 614,447 habitantes (47.1% hombres y 52.9% mujeres). En comparación a 2010, la población en Coyoacán decreció un -0.96%. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 25 a 29 años (47,839 habitantes), 20 a 24 años (47,036 habitantes) y 45 a 49 años (46,180 habitantes). Entre ellos concentraron el 23% de la población total. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021)

### 3.5 Índice de envejecimiento

En la Ciudad de México se calcula un índice de envejecimiento de 90.2%, el más alto a nivel nacional. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021)

### 3.6 Migración

En cuanto a la migración interna, el saldo neto migratorio en el año 2020 en la Ciudad de México fue de -3,276,369 personas, con un total de 1,679,0663 inmigrantes y 4,955,432 emigrantes. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)

### 3.7 Tasa de Natalidad

En la Ciudad de México se registraron en 59,422 nacimientos en 2021, la tasa de natalidad fue de 37.4 nacimientos por cada 1000 mujeres en edad reproductiva. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022)

## 4. INDICADORES SOCIALES

### 4.1 Educación

En el 2020 se registró una matrícula escolar total de 33,612,855 alumnos desde nivel inicial hasta superior, cifra que se desglosa de la siguiente manera:

Inicial	Preescolar	Primaria	Secundaria	Media superior	Superior
217,391	4,334,938	13,345,969	6,210,924	5,003,087	4,032,931

(Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

Centrándonos en la ciudad de México, se cuenta con una matrícula total de 2,487,737, distribuido por sexo de la siguiente manera:

	Inicial	Preescolar	Primaria	Secundaria	Media superior	Superior
<b>Hombres</b>	7,852	110,097	377,824	206,382	225,562	272,407
<b>Mujeres</b>	7,207	109,174	368,271	202,844	227,155	279,47

(Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

En México, el grado promedio de escolaridad en mayores de 15 años durante el 2020 fue de 9.74, en hombres es de 9.84 y en mujeres de 9.64 años promedio aprobados. La Ciudad de México presenta la escolaridad más alta con 11.48 años, siendo en hombres de 11.67 y en mujeres de 11.32 años. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

A nivel nacional se han contabilizado un total de 2,030,790 maestros y 256,383 alumnos, mientras que en la Ciudad de México se registraron en el periodo 2022-2023 un total de 184,356 maestros y 8,675 escuelas tanto en sistema público como en privado. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

## 4.2 Grupos Vulnerables

Los grupos vulnerables son aquellos grupos que, por sus condiciones sociales, económicas, culturales o psicológicas pueden sufrir maltrato contra sus derechos humanos, incluye personas de la tercera edad, personas con discapacidades, mujeres, niños, pueblos indígenas, personas con enfermedades mentales, personas con VIH/SIDA, trabajadores migrantes, minorías sexuales y personas detenidas. (Secretaría de Gobernación, 2007)

## 4.3 Vivienda

En su mayoría, el uso de suelo en la alcaldía Coyoacán corresponde al uso habitacional unifamiliar, con densidades promedio de 50 hab/ha hasta 800 hab/ha en multifamiliares, sin embargo, también se observa uso mixto con industria y servicios en colonias con densidades medias.

En esta alcaldía existen cinco zonas de desarrollo controlado para el aprovechamiento del suelo: Centro Histórico, Pedregal de San Francisco, Del Carmen, Fraccionamiento Romero de Terreros y Jardines del Pedregal. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2010)

### 4.3.2 Disponibilidad de Agua

La disponibilidad de agua en la Ciudad de México, según el Sistema de Información Geográfica para el manejo de Agua Subterránea de la CONAGUA depende directamente de un acuífero al sur poniente de la Cuenca del Valle de México y ocupa el 17% de su superficie total, es una cuenca endorreica que carece de salidas naturales, lo cual dificulta el drenaje de agua pluvial.

El acuífero Zona Metropolitana se divide en cuatro subregiones: I Xochimilco, II Churubusco, III Ciudad de México y en parte VII Texcoco; la infraestructura está constituida por presas, ríos y canales entubados en su totalidad, las presas y ríos se encuentran principalmente en la zona poniente y los canales y ríos en la central.

- **Zona I Xochimilco:** abarca las cuencas de ríos que descienden de la Sierra de Chichinautzin (San Gregorio, Santiago, San Lucas y San Buenaventura), las lagunas son la de Xochimilco y Tláhuac y los canales son: Cuemanco, Nacional, Bordo, Apatlaco, Chalco y De Garat.
- **Zona II Churubusco:** comprende los ríos Eslava, Magdalena, Barrancas San Jerónimo, Anzaldo, Barranca Coyotes, Barranca Texcalatlaco, Barranca Tetelpa, Barranca de Guadalupe, Barranca del Muerto, Tarango y Mixcoac.
- **Zona III Ciudad de México:** abarca las cuencas de los ríos Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, Sordo, Barranca los Cuartos, Totolica, Chico de los Remedios, San Mateo Nopala, Barranca Tepaxtlaxco, Río de los Remedios, Tlanepantla y San Javier.

La recarga total media anual del acuífero Zona Metropolitana es de 512.8 hm<sup>3</sup>/año, no existe una descarga natural comprometida, el volumen de extracción de agua subterránea es de 993,229,914 m<sup>3</sup> anuales y al calcular la disponibilidad media anual de agua subterránea se obtiene que no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones (para títulos en el Registro Público de Derechos de Agua) y, por el contrario, tenemos un déficit de 480,429,914 m<sup>3</sup> anuales, se calcula la sobreexplotación del acuífero en 17.79 m<sup>3</sup>/s y la disminución de sus niveles hasta en 1 metro por año. (Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas, 2023) (Sistema de Aguas de la Ciudad de México, 2019)

#### 4.3.3 Eliminación de excretas

En la Ciudad de México, la SEDEMA reporta datos de 7,606 descargas de aguas residuales de establecimientos con actividad industrial, comercial y de servicios y la alcaldía Coyoacán representa el 5.84% de éstos, siendo la mayoría declarada por el sector de servicios (p.e. preparación de alimentos, bebidas y alojamiento) (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2016)

A nivel nacional, del total de viviendas particulares habitadas, 78.1% disponen de drenaje y 89.67% de un sanitario, mientras que, en la Ciudad de México, del total de viviendas (2,103,752), el 98.17% disponen de drenaje y el 98.06% de sanitario.

En la alcaldía Coyoacán, los últimos datos oficiales reportan un 95% de nivel en el servicio de drenaje, el 5% faltante se reserva a zonas centradas en los Pedregales, debido a que el suelo rocoso de basalto fracturado puede intervenir con la infraestructura. Se cuenta con dos drenes principales: colector Miramontes Poniente y Canal Nacional/Canal Nacional-Chalco. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2010)

#### 4.3.4 Eliminación de basura

En la Ciudad de México se registró una generación estimada de residuos sólidos urbanos de aproximadamente 4,949.40 toneladas, en Coyoacán, durante 2020 se estimó una recolección de 900,000 kg de residuos sólidos urbanos recolectados diariamente. Hablando de los residuos inorgánicos, en su mayoría (55.55%) tiene como destino un sitio de disposición final y en menor parte una planta de tratamiento (44.44%); de igual manera en cuanto a los residuos orgánicos, la mayoría es dispuesto a un sitio final (55.55%) y el 44.44% es transportado a plantas de tratamiento. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022)

Se tienen datos oficiales hasta el 2012, en donde el total de residuos sólidos en la Ciudad de México tienen como destino final sitios controlados por la entidad. (Secretaría de Desarrollo Social, 2013)

#### **4.4 Vías de Comunicación**

Tomando en cuenta datos estadísticos generales, en México existen un total de 875,928.31 kilómetros en la Red Nacional de Caminos, de estos 178,216.89 pertenecen a carreteras, 527,743.52 a caminos, 124,983.66 a vialidades urbanas y el resto se reparte entre veredas, vialidades urbanas de cuota y elementos de transición (como rampa de frenado, enlaces, retornos y glorietas). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

En la alcaldía Coyoacán encontramos vías importantes como el Anillo Periférico, Av. Río Churubusco y Calzada Ermita-Iztapalapa que la comunican con otras, al interior de la alcaldía existen nueve arterias principales:

- Vías transversales: Insurgentes, División del Norte, Tlalpan, Avenida Universidad, Canal de Miramontes y Cafetales.
- Vías longitudinales: Miguel Ángel de Quevedo, Taxqueña y Avenida Las Torres.

Estas vías presentan grandes aforos vehiculares, lo cual determina múltiples conflictos en sus principales intersecciones y congestionamientos viales muy importantes. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2010)

#### **4.5 Medios de Comunicación**

En el año 2022 se registró que el 43.9% de los hogares, a nivel nacional, contaban con una computadora y se estimó que el 68.5% de los hogares contaban con conexión a Internet. El 37% de la población de seis años o más de edad son usuarios de computadoras y, de éstos, el 46.8% la utilizan como herramienta de apoyo escolar; el 78.6% usan Internet y el 79.2% de los mayores de seis años son usuarios de teléfonos celulares.

El 90.7% de los hogares cuentan con al menos un televisor y el 41.5% han contratado servicios de televisión de paga y se estima que el 56.3% de la población mayor a seis años ve televisión abierta. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

#### **4.7 Economía**

##### **4.7.1 Población económicamente activa**

En el tercer trimestre de 2023, la tasa de participación laboral en Ciudad de México fue 62.2%, lo que implicó una disminución de 0.19 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (62.3%). La tasa de desocupación fue de 4.07% (200k personas), lo que implicó una disminución de 0.3 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (4.37%).

La población ocupada en Ciudad de México en el tercer trimestre de 2023 fue 4.71M personas, siendo superior en 0.072% al trimestre anterior (4.71M ocupados). El



salario promedio mensual en el tercer trimestre de 2023 fue de \$4.9k MX siendo superior en \$305 MX respecto al trimestre anterior (\$4.6k MX). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

#### **4.8 Energía Eléctrica**

En México, durante el año 2020, del total de viviendas particulares habitadas, el 99.0% disponen de energía eléctrica; al centrarnos en la Ciudad de México esta cifra se sitúa en el 99.81%. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)

#### **4.9 Contaminantes ambientales**

Se llevó a cabo un estudio en 70 capitales globales que evaluó la variación entre los niveles locales de PM2.5 en el aire entre 2019 y 2022. Los resultados indicaron que la Ciudad de México logró mejorar la calidad del aire al reducir en un 3.3 por ciento las partículas PM2.5, superando a todas las demás capitales en el continente americano.

Además de este indicador, los datos históricos revelan un incremento en el número de días con condiciones atmosféricas más limpias. En 2022 se alcanzaron 123 días con condiciones atmosféricas favorables. (Secretaría del Medio Ambiente, 2023)

#### **4.11 Servicios para el recreo comunitario**

La alcaldía Coyoacán cuenta con nueve bibliotecas, tres casas de culturas, 11 museos y 17 teatros, destaca, por ejemplo, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Museo Anahuacalli, el Museo Frida Kahlo y el Centro Nacional de las Artes.

En esta región podemos encontrar sitios dedicados a la recreación y el deporte, destacando las instalaciones olímpicas, el Parque Ecológico de los Coyotes, los Viveros de Coyoacán, el Club Campestre de la Ciudad de México o el Estadio Azteca. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2010)

### **5. DAÑOS A LA SALUD**

#### **5.1 Mortalidad General**

A nivel nacional, las defunciones registradas en 2022 fueron 847,716, tomando en cuenta como entidad de residencia la Ciudad de México, se censaron 69,455 muertes en total este mismo año, el 43.8% correspondió a mujeres mientras que el 56.1% a hombres. La esperanza de vida en esta entidad se calculó en 76.9 años, siendo más elevada en mujeres (80.1 años) que en hombres (73.9).

Hablando del total de muertes, el 90.0% fue por enfermedades y problemas relacionados a la salud y solo el 10.0% por causas como accidentes, homicidios suicidios. La mayoría de las muertes sucedieron en el hogar (48.9%) y el resto en hospitales públicos y privados (39.5%), de las personas fallecidas el 79.4% recibió atención médica. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

### 5.1.1 Mortalidad por grupos de edad y causas

La principal causa de muerte a nivel nacional son las enfermedades del corazón, diabetes mellitus y tumores malignos. En la Ciudad de México, las muertes por enfermedad cardíaca representan 181.1 defunciones por cada 100,000, mientras que por diabetes mellitus y tumores malignos fueron de 102.6 y 95.8 por cada 100,000, cabe destacar que los tumores malignos que causaron más muertes fueron los de órganos digestivos.

En cuanto a la población pediátrica, por grupos de edad, la mortalidad en 2022 se comportó de la siguiente manera:

<1 años	1-4 años	5-9 años	10-14 años	15-24 años
Afecciones del periodo perinatal	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	Accidentes	Accidentes	Agresiones (homicidio)
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómica	Accidentes	Tumores malignos	Tumores malignos	Accidentes
Accidentes	Tumores malignos	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	Lesiones autoinfligidas intencionalmente (suicidios)
Influenza y neumonía	Influenza y neumonía	Parálisis cerebral y otros síndromes específicos	Lesiones autoinfligidas intencionalmente (suicidios)	Tumores malignos
Septicemia	Enfermedades infecciosas intestinales	Agresiones (homicidio)	Agresiones (homicidio)	Eventos de intención no determinada

INEGI 2023

### 5.1.2 Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad nacional en 2022 por cada 100,000 habitantes fue de 654, siendo la tasa específica de mortalidad más alta en hombres de 65 y más años (5,995 por cada 100,000).

Refiriéndonos a muertes ocurridas en la entidad, en la Ciudad de México se registró la tasa de mortalidad más alta del año, siendo ésta de 890 por cada 100,000. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023)

## 5.2 Morbilidad

### 5.2.1 Principales causas de morbilidad enfermedades transmisibles

En la Ciudad de México, en el año 2022 las principales causas de enfermedades transmisibles son:

Infecciones respiratorias agudas
COVID-19
Infección de vías urinarias
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
Influenza

CONAPO

El grupo con mayor morbilidad general fue de 20 a 24 años, seguido por el de 50 a 59 años. (Secretaría de Salud, 2022)

### 5.2.2 Principales causas de morbilidad enfermedades no transmisibles

Hablando de la Ciudad de México, las principales causas de enfermedad no transmisibles por orden son:

Gingivitis y enfermedad periodontal
Obesidad
Úlceras, gastritis y duodenitis
Hipertensión arterial
Diabetes mellitus no insulino dependiente (tipo II)

SUIVE/DGE/Secretaría de Salud/Estados Unidos Mexicanos 2022

### 5.3 Brotes epidemiológicos

#### *Sarampión*

En el año 2020 se declaró que en México se estaba produciendo un brote epidémico de sarampión en edades que van desde los tres meses hasta los 68 años (mediana de 20 años) y de predominio en hombres (59%), se registraron 1364 casos probables, confirmando 124 por laboratorio.

En la Ciudad de México se registraron 427 casos probables, de los cuales 105 se confirmaron por laboratorio, el total de estos casos eran ciudadanos mexicanos, en su mayoría hombres, la mayoría tiene entre 20 y 29 años (28%), seguida del grupo de 2 a 9 años (17%), sólo 15 pacientes contaban con antecedente de vacunación. Específicamente en la alcaldía Coyoacán sólo se registró un caso confirmado. (Organización Mundial de la Salud, 2020)

#### *COVID-19*

El 31 de diciembre de 2019 se dio el brote de 27 casos nuevos de neumonía de etiología desconocida en la provincia de Wuhan, China, fue en enero de 2020 que se identificó el nuevo coronavirus denominado inicialmente como 2019-nCov y posteriormente llamado SARS-CoV-2, sin embargo, fue hasta el 27 de febrero cuando se confirmó el primer caso en México.

América es la región de la OMS que tiene más casos acumulados registrados con 92,640,794, según la Dirección General de Epidemiología, hasta el 25 de junio de 2023 se han confirmado 7,633,355 casos acumulados con 3,558 activos, predominantemente en pacientes de 25 a 29 años; el 90.43% de los casos han sido ambulatorios y 334,336 defunciones.

En la Ciudad de México se registra un acumulado de 1,902,003 casos confirmados, mientras que en la alcaldía Coyoacán se confirmaron 116,757 positivos. (CONAHCYT, 2023)

### **CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SALUD, INFRAESTRUCTURA, RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS**

#### **1. RECURSOS Y SERVICIOS DE SALUD**

El Instituto Nacional de Pediatría forma parte de los trece centros de investigación en ciencias biomédicas que ofrecen servicios de salud pública y educación a la comunidad. Bajo la dirección del doctor Alejandro Serrano Sierra, cuenta con la doctora Mercedes Macías Parra como directora médica y la doctora María Dolores Correa Beltrán como directora de investigación.

Su misión es el “desarrollo de modelos de atención a la infancia y adolescencia a través de la investigación científica básica, clínica y epidemiológica aplicada a las necesidades principales de la población” (Instituto Nacional de Pediatría, 2018)

Ofrecen principalmente servicio de consulta externa, urgencias y admisión a terapia neonatal, sin embargo, estos se dirigen principalmente a niños de 0 a 18 años con patologías de tercer nivel provenientes de todo el país que no cuenten con Seguridad Social. (Instituto Nacional de Pediatría, 2021)

##### **1.1 Infraestructura en Salud**

El INP cuenta con edificios de hospitalización, consulta externa, servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, banco de sangre, residencia médica, investigación (uno en el Estado de Morelos), centro de información y documentación científica, administración y planeación.

Hasta el 2020 el INP contaba con 251 camas censables para atender un promedio anual general de 6,039 ingresos hospitalarios, lo que representó en promedio 11 días paciente, 97.4% de ocupación hospitalaria, con un índice anual de rotación de 31 camas, y una tasa de IAAS de 6.8 por 1000 pacientes. (Secretaría de Salud - Instituto Nacional de Pediatría, 2020)

##### **1.2 Infraestructura de la secretaria de salud**

En los últimos años el Sistema de Salud en México se ha enfrentado a cambios demográficos y epidemiológicos que afectan la salud de los mexicanos como lo son las enfermedades crónico degenerativas, emergentes, reemergentes y/o que requieren trasplante de órganos; por lo que el Estado ha realizado reformas normativas que buscan fortalecerlo, como es la creación del INSABI, para responder

con dinamismo ante los nuevos escenarios. (Secretaría de Salud - Instituto Nacional de Pediatría, 2020)

Los Institutos Nacionales de Salud constituyen un grupo de instituciones cuya cobertura abarca la totalidad del territorio nacional. Su propósito fundamental se centra en la investigación científica dentro del ámbito de la salud, así como en la formación y capacitación de profesionales altamente cualificados. Además, estos institutos se dedican a ofrecer servicios de atención médica de alta especialidad como parte integral de sus objetivos y funciones principales. (Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Salud y Hospitales de Alta Especialidad, 2019)

#### **1.4 Recursos Humanos**

En el INP se realiza investigación científica, formación de recursos humanos para la salud y atención médica de alta especialidad a niños y adolescentes menores de 18 años. Por otro lado, la plantilla de trabajadores de esta institución se conforma por personal médico, paramédico y administrativo.

### **CAPITULO IV. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL SERVICIO SOCIAL**

Durante mi participación en el Centro de Investigación del Neurodesarrollo (CIND), llevaba a cabo actividades en calidad de estudiante al asistir a clases junto con los estudiantes de maestría del neurodesarrollo, en las cuales se exponían escalas de valoración neurológica, por otro lado, asistía también a clases en la universidad en donde analizábamos principios básicos y avanzados de la neurofisiología.

En el CIND, mi rol incluía la realización de electroencefalogramas (EEG), así como potenciales evocados auditivos (PEATC) y visuales (PEVTC) en niños que formaban parte del programa y, en ocasiones, asistía a sus valoraciones de neurodesarrollo e intervenciones.

Además de las tareas mencionadas, mi participación en este programa no se limitaba únicamente a la toma de registros neurofisiológicos. Como estudiante, tenía la oportunidad de interactuar directamente con los niños y sus familias, proporcionando información sobre los procedimientos y brindando apoyo emocional. Esta experiencia no solo enriqueció mi comprensión de las complejidades del desarrollo infantil, sino que también me permitió aplicar los conocimientos adquiridos en mis clases a situaciones prácticas, fomentando así un aprendizaje integral y una conexión significativa con mi futura práctica profesional.

### **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES SOBRE EL SERVICIO SOCIAL**

#### **1.1 En relación con su formación como persona**

Trabajar con niños mientras investigo sobre el neurodesarrollo infantil ha sido una experiencia transformadora a nivel personal. Esta oportunidad no solo ha enriquecido mi conocimiento profesional, sino que también ha dejado una huella profunda en mi crecimiento personal y en mi comprensión del mundo que nos rodea.

Desde el inicio de esta investigación, me he sumergido en el fascinante y complejo mundo del neurodesarrollo infantil, explorando las etapas cruciales del desarrollo cerebral en la infancia. A medida que profundizo en la literatura científica y aplico esos conocimientos en la práctica con los niños, he desarrollado una apreciación más profunda por la maravillosa complejidad y plasticidad del cerebro infantil.

A nivel personal, esta experiencia me ha brindado una mayor sensibilidad y empatía hacia los desafíos que enfrentan los niños en su desarrollo neurológico. Observar de cerca cómo enfrentan y superan obstáculos me ha inspirado a cultivar una paciencia infinita y una comprensión genuina. Este contacto directo con las historias únicas de cada niño ha fortalecido mi conexión emocional con la labor que desempeño y ha alimentado mi determinación para contribuir de manera significativa a su bienestar.

Esta investigación no solo me ha permitido comprender la ciencia detrás de cada hito y desafío, sino que también me ha llevado a apreciar la diversidad y la singularidad de cada niño. Cada pequeño individuo es un mundo en sí mismo, y esta experiencia ha reforzado mi convicción de que un enfoque personalizado es esencial para entender y abordar sus necesidades.

Además, trabajar con niños en el contexto de la investigación me ha proporcionado una perspectiva valiosa sobre la importancia de la prevención y la intervención temprana. Observar cómo pequeñas intervenciones pueden tener un impacto significativo en el desarrollo futuro de un niño ha reforzado mi compromiso con la promoción de la salud desde las etapas más tempranas de la vida.

A nivel personal, esta experiencia ha contribuido significativamente a mi crecimiento como individuo. La conexión con estos niños, sus familias y mi equipo de investigación ha fortalecido mi habilidad para trabajar en colaboración y ha fomentado un sentido de responsabilidad hacia la comunidad.

## **1.2 En relación con su formación profesional**

La oportunidad de colaborar con niños que enfrentan patologías que presentan un riesgo en su neurodesarrollo ha representado un aprendizaje excepcional para mí. La diversidad de casos y la complejidad de las situaciones me han brindado una perspectiva única sobre la naturaleza variada de las condiciones neurológicas y su impacto en el desarrollo infantil. Este conocimiento adquirido ha sido esencial para mejorar mi comprensión global de la medicina y me ha permitido desarrollar habilidades específicas en el manejo de situaciones clínicas complejas, especialmente al enseñarme a identificar detalles pequeños que, de detectarse durante una consulta simple de rutina, pueden permitir que los pacientes reciban intervenciones que cambien completamente su calidad de vida.

Trabajar con niños con factores de riesgo neurológicos ha destacado la importancia de la empatía y la paciencia en el ámbito médico. Cada niño es único, y el abordaje de sus necesidades requiere un enfoque personalizado y comprensivo. Esta experiencia ha fortalecido mi capacidad para establecer conexiones significativas con los pacientes y sus familias, intentando brindarles el apoyo necesario para enfrentar los desafíos que implica una condición neurológica.

Además, he tenido la oportunidad de colaborar estrechamente con un equipo interdisciplinario, lo cual ha enriquecido mi perspectiva y me ha enseñado la importancia de la colaboración en el campo de la salud. La coordinación entre profesionales de diversas disciplinas ha demostrado ser fundamental para ofrecer un cuidado integral y holístico a estos niños, abordando no solo sus necesidades médicas, sino también sus aspectos emocionales y sociales.

La formación adquirida en este entorno me ha motivado a buscar continuamente oportunidades para contribuir al avance de la medicina y mejorar la calidad de vida de estos niños. Esta experiencia ha sido fundamental para mi desarrollo como médico y ha consolidado mi compromiso con la atención compasiva y efectiva de aquellos que más lo necesitan

### **1.3 En relación con su aportación a la comunidad**

El estudio del perfil neurofisiológico en niños con HC adquiere una importancia crucial, especialmente en entornos como Coyoacán, en donde que cuentan con un centro de referencia especializado para estos pacientes como lo es el Instituto Nacional de Pediatría, aún en estos tiempos.

Establecer un perfil cuantitativo del electroencefalograma en estos niños puede proporcionar información valiosa sobre posibles alteraciones que puedan afectar su rendimiento intelectual, permitiendo así justificar intervenciones tempranas y personalizadas, considerando especialmente que se cuenta con un centro de investigación dentro de este instituto que posee los recursos para darles seguimiento.

Asimismo, este trabajo contribuir a la investigación y generación de conocimiento en este campo. La recopilación de datos detallados sobre estos niños nos permite identificar patrones, correlaciones y posibles factores de riesgo que podrían pasar desapercibidos en entornos menos especializados. Este conocimiento puede alimentar la base científica y clínica, abriendo la puerta a nuevas estrategias de intervención y prevención que pueda contribuir a otorgar un cuidado de calidad un aún un mejor pronóstico para los pacientes con HC.

### **1.4 En relación con su institución educativa**

Algo que aprendí desde que entré a la Universidad Autónoma Metropolitana fue que desde ese día en adelante mi compromiso ético y profesional era con la comunidad. La medicina es un mundo sumamente amplio en el cual muchas veces es fácil dejarte guiar por el tratamiento más novedoso o la patología más extraña y, a pesar de que es importante estudiarlo, durante mi servicio social pude darme cuenta que siempre es importante detenerse a pensar en patologías simples, que se creen resueltas ya con un tratamiento sustitutivo, y darles enfoques distintos que nos permitan reconsiderar si nuestras acciones están dando el máximo beneficio.

La investigación a nivel universitario desempeña un papel crucial en el desarrollo y avance del conocimiento en diversas disciplinas, alimenta la curiosidad intelectual y fomenta la exploración de nuevas ideas y teorías, además de cultivar habilidades analíticas y críticas. Una de las razones por las que elegí esta universidad como mi alma máter fue mi interés por este campo, el concluir en esta modalidad mi

licenciatura me permitió explorar una nueva manera de abordar desafíos de la sociedad y generar nuevos conocimientos, lo cual impulsa mi anhelo por continuar en esta área, buscando maneras de contribuir al avance global del conocimiento y el cambio positivo en algo que me apasiona tanto, como lo es la medicina.