

**CARACTERIZACIÓN DE LA DOBLE CARGA DE MALNUTRICIÓN EN
POBLACIÓN COLOMBIANA MENOR DE 5 AÑOS, A PARTIR DE LA
ENCUESTA ENSIN 2015, MEDIANTE ANALÍTICA DE DATOS.**

MARÍA ANGÉLICA POLANÍA MACIAS

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.006.512.633

DIRECTOR: Francisco Lamus Lemus



**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRIA EN ANALITICA APLICADA
BOGOTÁ, D.C.
2023**

PAGINA DE ACEPTACIÓN

Francisco Lamus Lemus

Director del Proyecto

Jurado: Dr. Erwin Hernando Hernández
Rincón

Director del grupo de investigación del
grupo de Medicina Familiar y Salud de la
Población

Jurado: María Victoria Benjumea R.

Jurado : Diana Marcela Diaz Quijano

CONTENIDO

PAGINA DE ACEPTACIÓN	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE gráficas	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	11
1. PREGUNTA PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS	12
2.1. General	12
2.2. Especificos.....	13
3. MARCO CONCEPTUAL	13
3.1. marco teórico	14
3.1.1. Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia	17
3.1.2. Doble carga de malnutrición.....	18
3.1.3. Clasificación variables dependientes	19
3.2. Marco teórico métodos utilizados	20
3.2.1. Imputación por KNN	21
3.2.2. Análisis de correspondencias múltiples	22
3.2.3. Modelo lineal generalizado.....	22
3.2.4. Modelo logístico multinomial	23
3.2.5. SHAP	24
3.3. Justificación	24
3.4. Estado del arte.....	25
4. Metodología	27
5. Resultados	29
5.1. Descripción de prevalencias.....	29
5.1.1. Modelos Predictivos	32
5.2. Modelo logístico multinomial	36
5.2.1. IMC	36
5.2.2. Peso para la talla	38
5.2.3. Talla para la edad	40
5.3. Análisis de correspondencias múltiples	43
5.3.1. IMC	43
5.3.2. Peso para la talla	44

5.3.3. Talla para la edad	45
5.4. Análisis SHAP.....	46
5.4.1. IMC	46
5.4.2. Peso para la talla	48
5.4.3. Talla para la edad.....	50
5.5. Gráficos Geolocalización.....	51
5.5.1. IMC	51
5.5.2. Peso para la talla	53
5.5.3. Talla para la edad.....	54
5.5.4. Talla baja con sobrepeso	56
5.5.5. Talla baja con obesidad.....	56
5.5.6. Talla baja con delgadez.....	57
6. Discusión	58
7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	60
8. referencias bibliográficas	61
8. Anexos	67

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación peso para la talla</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. Clasificación talla para la edad</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Clasificación índice de masa corporal</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4. Obesidad</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5. Sobrepeso</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6. Talla baja</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7. Malnutrición</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8. Talla baja con obesidad</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 9. Talla baja con delgadez</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10. Talla baja con sobrepeso.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11. índice de masa corporal.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 12. Peso para la talla.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13. Talla para la edad.....</i>	<i>41</i>

LISTA DE GRÁFICAS

<i>Gráfico 1. PT vs Sexo.....</i>	<i>30</i>
-----------------------------------	-----------

Gráfico 2. IMC vs Sexo.....	30
Gráfico 3. Sobrepeso vs Sexo.....	30
Gráfico 4. TE vs Sexo.....	30
Gráfico 5. Obesidad vs Sexo.....	30
Gráfico 6. PT vs Etnia.....	31
Gráfico 7. IMC vs Etnia.....	31
Gráfico 8. Sobrepeso vs Etnia.....	31
Gráfico 9. TE vs Etnia.....	31
Gráfico 10. Obesidad vs Etnia.....	31
Gráfico 11. Probabilidad obesidad.....	37
Gráfico 12. Probabilidad sobrepeso.....	37
Gráfico 13. Probabilidad IMC normal.....	38
Gráfico 14. Probabilidad desnutrición aguda severa.....	39
Gráfico 15. Probabilidad desnutrición aguda.....	39
Gráfico 16. Probabilidad normal peso talla.....	39
Gráfico 17. Probabilidad riesgo nutricional agudo.....	39
Gráfico 18. Probabilidad sobrepeso.....	40
Gráfico 19. Probabilidad obesidad.....	40
Gráfico 20. Probabilidad riesgo talla baja.....	42
Gráfico 21. Probabilidad talla baja.....	42
Gráfico 22. Probabilidad normal talla.....	42
Gráfico 23. Probabilidad riesgo talla baja.....	43
Gráfico 24. Probabilidad talla baja.....	43
Gráfico 25. Probabilidad normal talla.....	43
Gráfico 26. Contribución de las categorías IMC.....	44
Gráfico 27. Importancia de las categorías IMC.....	44
Gráfico 28. Importancia de las categorías PT.....	45
Gráfico 29. Contribución de las categorías PT.....	45
Gráfico 30. Contribución de las categorías TE.....	46
Gráfico 31. Importancia de las categorías TE.....	46
Gráfico 32. Contribución de las categorías IMC.....	47
Gráfico 33. Impacto de las categorías IMC.....	47
Gráfico 34. Riesgo agua - subregión IMC.....	47
Gráfico 35. Impacto de las categorías PT.....	49
Gráfico 36. Contribución de las categorías PT.....	49
Gráfico 37. Riesgo sexo - edad PT.....	49
Gráfico 38. Contribución de las categorías TE.....	50
Gráfico 39. Impacto de las categorías TE.....	50
Gráfico 40. Riesgo sexo - edad TE.....	51
Gráfico 41. Proporción sobrepeso.....	52
Gráfico 42. Proporción obesidad.....	52
Gráfico 43. Proporción normal IMC.....	52
Gráfico 44. Proporción desnutrición aguda.....	53
Gráfico 45. Proporción desnutrición aguda severa.....	53

<i>Gráfico 46. Proporción normal peso talla.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico 47. Proporción riesgo desnutrición aguda</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico 48. Proporción sobrepeso</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico 49. Proporción obesidad.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico 50. Proporción riesgo talla baja.....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfico 51. Proporción talla baja.....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfico 52. Proporción normal talla.....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfico 53. Proporción talla baja con sobrepeso.....</i>	<i>56</i>
<i>Gráfico 54. Proporción talla baja con obesidad.....</i>	<i>57</i>
<i>Gráfico 55. Proporción talla baja con delgadez.....</i>	<i>57</i>

RESUMEN

Introducción

Para entender cómo se viene manifestando esta expresión de la doble carga de malnutrición en la población colombiana se estudiaron los datos antropométricos y sociodemográficos de menores de 5 años de la última ENSIN disponible en el momento del estudio, la ENSIN 2015. Se calculó la prevalencia de las condiciones nutricionales para menores de 5 años a partir de la utilización de las variables peso, talla y edad y los indicadores antropométricos derivados, peso para la talla, talla para la edad e índice de masa corporal, cada uno de los cuales permite una clasificación antropométrica nutricional. Estos indicadores son un reflejo del estado nutricional de los individuos es decir una relación entre nutrientes e ingesta de energías según el sexo, actividad física, entre otros, que además, por el diseño muestral de la ENSIN 2015 permite inferencias poblacionales a nivel nacional, de cabeceras municipales (tipos 1, 2 y 3), para seis regiones, catorce subregiones y 32 departamentos.

Objetivo

Caracterizar la doble carga de malnutrición colombiana en menores de 5 años a partir del estudio de la dinámica de los datos antropométricos medidos en la ENSIN 2015 mediante técnicas de análisis estadísticos.

Metodología

Metodológicamente se realizó un análisis estadístico y de machine learning, implementando metodologías de representaciones gráficas mediante técnicas multivariantes, implementación de modelos de caracterización para observar el comportamiento de las prevalencias de la condición nutricional según indicadores antropométricos (referencias, índices y puntos de corte), su asociación con factores sociodemográficos, la expresión de la doble carga de malnutrición en sujetos a nivel nacional y por regiones.

Resultados

La caracterización mediante el modelo logístico multinomial ordinal y los dos análisis de contribuciones de las variables nos muestra resultados interesantes en varias regiones de Colombia y variables demográficas con mayor impacto en los tres indicadores antropométricos. La etnia indígena es un factor que afecta la transición nutricional de niños con riesgo para talla baja y talla baja, especialmente en la Guajira y Vaupés.

Conclusiones

Con base en lo reportado podemos concluir que los modelos de Machine Learning implementados, tales como: modelo logístico multinomial ordinal, ACM y SHAP permite focalizar, especificar y referenciar espacialmente subgrupos poblacionales que están reflejando la doble carga de malnutrición que a su vez es una expresión potencial de la carga de enfermedad que se deriva de este doble flagelo como lo es el haber padecido una condición carencial a la que se le sobreagrega posteriormente el sobrepeso y la obesidad.

Palabras Clave: Antropometría, malnutrición, modelos logísticos, transición nutricional

ABSTRACT

Introduction

To understand how this expression of the double nutritional burden is manifesting itself in the Colombian population, the anthropometric and sociodemographic data of children under 5 years of age from the last ENSIN available at the time of the study, ENSIN 2015, were studied. The prevalence of the nutritional conditions for children under 5 years of age based on the use of the variables weight, height and age and the derived anthropometric indicators, weight for height, height for age and body mass index, each of which allows an anthropometric classification nutritional. These indicators are a reflection of the nutritional status of individuals, that is, a relationship between nutrients and energy intake according to sex, physical activity, among others, which also, due to the sample design of the ENSIN 2015, allows population inferences at the national level, of municipal seats (types 1, 2 and 3), for six regions, fourteen subregions and 32 departments.

Objective

Characterize the double burden of Colombian malnutrition in children under 5 years of age from the study of the dynamics of anthropometric data measured in the ENSIN 2015 using statistical analysis techniques.

Methodology

Methodologically, a statistical and machine learning analysis was carried out, implementing graphical representation methodologies using multivariate techniques, implementation of characterization models to observe the behavior of the prevalence of nutritional status according to anthropometric indicators (references, indices and cut-off points), their association with sociodemographic factors, the expression of the double burden of malnutrition in subjects at the national level and by region.

Results

The characterization using the ordinal multinomial logistic model and the two analysis of the contributions of the variables shows us interesting results in several regions of Colombia and demographic variables with the greatest impact on the three anthropometric indicators. Indigenous ethnicity is a factor that affects the nutritional transition of children at risk for short stature and stature, especially in Guajira and Vaupés.

Conclusions

Based on what has been reported, we can conclude that the Machine Learning models implemented, such as: ordinal multinomial logistic model, ACM and SHAP, allow us to focus, specify and spatially reference population subgroups that are reflecting the double burden of malnutrition, which in turn is an expression potential of the burden of disease that derives from this double scourge such as having suffered from a deficiency condition to which overweight and obesity are subsequently added.

Keywords: Anthropometry, malnutrition, logistic models, nutritional transition

INTRODUCCIÓN

La doble carga de malnutrición se define de diferentes maneras de acuerdo con la coexistencia de estados nutricionales diferentes en comunidades, familias o intraindividualmente. La denominación del fenómeno tiende a consolidarse como doble carga de malnutrición [1], sin embargo, se le encuentra también como doble carga nutricional [2], o inclusive como triple carga de malnutrición cuando a la coexistencia de desnutrición proteico calórica y sobrepeso y/o obesidad se suman problemas carenciales de micronutrientes [3]. En particular la condición en niños menores de 5 años también se le ha denominado “short- and plump syndrome”, se ha descrito además que niños que han tenido una baja talla nutricional pueden tener más probabilidad de desarrollar sobrepeso y obesidad [4]. Este fenómeno atribuible a determinantes sociales pues estar acentuando la carga de la enfermedad en grupos más vulnerables como ya se ha descrito en Colombia [5].

La doble carga de malnutrición se refiere a niños con manifestación simultánea de desnutrición, sobrepeso y/o obesidad. [6] Esta expresión de la doble carga de malnutrición se evidencia en el aumento de peso secundario a cambios en el estilo de vida particularmente la baja actividad física y el aumento en el consumo de alimentos, cuando previamente han sido afectados por una condición nutricional carencial en el aporte proteico-calórico que ha dejado una huella antropométrica evidenciable en la baja talla.

También es importante tener en cuenta que la doble carga de malnutrición se empezó a reportar en la década de los 90, cuando encuentran que la malnutrición sea carencial o por exceso, es por defecto, un problema para la salud. En Latinoamérica desde el año 2000 se empieza a encontrar un marcado incremento de personas obesas a pesar de que la desnutrición continúa afectando la población en distintas regiones. [7]

Debido a la relevancia que tiene conocer con mayor detalle cómo se presenta este problema en el contexto colombiano, se realiza un análisis de la doble carga de malnutrición por medio de tres modelos analíticos, prediciendo las características que afectan la doble carga de malnutrición utilizando tres indicadores antropométricos diferentes, peso para la talla, talla para la edad y el índice de masa corporal, a partir de la información recolectada en la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) 2015. Los modelos analíticos utilizados fueron la regresión logística multinomial ordinal, el análisis de correspondencias múltiples y el análisis Shapley Additive Explanations (SHAP).

Por último, se realizó la geolocalización para los indicadores antropométricos anteriormente mencionados, para describir la situación nutricional de menores de 5 años en el país y sus regiones, factores sociodemográficos asociados y la proporción de niños y niñas que están siendo afectados simultáneamente por una doble carga de malnutrición.

1. PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo se expresa la doble carga de malnutrición en menores de 5 años de la población colombiana a partir del estudio de los datos antropométricos medidos en la ENSIN 2015 ?

2. OBJETIVOS

2.1.GENERAL

Caracterizar la doble carga de malnutrición colombiana en menores de 5 años a partir del estudio de la dinámica de los datos antropométricos medidos en la ENSIN 2015 mediante técnicas de análisis estadísticos.

2.2. ESPECÍFICOS

- Describir la prevalencia de diferentes tipos de malnutrición proteico-calórica manifiesta a través de los índices obtenidos de medidas antropométricas a partir del peso, talla, edad y sexo de niños menores de 5 años en la ENSIN 2015.
- Caracterizar la situación nutricional a nivel país y diferentes subgrupos poblacionales por regiones con base en los modelos logístico multinomial ordinal, análisis de correspondencias múltiples y análisis SHapley Additive exPlanations (SHAP).
- Clasificar la situación nutricional por región en niños menores a 5 años con base en la paquetería geopandas.

3. MARCO CONCEPTUAL

La doble carga de malnutrición es la coexistencia de desnutrición en las primeras etapas de vida de una persona, donde contribuye a la propensión de sobrepeso y/o obesidad en una edad adulta. [8]

La desnutrición crónica es provocada por la falta de alimentos ricos en nutrientes durante los primeros 1000 días de vida, esto afecta diversos aspectos para el desarrollo intelectual y físico. Un niño con desnutrición crónica presenta retraso en el crecimiento para la edad y además disminuye sus habilidades cognitivas. [9]

La ENSIN es una encuesta estadística en torno al estudio de la nutrición de la población colombiana, donde la encuesta es medida en zonas estratégicas del país y siendo insumo para la medición de indicadores de seguridad alimentaria y nutricional. [10] La primera aparición de la encuesta ENSIN fue en el año 2005, donde su principal objetivo fue describir la situación nutricional con ayuda de otras entidades de la salud.

La doble carga de malnutrición intraindividual viene siendo expuesta cómo un factor que afecta a grupos poblacionales previamente ha sido descrito en la ENSIN 2010 y es relevante reportar su evolución al contar con los datos ENSIN 2015 (hasta ahora), ya que se ha visto cómo grupos particularmente vulnerables pueden ser los más afectados por las consecuencias que tiene para la salud el haber sido afectados por problemas nutricionales carenciales además del sobrepeso y/o obesidad.[11]

En este caso, en la doble carga de malnutrición, se puede dar un enfoque analítico diferente implementando modelos, para observar el comportamiento de las variable demográficas a partir de las variables dependientes, peso para la talla, talla para la edad e índice de masa corporal.

3.1.MARCO TEÓRICO

El sobrepeso y la obesidad se han venido sumando a la desnutrición como una expresión de la transición epidemiológica polarizada prolongada [12], propia de grupos poblacionales donde no se han superado los factores determinantes del grupo de enfermedades transmisibles cuando empiezan a ser igualmente

relevantes las enfermedades no transmisibles como son las causadas por el sobrepeso y la obesidad.

Durante el siglo XX cambiaron muchas conductas de alimentación en la humanidad debido a los avances que año a año se está viviendo dado la industrialización y el avance de un país que ha transitado de tener población con ingresos bajos a ingresos medios – altos. [13] Estos cambios han tenido consecuencias en el estilo de vida de las personas, teniendo hábitos diferentes en la alimentación y además en la baja frecuencia de actividad física en las familias colombianas, llevando esto a varias preocupaciones relacionadas con la salud y uno de sus determinantes fundamentales, su condición nutricional, de ahí, la relevancia que ha cobrado el tránsito hacia altas prevalencias de sobrepeso y obesidad en la población general desde edades más tempranas, lo cual constituye un problema cada vez más relevante para la salud pública. [13]

Desde hace décadas se discute sobre la inminente pandemia de la obesidad en las personas, esto se debe a las dependencias de alimentos procesados, incremento de bebidas azucaradas, aceites y grasas saturadas, además de la disminución de la actividad física propias de formas de vida urbanas occidentales. La transición progresiva hacia esta forma de vida se ha reportado desde la década de 1990 en poblaciones que incluyen las de países con ingresos medios y bajos, por lo cual es cada vez mayor la prevalencia de enfermedades crónicas derivadas de esa forma de vida por medio de enfermedades como la hipertensión, la diabetes, y otras enfermedades cerebrovasculares [14].

En Colombia y Latinoamérica, al menos la mitad de la población tienen obesidad y sobrepeso. Es una problemática que va en crecimiento, reportados en la Encuesta Sobre la Situación Nutricional en Colombia ENSIN. Según reportes hechos por la ENSIN entre las encuestas 2005 y 2010 el sobrepeso en personas adultas tuvo un crecimiento del 5,3% aproximadamente [13]. Así como la obesidad y el sobrepeso

son un problema creciente la desnutrición en los últimos 8 años murieron 4770 niños colombianos [9].

Según “*La Encuesta Nacional de Situación Nutricional ENSIN para el año 2010 en Colombia 1 de cada 8 niños hasta los 5 años padece de desnutrición*” [15], el 3,4% de los niños padecen de deficiencia del peso para la edad, siendo esto con el tiempo una problemática, ya que se puede volver un caso de desnutrición crónica. Por otro lado, la tasa de deficiencia de altura para la edad para los niños es de 13,2% aproximadamente. [15]

Unos de los indicadores de diagnóstico del estado nutricional más fácilmente aplicables a los grandes grupos poblacionales es la evaluación antropométrica. Unas de las ventajas de su aplicabilidad es comparar los valores individuales con estándares de referencia internacionales, entre otras para la valoración del estado nutricional y el crecimiento de niños y adolescentes. Al registrar la edad, sexo con variables antropométricos como la talla, peso, circunferencia media del brazo izquierdo, área grasa, área muscular, entre otros, se pueden obtener índices para comparar con tablas de referencia. Dentro de los índices más utilizados están peso para la talla, talla para la edad e índice de masa corporal. Al combinar los resultados de tablas de referencias con puntos de cortes para los distintos índices se pueden sacar indicadores para determinar el estado nutricional del sujeto evaluado. De igual manera este procedimiento permite calcular las prevalencias del estado nutricional de grupos poblacionales evaluados antropométricamente [16].

Según el instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia [17] algunos de los términos que serán utilizados en esta investigación son los siguientes:

- **“Antropometría:** se refiere a una medida de las proporciones del cuerpo.
- **Desnutrición :** Es el peso para la edad, peso para la talla o talla para la edad. Esta puntuación está por debajo de $z-2$ y -3 .

- **Obesidad:** Es el índice de masa corporal IMC para la edad. Su puntuación está por encima z 3.
- **Índice de masa corporal IMC:** Es el número que describe el peso una persona, longitud/talla.
- **Longitud talla para la edad:** Es un indicador que relaciona la longitud con la edad de un niño.
- **Peso bajo para la talla:** Es un indicador que indica bajo peso para la longitud o talla del niño, también es denominado desnutrición aguda. Su puntuación está por debajo de z -2.
- **Puntos de corte:** Son los puntos que nos permiten identificar la población que actualmente sufre o puede padecer de algún problema nutricional.
- **Sobrepeso:** Es el peso excesivo para la longitud o talla de una persona. La puntuación del IMC está por encima de z 2 y por debajo de z 3.” [17]

3.1.1. Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia

La encuesta ENSIN, fue construida en el año 2005 por el Instituto Colombiano del Bienestar Familiar (ICBF), para el continuo seguimiento de la situación nutricional en Colombia, con ayuda de otras entidades, cómo Profamilia, Universidad de Antioquia e Instituto Nacional de Salud (INS). [18]

Desde el año 2005 y luego en el 2010 la ENSIN informó sobre el estado nutricional de la población colombiana, por medio de indicadores bioquímicos y antropométricos, seguridad alimentaria de los hogares, actividad física, lactancia materna, entre otras. Además, siguió presentando los reportes que proporcionaba la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) sobre antropometría de niños y niñas menores de 5 años y lactancia materna. [18]

La composición de la encuesta está dividida por condiciones socioeconómicas de la población estudiada y salud. Además, incluye otras variables relacionadas con las condiciones habitacionales, tales como: accesos al servicios públicos (comunales o privados), fuentes de aguas, entre otros. También, las condiciones socioeconómicas (actividades económicas – ingresos) y características de los miembros del hogar, tales como: la etnia, sexo, edad, entre otros. Y por último, la formación educativa y otras variables relacionadas con el estado de salud. [18]

La encuesta tuvo representatividad a nivel nacional en áreas urbanas y rurales para seis regiones, 14 subregiones y 32 departamentos con población entre 0 a 64 años con residencia en los hogares seleccionados. [18]

La encuesta ENSIN se sigue realizando cada cinco años, la última realizada en el 2020, sin embargo, los últimos datos encontrados son las del 2015 de donde fueron obtenidos los datos para esta investigación.

3.1.2. Doble carga de malnutrición

Existe una coexistencia de desnutrición, es decir, el retraso en el crecimiento o delgadez y la sobrenutrición, que es el sobrepeso y la obesidad es mayormente conocida cómo la doble carga de malnutrición. Este fenómeno se ha empezado a reportar en distintos estudios que relacionan altas prevalencias de desnutrición y sobrenutrición que coexisten en distintos miembros dentro de una comunidad, una familia o intraindividualmente. Recientemente se encuentran reportes que evidencian la simultaneidad de bajas tallas de origen nutricional con sobrepeso u obesidad en un mismo individuo desde edades tempranas. [19]

En otros estudios se han reportados que las niños y adolescentes que presentaban desnutrición eran en sectores desfavorecidos de la población y las personas con presencia de obesidad eran los más ricos. Pero, hay algunos cambios recientes, donde la presencia de esta enfermedad es opuesta. En distintos estudios, se ha

observado que madres con sobrepeso u obesidad tienen niños con bajo peso en el mismo hogar [20].

En distintos estudios en Colombia ya han mostrado el fenómeno de la doble carga de malnutrición en comunidades, hogares e intraindividualmente con datos que reportan el proceso entre los años 2000, 2005 y 2010 a nivel de país y en el año 2006 en hogares Antioqueños [21].

3.1.3. Clasificación variables dependientes

Las variables que conforman el estudio están contempladas en la parte de anexos, donde especifica el significado de cada variable y sus correspondientes categorías.

Cabe resaltar que para clasificar las variables dependientes clasificación final peso-talla (PT), clasificación final talla-edad (TE) y clasificación final índice de masa corporal (IMC), se basaron respecto a las variables numericas WHZ, HAZ Y BAZ, que según el “instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia” creada por el ICBF y el INS su clasificación es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación peso para la talla

Punto de corte (Desviación Estandar)	Denominación
< -3	Desnutrición aguda severa
< -2	Desnutrición aguda
≥ -2 al ≤ -1	Riesgo de peso bajo para la talla
≥ -1 al ≤ -1	Peso adecuado para la talla
> 1 al ≤ 2	Sobrepeso
> 2	Obesidad

Fuente: “«Instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia para Niños, Niñas y Adolescentes de 0 a 18 Años,» Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2010.” [22]

Tabla 2. Clasificación talla para la edad

Punto de corte (Desviación Estandar)	Denominación
< -2	Talla baja para la edad
≥ -2 a < -1	Riesgo de talla baja
≥ -1	Talla adecuada para la edad

Fuente: “«Instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia para Niños, Niñas y Adolescentes de 0 a 18 Años,» Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2010.” [22]

Tabla 3. Clasificación índice de masa corporal

Punto de corte (Desviación Estandar)	Denominación
> 1 a ≤ 2	Sobrepeso
> 2	Obesidad
≥ -1 a ≤ 1	Normal IMC

Fuente: “«Instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia para Niños, Niñas y Adolescentes de 0 a 18 Años,» Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2010.” [22]

3.2. MARCO TEÓRICO MÉTODOS UTILIZADOS

A continuación, se revisan los métodos para la imputación de datos para el manejo de datos faltantes, modelos de predicción para la caracterización y focalización por subgrupos poblacionales y el mapa de geolocalización para ilustrar su ubicación geográfica. Todos ellos utilizados para cumplir el propósito de este trabajo.

3.2.1. Imputación por KNN

En un conjunto de datos se puede encontrar valores faltantes. Al no tratar esto, es usual que la información quede incompleta y no se pueda llegar a conclusiones, debido a los sesgos potencialmente generados. Por ello, existen métodos de imputación de datos que ayudan al suplir los datos faltantes a partir de la información disponible para obtener una información completa y consistente con los datos existentes.

Para esto se recurre al modelo K-Nearest-Neighbor que es una rama algorítmica del aprendizaje automatizado, la cual ayuda a clasificar y predecir, buscando el valor o vecino más cercano por factores comunes, siendo este un algoritmo supervisado. Su proceso interno clasifica los datos que no tienen 'etiqueta' o 'información', convirtiéndola en un dato consistente por medio de su vecino más cercano. Dado esto, se utiliza una métrica llamada distancia euclidiana. [23]

$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_i - q_i)^2} \quad (1)$$

El parámetro n al implementar el modelo, se utiliza tres vecinos más cercanos por medio de la distancia euclidiana. [23]

3.2.2. Análisis de correspondencias múltiples

El análisis de correspondencias múltiples es una forma de medir la contribución de las variables categóricas por medio de la métrica chi-cuadrado. *“La información de partida es una matriz de dimension IJ, que representa las frecuencias absolutas observadas de dos variables cualitativas en n elementos. La primera variable se representa por filas, y suponemos que toma I valores posibles, y la segunda se representa por columnas, y toma J valores posibles”* [24]

El propósito del análisis de correspondencias múltiples (ACM) y del análisis de componentes principales (ACP) es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos generando columnas denominadas ejes, donde se evidencian diferencias en los datos dadas diferentes combinaciones entre ellas, donde se obtiene finalmente gráficos y tablas que nos muestran las distancias entre las variables. [25]

3.2.3. Modelo lineal generalizado

Un modelo lineal generalizado es denominado con las siglas GLM. Es una extensión del modelo lineal, donde es representado con distintas distribuciones que pertenecen a la familia exponencial, como binomial o gamma, entre otros. Los creadores son Wedderburn y Nelder en el año 1972, con el objetivo de unificar modelos estadísticos.[27]

Un modelo de regresión múltiple se ve representado de la siguiente forma:

$$E[Y] = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_K X_K \quad (6)$$

Esto quiere decir que hay una relación lineal entre X y E[Y]. Un modelo lineal generalizado tiene tres componentes:

- Componente aleatorio: Es la variable dependiente 'Y', con observaciones independientes, donde todos los distintos modelos que se ejecuten se podrán ver incluidos en la familia exponencial [27]:

$$f(y; \theta, \phi) = \exp \left[\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} \right] + c(y, \phi) \quad (7)$$

- Componente sistemático: Representa a las variables que se quiere predecir, en este caso X y se ve relacionada de la siguiente forma [27] :

$$\alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (8)$$

- Está fórmula se ve representado cómo un predictor lineal, pero alternamente un vector η_i se ve de la siguiente forma [27] :

$$\eta_i = \sum_j \beta_j x_{ij} \quad (9)$$

- Función enlace: Esta función relaciona al valor esperado de Y, E[Y] y las variables explicativas. La función enlace es transformada por el parámetro θ [27] :

$$g(E[Y]) = \theta \quad (10)$$

3.2.4. Modelo logístico multinomial

El modelo logístico multinomial tiene una parametrización diferente al modelo logit común, ya que una de las características de este modelo es la ordinalidad de la variable dependiente y dos o más categorías. Según Agresti, 'Y' es la probabilidad acumulada de la variable respuesta, donde $Y \leq j$ [28]:

$$P(Y \leq j|x) = \pi_1(x) + \dots + \pi_j(x), j = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

Donde, los logísticos acumulados son:

$$\text{logit}[P(Y \leq j|x)] = \log \frac{P(Y \leq j|x)}{1 - P(Y \leq j|x)} = \log \frac{\pi_1(x) + \dots + \pi_j(x)}{\pi_1(x) + \dots + \pi_j(x)}, j = 1, \dots, J - 1 \quad (12)$$

Según Agrest [28], el modelo logit acumulado es:

$$\text{logit}[P(Y \leq j|x)] = \alpha_j + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p \quad (13)$$

Los modelos logísticos tienen un intercepto α_j crecientes de j teniendo los efectos de β .

3.2.5. SHAP

El modelo SHAP es mayormente conocido como un enfoque de la teoría de juegos, donde explica los resultados de la predicción de cualquier modelo de machine learning. Su funcionamiento se basa en demostrar la explicación de cada variable mediante los valores de Shapley de la teoría de juegos. [29]

Los valores que Shapley nos indican cómo distribuir de una manera adecuada e igualitaria la predicción entre las variables. SHAP trae una explicación similar a la de un modelo lineal, donde se puede explicar de la siguiente forma [29] :

$$g(z') = \phi_0 + \sum_{j=1} \phi_j z'_j \quad (14)$$

Donde g pertenece al modelo de $z' \in \{0,1\}$ es el vector de la coalición. Los vectores de coalición son las mismas características resumidas es el resultado del SHAP.

3.3. JUSTIFICACIÓN

El análisis que se realizó está enfocado en descubrir las características que afectan la doble carga de malnutrición para niños entre 0 y menos de 5 años, por medio de modelos analíticos, tales como modelos logísticos multinomiales ordinales, análisis de correspondencias múltiples y análisis SHAP.

Al incorporar análisis de este tipo con la información suministrada por la ENSIN 2015, se puede lograr encontrar la significancia de algunas variables respecto a las tres variables dependientes (IMC, peso para la talla y talla para la edad), siendo esto un aporte importante para determinar las características que influyen en la expresión de este fenómeno en subgrupos poblacionales particulares caracterizados por algunas variables independientes tales como: sexo, área, edad, región, subregión, estrato socioeconómico, alcantarillado, acceso a agua potable y centros de salud entre otras.

Los modelos anteriormente mencionados son una combinación de modelos estadísticos con modelos de Machine Learning. Estas dos ramas de la analítica ayudan a complementar los resultados para tener certeza de las variables que influyen en la caracterización de la doble carga de malnutrición en la ENSIN 2015.

3.4. ESTADO DEL ARTE

En la ENSIN 2010 ya se reportó avances en la incorporación de variables y consideraciones muestrales que reflejaran mejor los fenómenos alimentarios nutricionales que se dan en zonas rurales y apartadas donde ya se puede ver la aparición de distintas expresiones de la doble carga de malnutrición en poblaciones más vulnerables por sus condiciones respecto a las distancias a centros urbanos y ubicados más hacia las regiones periféricas del país. [30]

A nivel internacional se han realizado diferentes estudios de investigación aplicando analítica de datos para observar la nutrición, uno de ellos hablan sobre correlacionar el estado nutricional de las personas hospitalizada con la morbilidad, tiempo de estadía en el hospital y mortalidad. [31]

En India se llevó a cabo un estudio donde diseñan un modelo de predicción de factores relacionados con la alta prevalencia de desnutrición en ese país, para ello se basaron en la encuesta de demografía y salud de la India (IDHS). En la predicción del modelo se identifican algunas características importantes para el estudio siendo estas variables demográficas, tales como los bajos ingresos de las familias los identificados como las variables que inciden en las altas prevalencias de desnutrición. [32]

Por otro lado, en Noruega se realizó un estudio aplicando machine learning para encontrar los factores que afectan el sobrepeso y obesidad, donde el análisis se basó en datos de hombres y mujeres entre 20 y 60 años, utilizando modelos de regresión y clasificación. Algunos de los factores que encontraron con significancias relacionales fueron el sexo, ser fumadores y las prácticas religiosas. [33]

En otro estudio se reporta como se presenta la doble carga de malnutrición a nivel intraindividual manifiesta retraso de crecimiento unido al sobrepeso y la obesidad en niños y jóvenes indígenas. El objetivo de este artículo es observar la prevalencia de esta problemática a través del tiempo en las poblaciones indígenas de Guatemala. Los resultados se basan en pruebas estadísticas para evaluar las diferencias de una persona sin pertenencia étnica en contraste con los de etnia indígena. [34]

En China, los niños enfrentan una doble carga de malnutrición, debido al rápido crecimiento económico que ha llevado al acelerados cambios alimenticios en las

últimas décadas, llegando al sobreponerse en los mismos sujetos antecedentes de malnutrición carencial manifiestas en retraso del crecimiento quienes se sobreponen condiciones de sobrepeso y obesidad a medida que pasan los años. [35]

4. METODOLOGIA

Se realizó un estudio con base en datos de una sola muestra representativa a nivel nacional del año 2015. La información se obtiene al partir ENSIN 2015 de Colombia, donde por medio de un muestreo estratificado probabilístico, multietápico se logra la representatividad para 14 subregiones y 32 departamentos. Adicionalmente, en la primera parte de la encuesta se seleccionan “*Unidades Primarias de Muestreo (UPM)*” y fueron más de 7.500 habitantes encuestados. Las viviendas con poca población se unieron a municipios cercanos con similitud en la variable socioeconómica y del mismo Departamento. [36]

El conjunto de datos está formada por niños menores de cinco años que fueron encuestados en la ENSIN 2015, con un total de 12 mil niños. Los datos están conformados por variables demográficos y antropométricas, donde por medio de los datos antropométricos se hace la clasificación de las tres variables dependientes (peso para la talla, talla para la edad e índice de masa corporal) con base en la clasificación de los intervalos mencionados en el marco teórico.

Las variables independientes son demográficas tales como: sexo, área, edad, región, subregión, estrato socioeconómico, alcantarillado, acceso a agua potable y centros de salud entre otras.

En el análisis de datos, inicialmente se realizó un análisis descriptivo, donde en primer lugar se observan datos nulos en las variables numéricas peso para la talla, talla para la edad e índice de masa corporal. Luego, se implementó el modelo de imputación de datos KNN. A continuación, se realizó un análisis de los datos por medio de diagramas de barras y un análisis por medio del modelo logístico con una primera reclasificación de siete variables (sobrepeso, obesidad, talla baja, malnutrición, talla baja con obesidad, talla baja con sobrepeso y talla baja con delgadez) con dos categorías cada uno de 'Si' y 'No', para observar el comportamiento inicial de las variables.

El modelo logístico multinomial se utilizó para un conjunto de datos con variable dependiente o predictora con más de dos categorías, en este caso es un modelo que predice tres variables (peso para la talla, talla para la edad y índice masa corporal) con más de dos categorías; donde se quiere predecir cuáles son las variables independientes que afectan la doble carga de malnutrición.

El análisis de correspondencias múltiples y el modelo SHAP ayudaron a identificar esas mismas variables independientes importantes para el estudio, pero cada uno con diferente forma de visualización. En el caso del análisis de correspondencias múltiples, la visualización es de una forma más específica, mostrando la importancia en las variables y las categorías de cada una y la relación que tiene entre categorías. Por otro lado, el modelo SHAP mostró su aporte a partir del orden presentado en el gráfico y su interpretación es basada en el "feature value" donde se evidencia una línea de calor diferencial por colores visible en el gráfico 33.

Por último, los gráficos de geocalización tuvieron el objetivo de mostrar los casos de la doble carga de malnutrición que se están presentando por cada Departamento donde entre más intenso sea el color en el gráfico, es donde más niños están afectados por la condición del estado nutricional que se quiere evidenciar.

5. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DE PREVALENCIAS

En las gráficas 1, 2, 3, 4 y 5 se puede observar el comportamiento de las variables IMC, peso para la talla (PT), talla para la edad (TE), talla baja con sobrepeso y talla baja con obesidad con respecto a la variable sexo. En las 5 gráficas se mantiene una tendencia hacia niños sin ninguna afectación de estas condiciones. También, hay una tendencia pequeña de más niños afectados por esta condición en contraste con las niñas que la expresan. En el caso del IMC, el 20% de los niños tienden a tener sobrepeso en contraste con un 19% de las niñas. Además, el comportamiento es similar para niños y niñas con riesgo en talla baja presentado en el gráfico 3, con un 20%.

Cabe resaltar el significado de cada sigla en cada gráfico:

Gráfico 1

NPT : Normal para peso talla.

SPT : Sobrepeso para peso talla.

RNA : Riesgo nutricional agudo.

OPT : Obesidad para peso talla.

DA : Desnutrición aguda.

Gráfico 3

NTE : Normal talla para la edad.

RTB : Riesgo talla baja.

TBE : Talla baja para la edad.

Gráficos 4 y 5

TBS : Talla baja con sobrepeso.

TBO : Talla baja con obesidad.

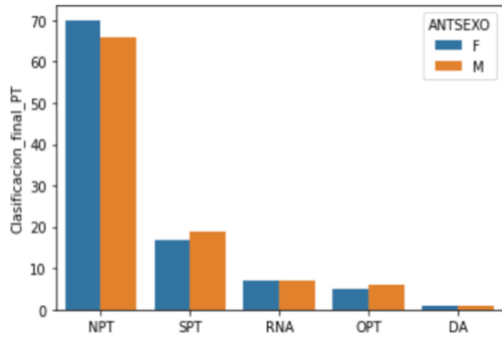


Gráfico 2. PT vs Sexo

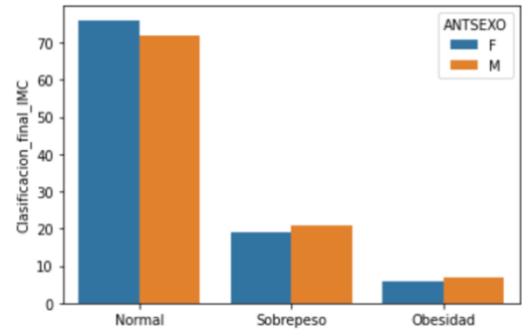


Gráfico 1. IMC vs Sexo

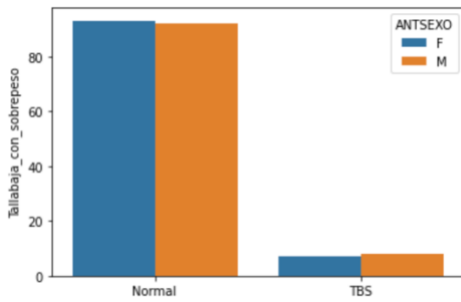


Gráfico 3. Sobrepeso vs Sexo

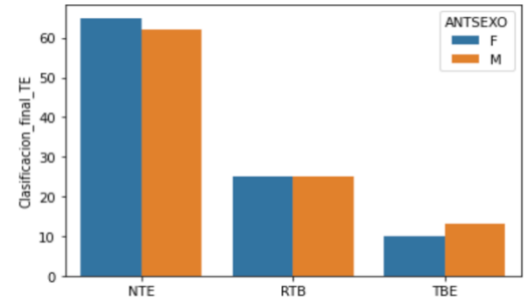


Gráfico 4. TE vs Sexo

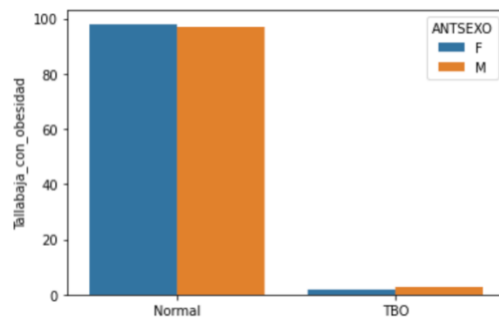


Gráfico 5. Obesidad vs Sexo

Por otro lado, en los gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 se puede observar que al igual que las gráficas anteriores el comportamiento de cada variable con respecto a la variable etnia. En la mayoría de las gráficas se puede tener una alta participación de la etnia indígena. En el gráfico 9, los niños que sufren de alguna de las categorías de talla para la edad (NTE, RBT, TBE) tienden a ser de la etnia indígena con un 30% respectivamente.

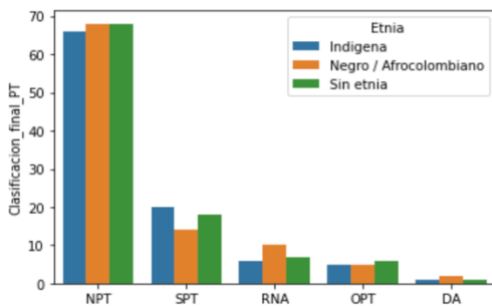


Gráfico 6. PT vs Etnia

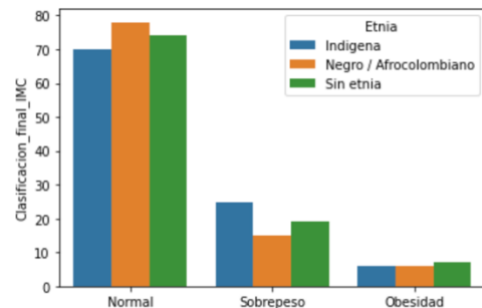


Gráfico 7. IMC vs Etnia

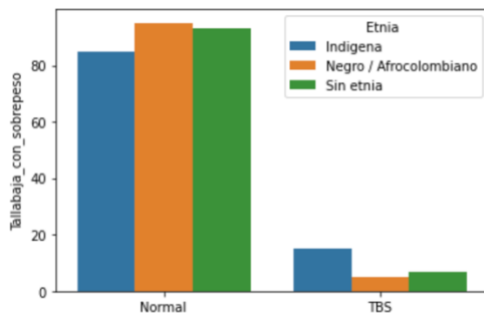


Gráfico 8. Sobrepeso vs Etnia

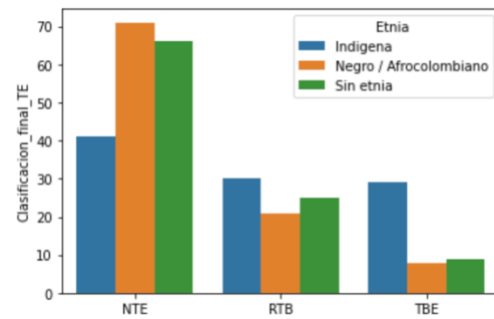


Gráfico 9. TE vs Etnia

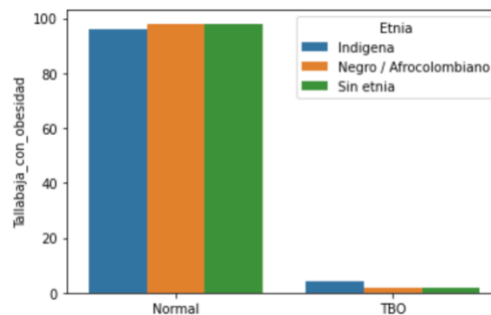


Gráfico 10. Obesidad vs Etnia

5.1.1. Modelos Predictivos

En esta segunda parte se presenta un análisis por medio de un modelo logístico en el software de R Studio, para ver cuáles son esos factores que afectan individualmente cada categoría de la doble carga de malnutrición.

En la tabla 4 se puede observar que las variables con significancia son: sexo masculino, edad cuatro, agua embotellada y agua con acueducto público. Esto quiere decir que los hombres tienden a ser más obesos durante el año 2015, además la edad con mayor afectación es cuatro años con mayor problemática en niños encuestados con agua embotellada. Además, el sexo masculino tiene un 22% más de probabilidad de ser obeso que las mujeres. Y los niños con vivienda que se abastecen de agua embotellada tienen un 36% más de probabilidad de ser obesos.

A diferencia de la variable obesidad, los niños que sufren sobrepeso tienen asociación significativa con variables tales como: sexo masculino, edad de cuatro años, etnia negro e indígena, agua de acueducto público, afiliado a régimen contributivo y las regiones Amazonia, Orinoquia y Oriental. Adicionalmente, el sexo masculino tiene un 9% más de probabilidad de tener sobrepeso que las mujeres, y los niños con etnia indígena tienen un 39% más de probabilidad de tener sobrepeso que el resto de las etnias encuestadas.

En la tabla 7, se puede observar la significancia hacia la variable malnutrición en las columnas sexo, edad y tipo de afiliación a la seguridad social. Esto quiere decir que los niños con edad tres años tienen un 53% más de probabilidad de tener malnutrición, siendo los niños de tres años los que mayor afectación tienen. Al igual

que el sobrepeso y la obesidad, el sexo masculino tiene mayor prevalencia de tener malnutrición siendo este un 12% de los niños encuestados.

Por otro lado, en la tabla 6, los niños con talla baja muestran una relación significativa entre las variables sexo, edad, etnia, acceso a agua, tipo de afiliación a la seguridad social, estrato socioeconómico y región. Al igual que las anteriores tablas mencionadas, el sexo masculino tiene un 12% de probabilidad de sufrir talla baja. Además, otro resultado importante es la edad, donde los niños de dos, tres y cuatro años tienen una probabilidad menor en sufrir talla baja que los niños de un año. También la etnia juega un papel importante, ya que los niños indígenas tienen un 122% de probabilidad de tener talla baja que al resto de etnias.

Tabla 4. Obesidad

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,206	0,0511	4,04	0,0000535	***
Edad Cuatro	0,309	0,119	2,587	0,00969	**
Agua Embotellada	0,312	0,105	2,956	0,00312	**
Agua Acueducto Público	-0,1943	0,088	-2,192	0,028	*

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ''

Tabla 5. Sobrepeso

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,095	0,031	3,025	0,0024	**
Edad Cuatro	0,1704	0,072	2,353	0,018	*
Etnia Negro	-0,15	0,06	-2,506	0,012	*
Etnia Indígena	0,331	0,064	5,162	0,000000244	***
Agua Acueducto Público	0,113	0,055	2,034	0,041	*
Afiliado Régimen Contributivo	0,185	0,078	2,382	0,017	*
Región Oriental	-0,157	0,074	-2,124	0,033	*
Región Orinoquia y Amazonía	-0,191	0,074	-2,569	0,01	*

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ''

Tabla 6. Talla baja

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,102	0,027	3,776	0,00015	***
Edad Uno	-1,151	0,07	-16,346	2E-16	***
Edad Dos	-1,527	0,069	-22,031	2E-16	***
Edad Tres	-1,391	0,069	-19,897	2E-16	***
Edad Cuatro	-1,259	0,069	-18,087	2E-16	***
Etnia Negra	-0,189	0,049	-3,798	0,000146	***
Etnia Indígena	0,803	0,056	14,269	2E-16	***
Agua Embotellada	-0,277	0,058	-4,741	0,00000213	***
Afiliado Régimen Contributivo	-0,279	0,0663	-4,212	0,0000254	***
Afiliado Régimen Subsidiado	0,159	0,042	3,724	0,000196	***
Estrato Uno	-0,2	0,041	-4,854	0,00000121	***
Región Bogotá	-0,543	0,088	-6,131	8,71E-10	***
Región Central	0,291	0,057	5,080	0,000000378	***
Región Pacífica	0,233	0,066	3,495	0,000474	***

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ''

Tabla 7. Malnutrición

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,125	0,026	4,691	0,00000272	**
Edad Uno	0,234	0,05	3,938	0,0000823	*
Edad Dos	0,348	0,059	5,842	5,16E-09	*
Edad Tres	0,43	0,06	7,108	1,18E-12	***
Edad Cuatro	0,415	0,059	6,941	3,89E-12	*
Afiliado Régimen Contributivo	0,133	0,064	2,086	0,036	*

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ''

En esta parte se puede observar los resultados de la doble carga de malnutrición de los niños que estuvieron en talla baja con sobrepeso, obesidad o desnutrición.

Para la tabla 8, los niños con talla baja que simultáneamente presentaron obesidad tuvieron cuatro variables con significancia, que fueron: sexo, edad, etnia y región, donde los hombres tienen un 24% menor de probabilidad de tener talla baja con

obesidad, además los niños entre dos a tres años tienen un 133% más de probabilidad de tener esta doble carga de malnutrición. Por otro lado, esta afectación no se está viendo reflejada en la etnia indígena, ya que tiene un 40% menor de probabilidad de ser niños de talla baja con obesidad. Las regiones oriental y el municipio de Bogotá tienen mayor probabilidad de tener esta condición que el resto de las regiones.

Al igual que la tabla 8, la tabla 9 tuvo resultados importantes, donde los hombres tienen un 14% menos de probabilidad de tener esta afectación, pero los niños de etnia afrocolombiana tienen un 30% de probabilidad de ser talla baja con sobrepeso. También, el estrato de la vivienda del niño es un factor importante, ya que el estrato uno tiene un 23% de posibilidad de ser afectado.

En la tabla 10 se puede observar que la variable con mayor afectación es: el agua embotellada, siendo 2,09 veces más probable de tener niños con talla baja y su desenlace es desnutrición.

Tabla 8. Talla baja con obesidad

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	-0,164	0,048	-3,405	0,000663	***
Edad Uno	1,074	0,138	7,773	7,65E-15	***
Edad Dos	1,32	0,134	9,862	2E-16	***
Edad Tres	1,01	0,139	7,281	3,25E-13	***
Edad Cuatro	0,852	0,14	6,062	1,35E-09	***
Etnia Negra	0,277	0,102	2,712	0,0066	**
Etnia Indígena	-0,782	0,088	-8,798	2E-16	***
Agua Embotellada	0,334	0,109	3,054	0,0022	**
Agua Acueducto Público	-0,213	0,088	-2,415	0,015	*
Estrato Uno	0,194	0,072	2,669	0,0076	**
Región Orinoquia y Amazonía	0,329	0,113	2,889	0,0038	**
Región Bogotá	0,455	0,16	2,849	0,0043	**

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ''

Tabla 9. Talla baja con delgadez

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Agua Embotellada	1,13	0,487	2,33	0,0196	*
Región Orinoquia y Amazonía	-1,98	0,6098	-3,249	0,001	**

Singnif. Codes: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 ''

Tabla 10. Talla baja con sobrepeso

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	-0,281	0,087	-3,204	0,0013	**
Edad Uno	0,675	0,21	3,207	0,0013	**
Edad Dos	0,828	0,204	4,051	0,000051	***
Etnia Negra	-0,52	0,158	-3,286	0,00102	**
Región Oriental	0,449	0,189	2,37	0,017	*
Región Bogotá	0,749	0,254	2,950	0,00217	**

Singnif. Codes: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 ''

5.2. MODELO LOGÍSTICO MULTINOMIAL

5.2.1. IMC

En la tabla 11 se puede observar que los factores que afectan el índice de masa corporal en niños entre 0 y menos de 5 años son las variables: sexo, región, edad, etnia y afiliado. Dado esto, se puede interpretar que los hombres tienen un 15% de probabilidad de sufrir sobrepeso u obesidad que las mujeres. También se puede determinar que los niños de tres y cuatro años tienen mayor probabilidad de sufrir esta enfermedad. Además, la etnia indígena y los niños que tienen acceso a salud del régimen contributivo o especial tienen mayor posibilidad de ser obesos o tener sobrepeso.

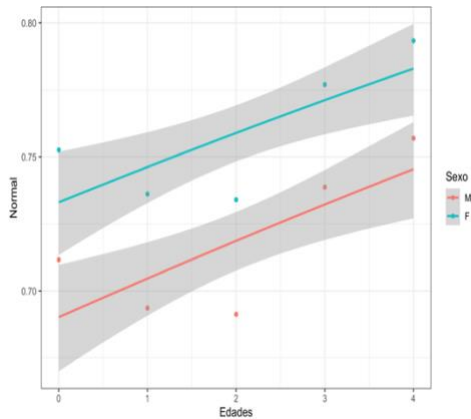


Gráfico 13. Probabilidad IMC normal

5.2.2. Peso para la talla

Para este caso se puede observar que los factores que afectan el peso para la talla son solo dos variables, las cuales son: sexo y edad. Los hombres tienen un 13% de probabilidad de ser afectados en la variable peso para la talla (situación nutricional aguda). Además, la edad con mayor impacto es niños de tres años con una probabilidad del 56%.

Tabla 12. Peso para la talla

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,128	0,026	4,882	0,00000105	***
Edada Uno	0,233	0,057	4,048	0,0000517	***
Edada Dos	0,378	0,058	6,510	7,53E-10	***
Edad Tres	0,456	0,059	7,724	1,13E-14	***
Edad Cuatro	0,438	0,058	7,513	5,77E-14	***

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' '

En los gráficos 14, 15, 16, 17, 18 y 19 de probabilidad, se puede observar que para las categorías de desnutrición severa aguda, desnutrición aguda y riesgo de desnutrición tienden a decrecer la posibilidad de que el niño sufra de algunas de estas enfermedades, pero en el caso de los niños que tienen cuatro años tiende a crecer la probabilidad de sufrir desnutrición. Además, los hombres tienen mayor probabilidad en los tres casos a comparación de las mujeres.

Para el caso de del sobrepeso y la obesidad, el sobrepeso tiene mayor probabilidad con respecto a la obesidad y su comportamiento es similar a las categorías de desnutrición siendo el sexo masculino el mayormente afectado.

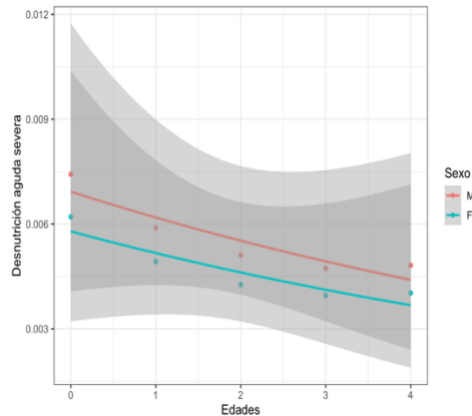


Gráfico 14. Probabilidad desnutrición aguda severa

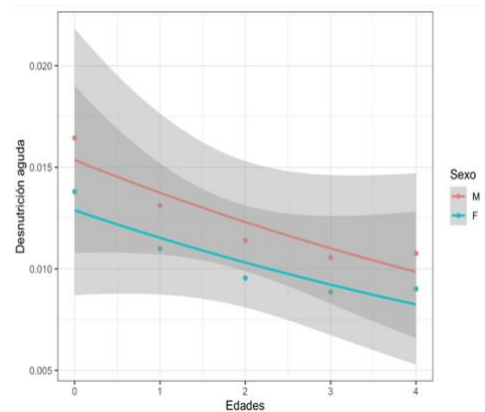


Gráfico 15. Probabilidad desnutrición aguda

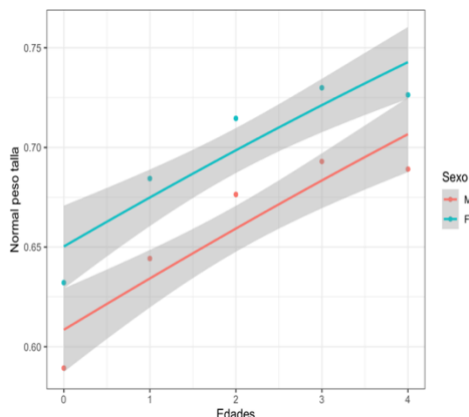


Gráfico 16. Probabilidad normal peso talla

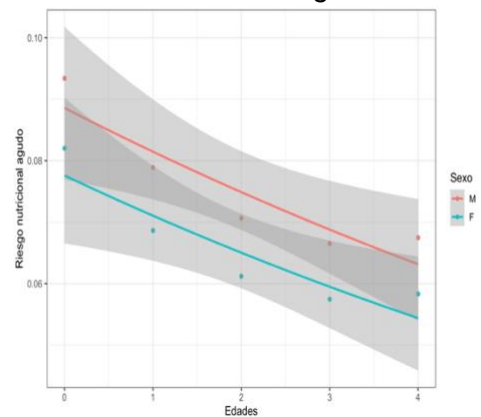


Gráfico 17. Probabilidad riesgo nutricional agudo

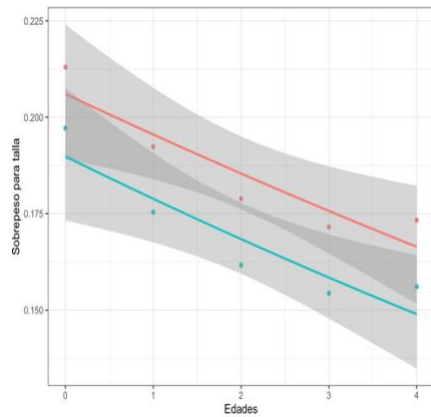


Gráfico 18. Probabilidad sobrepeso

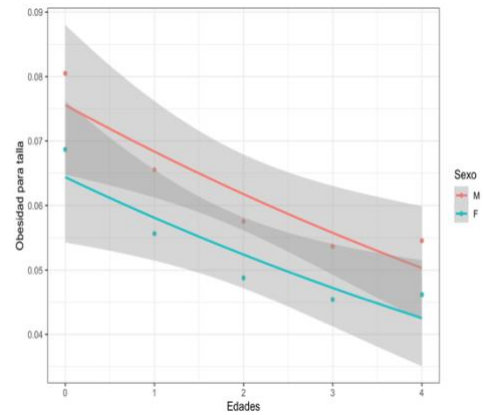


Gráfico 19. Probabilidad obesidad

5.2.3. Talla para la edad

Para la variable talla para la edad, las variables que afectan esta problemática son: sexo, edad, región, estrato, etnia, agua y afiliado, donde el sexo masculino tiene un 12% de probabilidad de que sufran de talla baja o riesgo para talla baja. También se puede ver que las regiones central y pacífica tienen un 40% y 20% respectivamente mayor de probabilidad de que los niños de esa zona sufran esta enfermedad. La etnia afectada es indígena y son afiliados al régimen subsidiado. El agua embotellada no es una de las problemáticas en este caso, ya que tiene una probabilidad menor del 25%.

Tabla 13. Talla para la edad

	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> Z)	
Sexo M	0,111	0,026	4,249	0,0000215	***
Edad Uno	-1,165	0,069	-16,797	2E-16	***
Edad Dos	-1,548	0,067	-22,785	2E-16	***
Edad Tres	-1,39	0,069	-20,245	2E-16	***
Edad Cuatro	-1,237	0,069	-18,049	2E-16	***
Etnia Negra	-0,216	0,048	-4,433	0,000146	***
Etnia Indígena	0,93	0,052	17,833	2E-16	***
Agua Embotellada	-0,305	0,056	-5,408	6,38E-08	***
Afiliado Régimen Contributivo	-0,29	0,063	-4,534	0,00000578	***
Afiliado Régimen Subsidiado	0,159	0,041	3,878	0,000105	***
Estrato Uno	-0,22	0,039	-5,542	2,98E-08	***
Región Bogotá	-0,531	0,085	-6,227	4,77E-10	***
Región Central	0,317	0,055	5,699	1,21E-08	***
Región Pacífica	0,182	0,064	2,843	0,0044	***

Singnif. Codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' '

A diferencia de las dos anteriores variables el comportamiento es diferente, donde la probabilidad de que un niño sea mayor, el riesgo de sufrir talla baja es alto. Además la probabilidad más alta es en la edad de dos y tres años siendo el sexo masculino nuevamente el protagonista. El gráfico del riesgo de talla baja para la edad tiene probabilidades más altas que las de talla baja, siendo esto un indicio de los posibles niños que en un futuro pueden estar clasificados en talla baja para la edad.

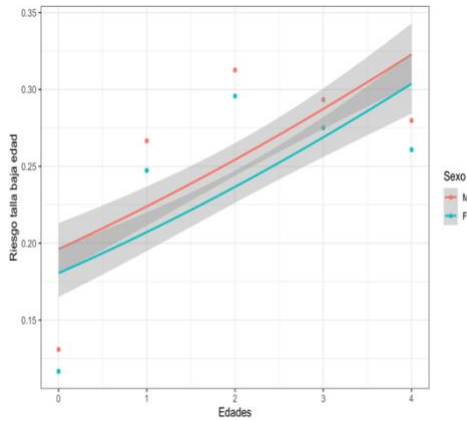


Gráfico 20. Probabilidad riesgo talla baja

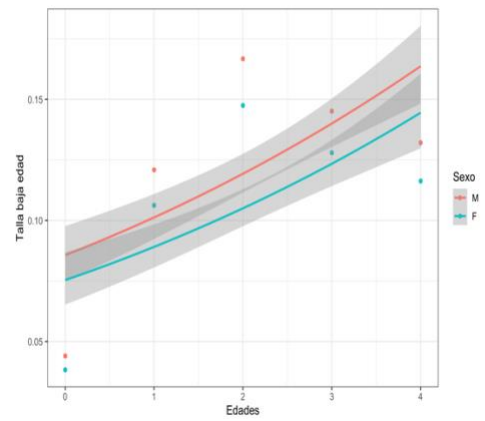


Gráfico 21. Probabilidad talla baja

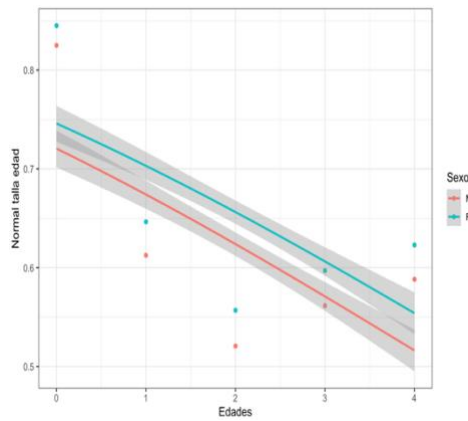


Gráfico 22. Probabilidad normal talla

En este caso en el gráfico 23 para la categoría de riesgo para talla baja, se observa que las probabilidad a través de los años es mayor, siendo la etnia indígena la más afectada y afrocolombiano la menos afectada. Pero, a diferencia de la anterior categoría los niños que sufren talla baja tiende a ser mayor la probabilidad en la etnia indígena pero con una tendencia más alta que las etnias afrocolombiano y sin pertenencia étnica, donde se puede ver relacionado con algunas zonas del país con mayor población indígena.

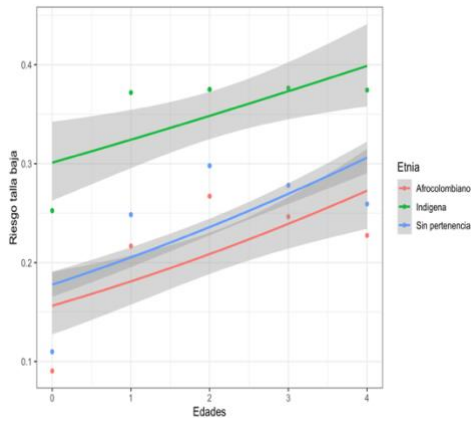


Gráfico 23. Probabilidad riesgo talla baja

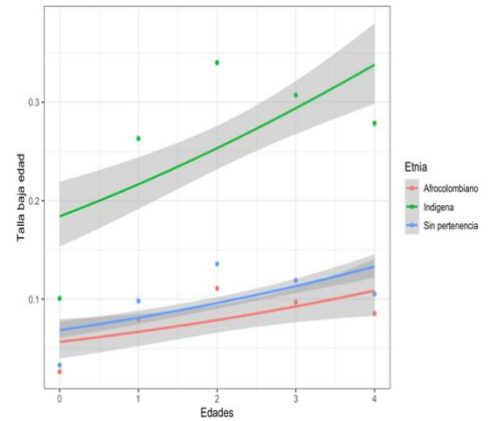


Gráfico 24. Probabilidad talla baja

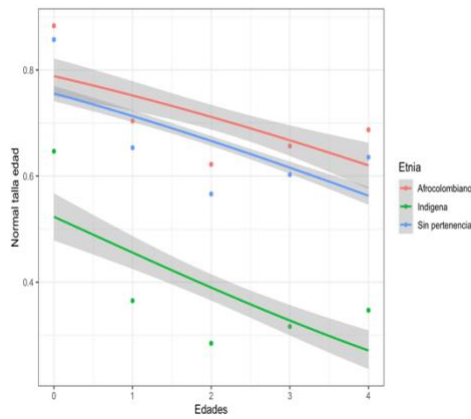


Gráfico 25. Probabilidad normal talla

5.3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS MÚLTIPLES

5.3.1. IMC

En el caso de índice de masa corporal en el gráfico 27 se puede observar un relacionamiento similar a las dos anteriores variables (talla para la edad y peso para la talla), pero con una diferencia en el primer cuadrante, donde aparece una relación entre la etnia indígena y otro tipo de accesos al agua y siendo estas dos categorías contribuyentes al modelo.

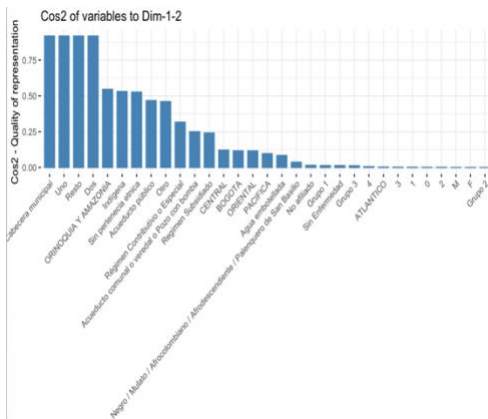


Gráfico 27. Contribución de las categorías IMC

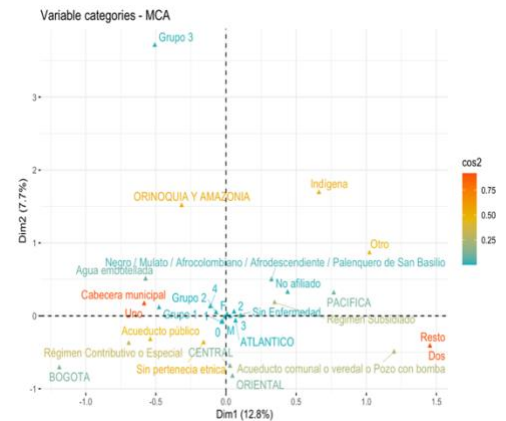


Gráfico 26. Importancia de la categorías IMC

5.3.2. Peso para la talla

En el gráfico 28 se puede observar algunos grupos con relaciones entre categorías. Algunos de los grupos son similares a los de la variable anterior (talla aliado para la edad), pero hay una diferencia y se ve reflejado en el primer cuadrante, donde los niños que tienen peso para la talla tienen una relación entre las categorías etnia negra o afrocolombiano, pero sin un centro de salud, siendo esto un problema, ya que tiende a ser una enfermedad sin control por personas del sector salud en el caso de la etnia afrocolombiana. También se puede ver otra relación en el mismo cuadrante con las categorías régimen subsidiado y región pacífica.

Por otro lado, en el gráfico 29 se observa que los resultados son similares al anterior variable (IMC), donde las categorías área - cabecera municipal, área - resto poblado, estrato uno y dos, son las categorías que mayormente aportan al modelo. Además, la región Orinoquia y Amazonia y la etnia indígena es relevante en los niños que sufren de peso para la talla.

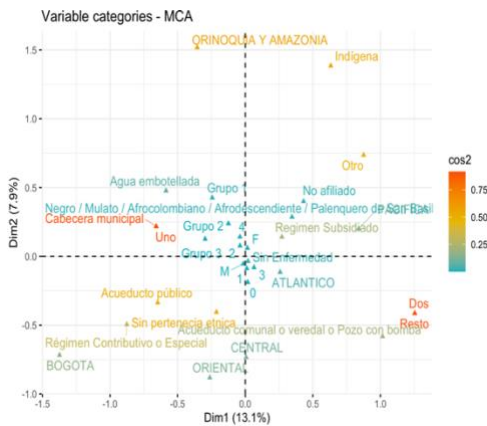


Gráfico 28. Importancia de las categorías PT

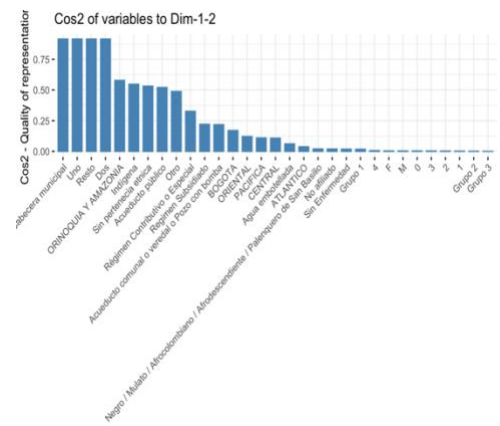


Gráfico 29. Contribución de las categorías PT

5.3.3. Talla para la edad

En el gráfico 31, se puede observar toda la relación entre variables, donde entre ellos se encuentran el régimen subsidiado, región pacífica y atlántica y etnia afrocolombiano. Esto quiere decir que la mayoría de niños que son del régimen subsidiado se encuentran en la zona pacífica y atlántica, siendo en su gran mayoría niños de etnia negra o afrocolombiana. Pero, en el segundo cuadrante se obtiene que las relaciones están en las categorías estrato uno con cabecera municipal, enfermedades de grupo 1 y agua embotellada, donde su relación nos hace entender que los niños que viven en cabecera municipal y además son estrato uno, tiene acceso solamente al agua embotellada.

Por otro lado, en el gráfico 30, se observan las contribuciones que tienen las categorías hacia la variable dependiente que en este caso es la talla para la edad, donde las cuatro variables que mayor contribuyen son estrato uno y dos y área cabecera municipal y resto poblado. Además, cómo lo había mencionado en el modelo logístico multinomial ordinal, la etnia indígena también contribuye a la variable dependiente.

pertenecen a una etnia indígena o afrocolombiana, pero además no influye el departamento.

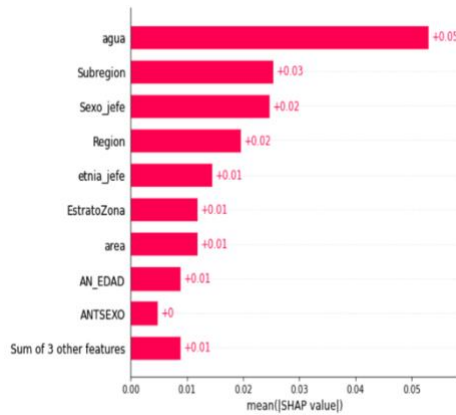


Gráfico 32. Contribución de las categorías IMC

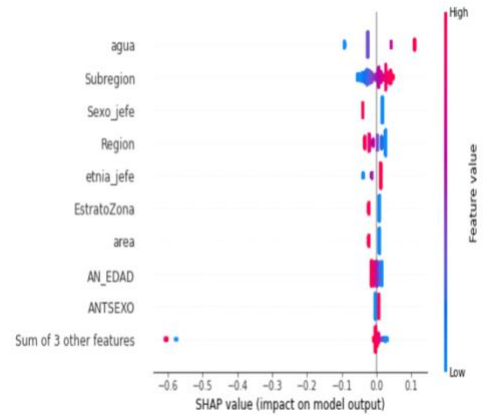


Gráfico 33. Impacto de las categorías IMC

Para el gráfico 34 de interacciones, se puede observar la relación que tiene las variables agua y subregión, donde se puede determinar que el agua embotellada y las subregiones Litoral Pacifico, Medellín, Orinoquia y Amazonia, Santanderes, Tolima, Huila, Caquetá y Valle tienen mayor riesgo de sufrir sobrepeso u obesidad.

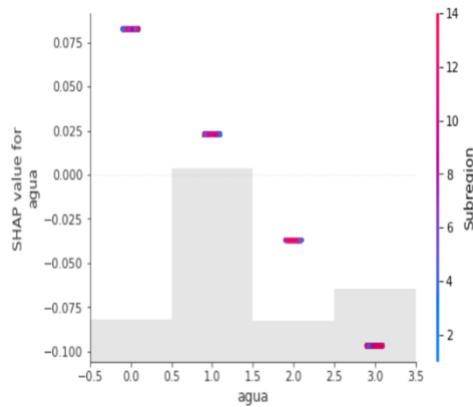


Gráfico 34. Riesgo agua - subregión IMC

5.4.2. Peso para la talla

En el gráfico 35 se puede observar la influencia y los efectos que tiene cada una de las variables con respecto a la variable peso para la talla. Dado esto, se puede determinar que la variable edad tiene un rango de impacto en el eje x más amplio que el resto de variables, esto significa que entre menor sea el niño disminuye el riesgo de que sufra alguno de los factores de la variable peso para la talla. Sin embargo, en la siguiente variable más importante, 'agua' vemos un efecto similar a la variable 'edad', donde se ve que los accesos que tienen los niños en la vivienda al acueducto no son riesgos para sufrir de desnutrición u obesidad. Pero, la variable 'afiliado' que es la tercera variable más importante tiene un efecto contrario, es decir, un niño que no tenga acceso a una Empresa Promotora de Salud (EPS) influye en el riesgo de sufrir desnutrición u obesidad.

En el gráfico 36 se observa una descripción general de la importancia de las variables, donde es determinado cómo la suma de los valores absolutos del modelo SHAP para cada una de las variables. Cabe resaltar que el orden de importancia al gráfico anterior no cambia. Entonces, gracias a estos resultados del modelo de SHAP se puede concluir que, los niños que mayor riesgo tienen son los que mayor edad tienen, pero que además no tienen acceso a un centro de salud.

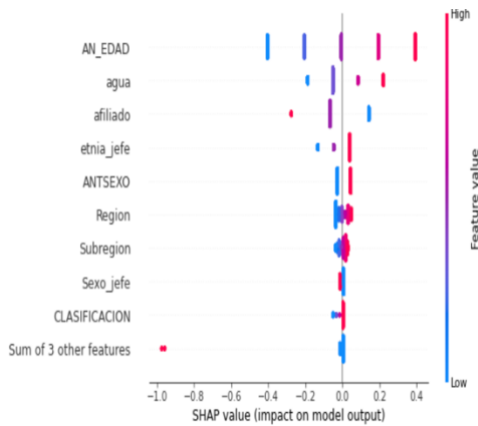


Gráfico 35. Impacto de las categorías PT

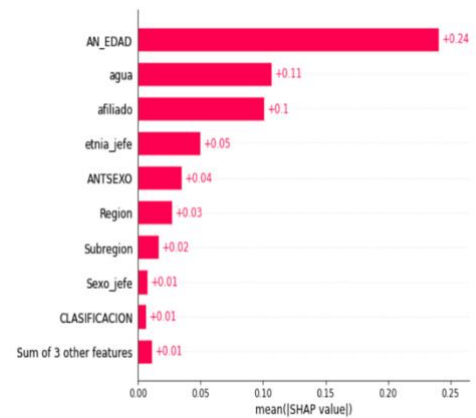


Gráfico 36. Contribución de las categorías PT

Para el gráfico 37, se puede observar la relación que tienen las variables sexo y edad, donde se puede determinar que las mujeres y que además tienen edades entre los dos y cuatro años tienen mayor riesgo de sufrir de desnutrición u obesidad. A diferencia de las mujeres, los hombres y los niños entre dos y cuatro años tienen menos riesgos de sufrir desnutrición u obesidad, es decir, los niños menores de dos años pueden sufrir el riesgo de tener desnutrición u obesidad.

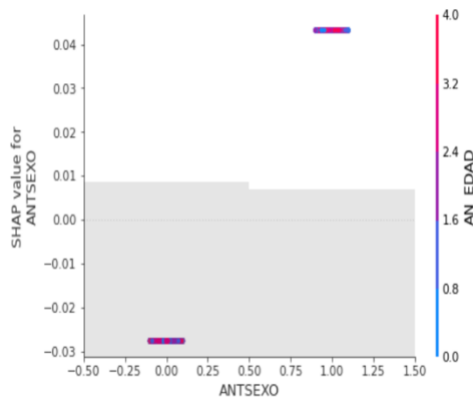


Gráfico 37. Riesgo sexo - edad PT

5.4.3. Talla para la edad

Por último, En el gráfico 39 se puede observar la influencia y los efectos que tiene cada una de las variables con respecto a la variable talla para la edad. Dado esto, se puede determinar que la variable edad tiene un rango de impacto más amplio que el resto de variables, es decir, que entre menor sea el niño disminuye el riesgo de que sea afectado por la talla para la edad. Sin embargo, en la siguiente variable más importante, 'agua' vemos el efecto contrario, donde se puede ver que contribuye a aumentar la predicción, es decir, aumenta el riesgo de que un niño sufra de talla baja.

En el gráfico 38 se observa una descripción general de la importancia de las variables, donde es determinado cómo la suma de los valores absolutos del modelo SHAP para cada una de las variables. Cabe resaltar que el orden de importancia al gráfico anterior no cambia. Entonces, gracias a estos resultados del modelo de SHAP se puede concluir que, los niños que mayor riesgo tienen son los que mayor edad tienen, pero que además no tienen acceso al agua de acueducto o alcantarillado.

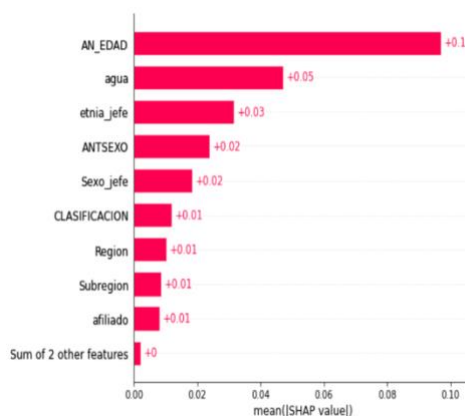


Gráfico 39. Contribución de las categorías TE

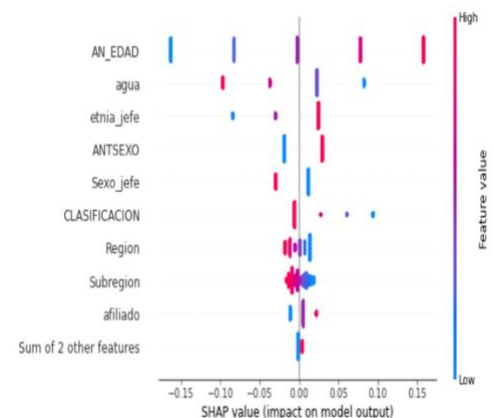


Gráfico 38. Impacto de las categorías TE

Para el gráfico 40, se puede observar la relación que tiene las variables sexo y edad, donde se puede determinar que las mujeres y que además tienen edades entre los

dos y cuatro años tienen mayor riesgo de sufrir de talla baja. A diferencia de las mujeres, los hombres y los niños entre dos y cuatro años tienen menos riesgos de sufrir talla baja, es decir, los niños menores de dos años pueden sufrir el riesgo de tener talla baja.

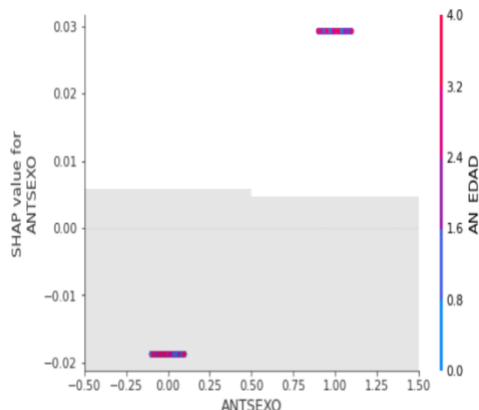


Gráfico 40. Riesgo sexo - edad TE

5.5. GRÁFICOS GEOLOCALIZACIÓN

5.5.1. IMC

En los gráficos 41, 42 y 43 se puede visualizar las proporciones de niños que sufren de algunos de las categorías (sobrepeso, obesidad y normal) del índice de masa corporal a nivel nacional, por medio de la geolocalización de la librería de geopandas. En el gráfico 41 de los niños que sufren de sobrepeso, se puede observar que el 30% de los niños están ubicados en el departamento de Guainía. Los departamentos de Vaupés, Vichada y Huila son los segundos más afectados con 27% de niños con sobrepeso.

En el gráfico 42 de obesidad se puede observar que el departamento de Guainía nuevamente es el más afectado por esta epidemia, siendo un hallazgo importante

para empezar a mitigar por medio de los grandes factores que están afectando la salud de los niños en esa zona.

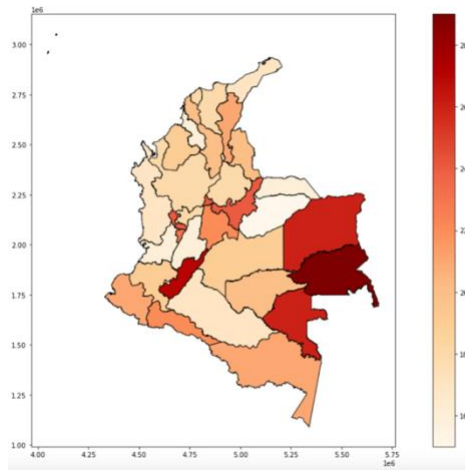


Gráfico 41. Proporción sobrepeso

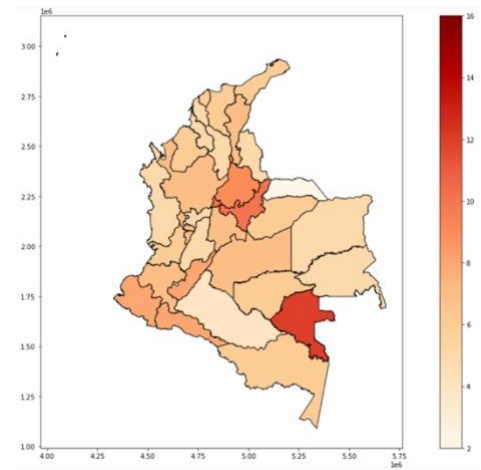


Gráfico 42. Proporción obesidad

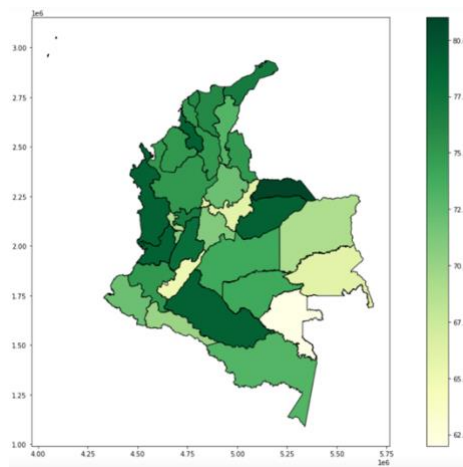


Gráfico 43. Proporción normal IMC

5.5.2. Peso para la talla

En los gráficos 44, 45, 46, 47, 48 y 49, se puede visualizar las proporciones de niños que sufren de algunos de los factores del peso para la talla a nivel nacional, por medio de la geolocalización de la librería de geopandas. En el gráfico de los niños que sufren de sobrepeso para la talla se puede observar que el 26% de los niños están ubicados en los departamento de Vaupés y Huila. Los departamentos de Guanía, Vichada, Cundinamarca, Boyacá y Eje cafetero son los segundos más afectados con una proporción de 22% de niños.

Por otro lado, el riesgo de nutricional agudo es una gran problemática para varios zonas del país, especialmente en la Guajira, donde el 12% de los niños tienden a estar en riesgo. Pero hay otra zona del país que está en rojo con un 11% de los niños afectados el departamento de Arauca. También, existen otros departamentos con un 10% de afectación los cuales son Magdalena, Bolívar y Atlántico.

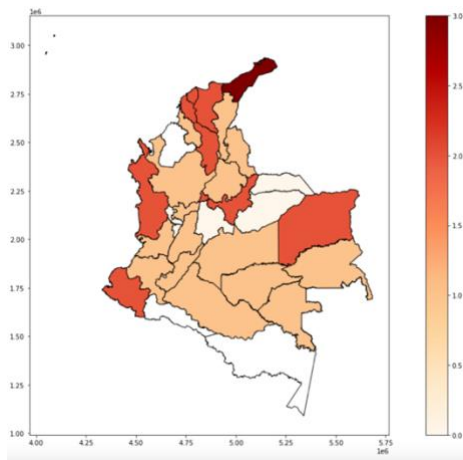


Gráfico 45. Proporción desnutrición aguda

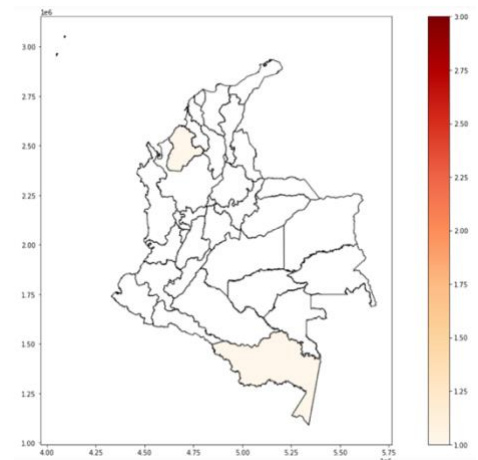


Gráfico 44. Proporción desnutrición aguda severa

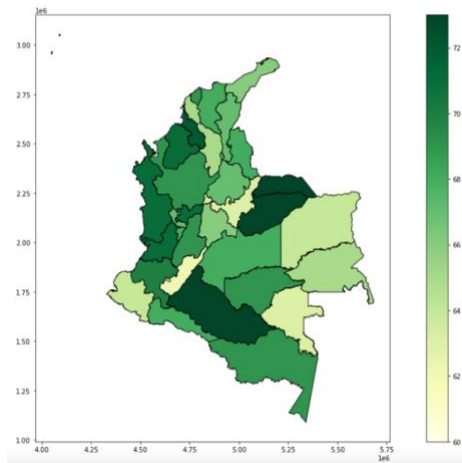


Gráfico 46. Proporción normal peso talla

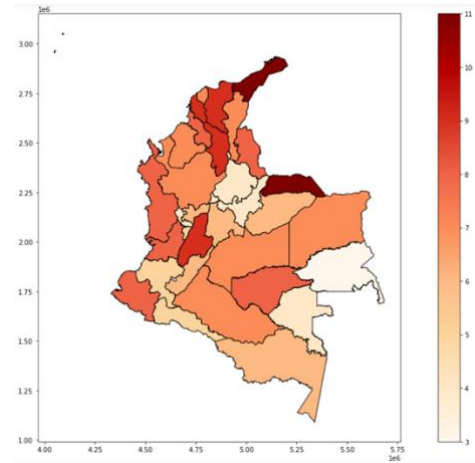


Gráfico 47. Proporción riesgo desnutrición aguda

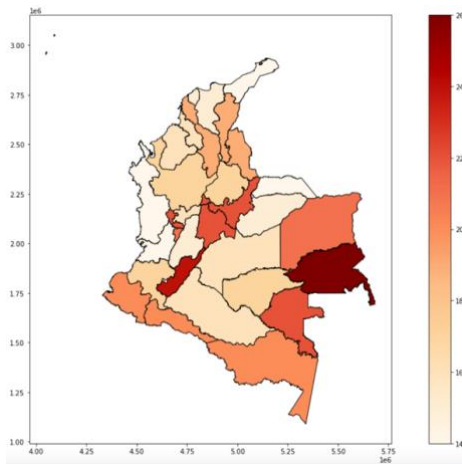


Gráfico 48. Proporción sobrepeso

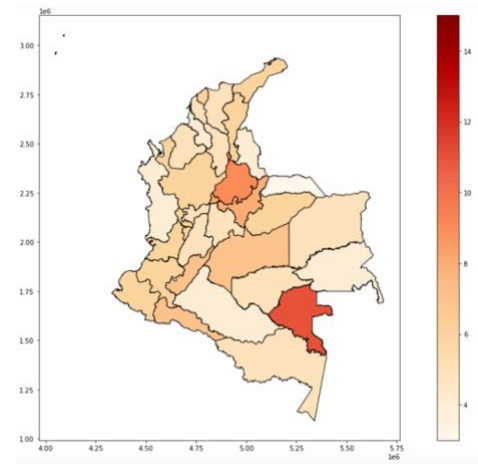


Gráfico 49. Proporción obesidad

5.5.3. Talla para la edad

En los gráficos 50, 51 y 52 se puede visualizar las proporciones de niños que sufren de algunas de las categorías (riesgo talla baja, talla baja y normal talla) de talla para la edad a nivel nacional, por medio de la geolocalización de la librería de geopandas. En el gráfico de los niños que sufren de riesgo para talla baja se puede observar que el 35% de los niños están ubicados en los departamentos de Vaupés y Amazonía. Los departamentos de Guanía, Vichada, Cundinamarca, Boyacá y Córdoba son los segundos más afectados con una proporción de 27% de niños.

En el gráfico 51, de talla baja para la edad se puede observar que la Guajira tiene un 28% de niños afectados. Además, Choco, Cauca y Amazonía son los segundos departamentos mayormente afectados con un 17%.

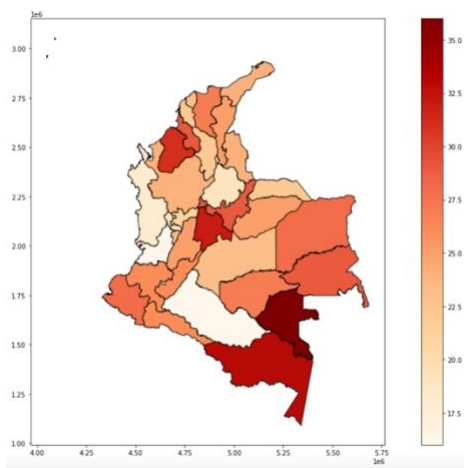


Gráfico 50. Proporción riesgo talla baja

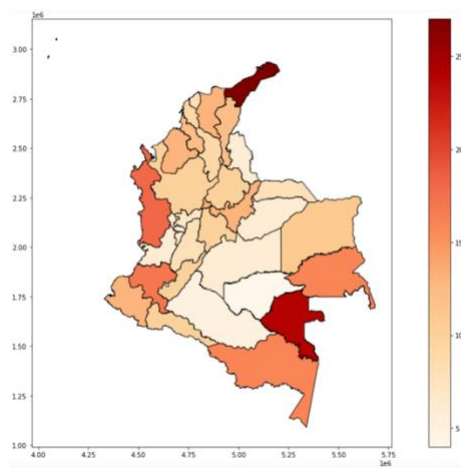


Gráfico 51. Proporción talla baja

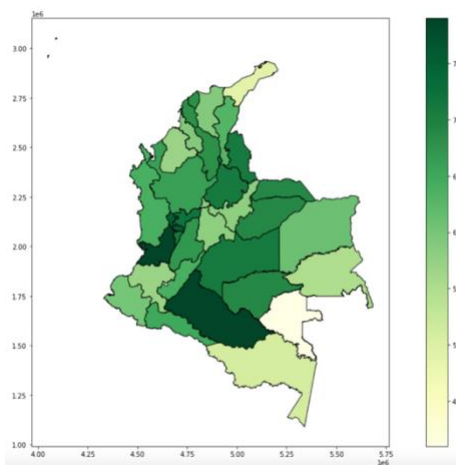


Gráfico 52. Proporción normal talla

5.5.4. Talla baja con sobrepeso

En el gráfico 53 se puede visualizar la proporción de niños que sufren de talla baja con sobrepeso a nivel nacional. Dado esto, se puede observar que el 16% de los niños están ubicados en el departamento de Vaupés. Los departamentos de Guanía y Huila son los segundos más afectados con una proporción de 14% de niños.

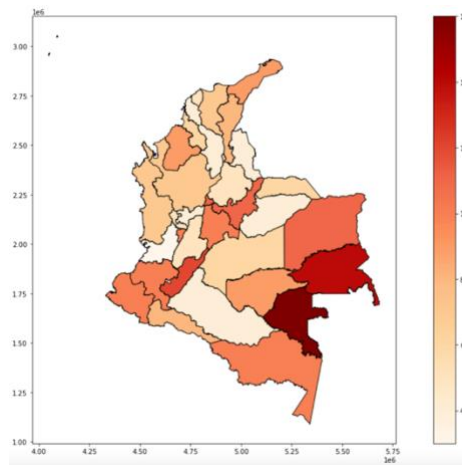


Gráfico 53. Proporción talla baja con sobrepeso

5.5.5. Talla baja con obesidad

En el gráfico 54 se puede visualizar la proporción de niños que sufren de talla baja con obesidad a nivel nacional. Dado esto, se puede observar que el 6% de los niños están ubicados en el departamento de Vaupés, siendo Vaupés un departamento en zona roja. El segundo departamento con niños mayormente afectados es Boyacá con un 5% respectivamente.

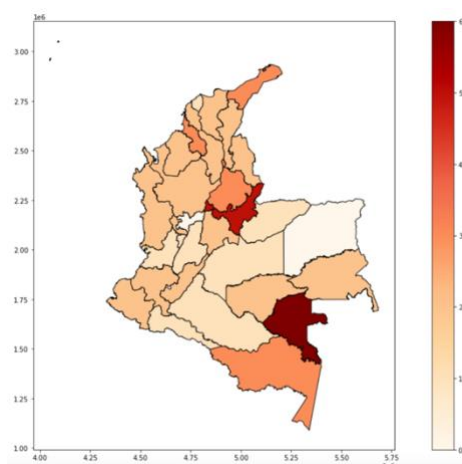


Gráfico 54. Proporción talla baja con obesidad

5.5.6. Talla baja con delgadez

En el gráfico 55 se puede visualizar la proporción de niños que sufren de talla baja con desenlace en desnutrición a nivel nacional. Dado esto, se puede observar que el 2% de los niños están ubicados en el departamento de la Guajira, siendo la Guajira un departamento de zona roja en está afectación.

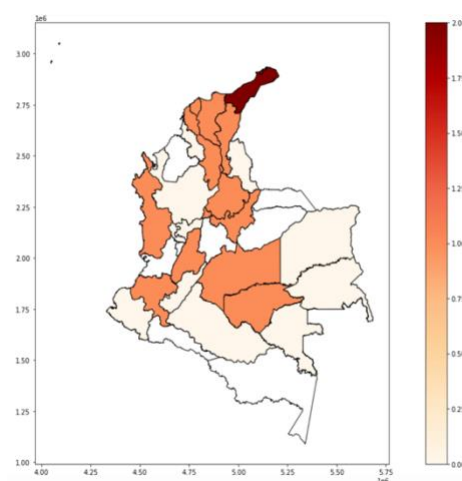


Gráfico 55. Proporción talla baja con delgadez

6. DISCUSIÓN

Los niños indígenas que sufren casos de sobrepeso y obesidad no tienen acceso a sistemas de acueducto y alcantarillado, ni pozos de agua, donde tal vez la carencia sea un factor causal de una de las expresiones de la doble carga de malnutrición correspondiente a la talla baja de origen nutricional por las enfermedades infecciosas que están condicionada por la falta de acceso al agua potable en estos grupos poblacionales y donde posteriormente se presentan cambios en su alimentación que condicionan la doble carga de malnutrición intraindividual al coexistir en el momento de la medición con sobrepeso y la obesidad. Esto coincide con lo que se ha reportado respecto hallazgos de altos riesgos de malnutrición en comunidades indígenas colombianas, ya que evidenciaron menor disponibilidad de recursos y un alto consumo de alimentos más económicos, donde vieron que las mujeres tienen mayor frecuencia de ser afectadas con un 30,8% en sobrepeso y un 21% con obesidad [37].

En el mapa 54 de obesidad para la talla se puede observar que el departamento de Vaupés es afectado por esta doble carga de malnutrición a nivel intraindividual, siendo un hallazgo importante para empezar a mitigar por medio de los grandes factores que están afectando la salud de los niños en esa zona. El sobrepeso y la obesidad de una manera silenciosa está creciendo en el país, donde más del 60% de la población colombiana sufren de sobrepeso y obesidad, siendo los niños la población más afectados por esta doble carga de malnutrición. Además, se han encontrado casos de menores con sobrepeso con padres desnutridos en la Guajira, Vaupés, Vichada y Guainía. [38]

La Guajira vuelve a ser protagonista con el 3% de los niños con desnutrición aguda, siendo un departamento de zona roja en la doble carga de malnutrición, donde hoy en día se observa escases en muchos aspectos, tales como el acceso al agua potable y la falta de una buena alimentación. También, los departamentos que

conforman la zona atlántica, los departamentos del Chocó y Vichada tienen niños con esta problemática. El índice de desnutrición crónica y aguda tiene prevalencia en tres Departamentos tales como: Sucre, Bolívar y Atlántico, que por causa de los efectos de la pandemia tiende a agudizarse, siendo el 41% de los niños con categorías más agudas.[39]

Según los resultados estadísticos, en la doble carga de malnutrición, los niños con presencia de talla baja y sobrenutrición tienen importancia en algunas variables demográficas, cómo lo son en la etnia negra / afrocolombiana, teniendo mayores probabilidades de afectación en las zonas Amazonía y Orinoquía. Además, son familias de estrato uno sin acceso a acueducto. La progresión de los datos antropométricos entre los años 2000, 2005 y 2010 se presenta un aumento del sobrepeso y obesidad. En Colombia, hubo un aumento de porcentaje de hogares con sobrepeso y obesidad con mayor representación en la región sureste [40].

Los niños con talla baja y desnutrición tienen una relación alta en las categorías de viviendas sin acceso a acueducto y alcantarillado, donde está generando efectos negativos en la salud de los niños y niñas del país. Además, la región con mayor porcentaje de niños afectados está en la Guajira, esto se debe a la presencia se debe a la relación del estrato socioeconómico más bajos, condiciones inadecuadas de salubridad cómo falta de acceso a agua potable y alcantarillado y por ser de territorios más periféricos por estar en zonas rurales. [41]

Los niños con problemas de talla baja para la edad, que están concentrados en las zonas Atlántica, Orinoquia y Amazonía del régimen subsidiado son la población con mayor riesgo de ser afectados, además de que las altas prevalencias predominan en la etnia indígena. La mayor concentración de indígenas en Colombia están en los Departamentos de Amazonía y Vaupés, donde la mayoría viven en bajas condiciones económicas. Uno de cada cuatro menores de cinco años presentaron déficit de talla baja para la edad y además aumenta con la edad [42].

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Con base en lo reportado podemos concluir que los modelos de Machine Learning implementados, tales como: modelo logístico multinomial ordinal, ACM y SHAP permite focalizar, especificar y referenciar espacialmente subgrupos poblacionales que están reflejando la doble carga de malnutrición que a su vez es una expresión potencial de la carga de enfermedad que se deriva de este doble flagelo como lo es el haber padecido una condición carencial a la que se le sobreagrega posteriormente el sobrepeso y la obesidad. Recurrir a estos métodos de análisis como herramientas que permitan profundizar y agilizar resultados de la encuesta como la ENSIN puede facilitar respuestas más oportunas y pertinentes para los subgrupos de población que lo requieran.

Según lo recolectado en este trabajo y los resultados obtenidos se puede plantear un segundo estudio con el comportamiento de estos factores en otras encuestas ENSIN, en este caso 2005 y 2010 como con la que está pendiente de salir de 2020, para poder observar si cada año cambian las características que están afectando a esta problemática. También, se puede hacer un análisis más profundo a los departamentos anteriormente mencionados y poder contribuir al mejoramiento del proceso que está siguiendo la transición nutricional en el país a partir del comportamiento de la expresión de la doble carga nutricional en niños y niñas durante sus primeros años de vida. Además se pueden ampliar el espectro de otras variables independientes a analizar que puedan estar asociadas a la doble carga de malnutrición más allá del nivel intraindividual, es decir, a nivel de hogares y comunidades.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Health Organization. (2016). *The double burden of malnutrition: policy brief* (No. WHO/NMH/NHD/17.3). World Health Organization.
- [2] Murcia-Moreno, N. P., & Cortés-Osorio, V. (2016). Doble carga nutricional y aproximación a sus determinantes sociales en Caldas, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 239-247.
- [3] Meenakshi, J. V. (2016). Trends and patterns in the triple burden of malnutrition in India. *Agricultural Economics*, 47(S1), 115-134.
- [4] Fongar, A., Gödecke, T. & Qaim, M. Various forms of double burden of malnutrition problems exist in rural Kenya. *BMC Public Health* 19, 1543 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7882-y>
- [5]. Cediél-Giraldo, G., Castaño-Moreno, E., & Gaitán-Charry, D. (2016). Doble carga de malnutrición durante el crecimiento: ¿ una realidad latente en Colombia?. *Revista de Salud Pública*, 18(4), 656-669.
- [6] B. Popkin M, C. Corvalan y L. Grummer-Strawn, «Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality,» *Lancet* 2020, vol. 395, pp. 65-74, 2019.
- [7] E. E. De la Cruz Sánchez, «La transición nutricional. Abordaje desde de las políticas públicas en América Latina,» *opción* , vol. 32, nº 11, pp. 379-302, 2016.
- [8] Shrimpton, R., & Rokx, C. The double burden of malnutrition: a review of global evidence.
2012.
- [9] G. E. Silva Sarmiento, «Desnutrición en Colombia – desde lo social, lo económico y lo político,» *CCAP*, vol. 15, nº 2, pp. 6-19, 2016.

- [10] «ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2015,» ICBF, MSPS, INS, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, pp. 3-6, 2015.
- [11] «ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2010,» ICBF, MSPS, INS, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, pp. 3-6, 2010.
- [12] Sarmiento, O. L., Parra, D. C., González, S. A., González-Casanova, I., Forero, A. Y., & Garcia, J. (2014). The dual burden of malnutrition in Colombia. *The American journal of clinical nutrition*, 100(6), 1628S-1635S.
- [13] A. Karina, «La obesidad y su concentración según nivel socioeconómico en Colombia,» Banco de la república, nº 170, 2012.
- [14] B. M. Popkin, L. S. Adair y s. w. Ng, «Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries,» *Nutrition Reviews*, vol. 70, nº 1, pp. 3-21, 2012.
- [15] «La Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia,» ENSIN , pp. 3-23, 2010.
- [16] RAVASCO, P.; ANDERSON, H.; MARDONES, F. y RED DE MALNUTRICION EN IBEROAMERICA DEL PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO (RED MEL-CYTED). Métodos de valoración del estado nutricional. *Nutrición. Hosp.* [en línea]. 2010, vol.25, suplemento 3, págs.57-66. ISSN 1699-5198.
- [17] «GUÍA TÉCNICA Y OPERATIVA DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO NUTRICIONAL,» BIENESTAR FAMILIAR , vol. 5, pp. 1-59, 2018.
- [18] «ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2015,» ICBF, MSPS, INS, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, pp. 3-6, 2015.

- [19] P. Modjadji y S. Madiba, «The double burden of malnutrition in a rural health and demographic surveillance system site in South Africa: a study of primary schoolchildren and their mothers,» BMC Public Health volume, nº 1087, pp. 2-11, 2019.
- [20] 7. Kolčić, I. Double burden of malnutrition: A silent driver of double burden of disease in low–and middle–income countries. Journal of global health, 2(2). 2012.
- [21] Benjumea MV, Estrada A, Alvarez MC. Dualidad de malnutricion en el hogar Antioqueno (Colombia): Bajo peso en los menores de 19 anos y exceso de peso en los adultos. Rev Chil Nutr. 2006;33:32–42.
- [22] «Instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia para Niños, Niñas y Adolescentes de 0 a 18 Años,» Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2010.
- [23] M. Polania Macías, « Modelo logístico multinomial ordinal para la caracterización del dengue en el departamento del Caquetá entre los años 2012 hasta el 2019,» Universidad Santo Tomás, pp. 6-7, 2021.
- [24] D. Peña, «Manual Abrevi Ana lisis De Datos Multivariantes,» University Carlos Lii de Madrid, 2002.
- [25] V. H. Algañaraz Soria, «El “Análisis de Correspondencias Múltiples” como herramienta metodológica de sí–ntesis teórica y empí–rica. Su aporte al estudio del locus universitario privado argentino (1955-1983),» Revista Latinoamericana De Metodología De Las Ciencias Sociales, vol. 6, nº 1, 2016.
- [26] S. De la fuente Fernández, «ANÁLISIS CORRESPONDENCIAS SIMPLES Y MÚLTIPLES,» Universidad Autonoma de Madrid, pp. 5-20, 2011.
- [27] M. Durbán, Modelos Lineales Generalizados, Madrid : Universidad Carlos III, 2014.

- [28] A. Agresti, *Categorical Data Analysis*, Wiley Series in Probability and Statistics, 2002.
- [29] C. Molnar, *Aprendizaje automático interpretable, A Guide For Making Black Box Models Explainable*, 2021.
- [30] I. C. d. B. F. -. ICBF, «ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2015,» Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN, pp. 3-6, 2015.
- [31] M. I. Correia T D y D. L Waitzberg, «The impact of malnutrition on morbidity, mortality, length of hospital stay and costs evaluated through a multivariate model analysis,» *Clin Nutr*, vol. 22(3), pp. 235-239, 2003.
- [32] S. Khare, S. Kavyashree, D. Gupta y A. Jyotishi, «Investigation of Nutritional Status of Children based on Machine Learning Techniques using Indian Demographic and Health Survey Data,» *Procedia Computer Science*, vol. 115, pp. 338-349, 2017.
- [33] A. Chatterjee, M. W. Gerdes y S. G. Martinez, «Identification of Risk Factors Associated with Obesity and Overweight—A Machine Learning Overview,» *Sensors*, vol. 20(9), p. 2734, 2020.
- [34] M. Ramirez-Zea, M. F. Kroker-Lobos, R. Close-Fernandez y R. Kanter, «The double burden of malnutrition in indigenous and nonindigenous Guatemalan populations,» *The American journal of clinical nutrition*, vol. 100(6), pp. 1644S-1651S, 2014.
- [35] N. Zhang, L. Bécares y T. Chandola, «Patterns and Determinants of Double-Burden of Malnutrition among Rural Children: Evidence from China,» *PloS one*, vol. 11(7), 2016.

- [36] «ENCUESTA NACIONAL DE LA SITUACIÓN NUTRICIONAL-ENSIN 2015,» ICBF, MSPS, INS, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, pp. 3-6, 2015.
- [37] Echague G, Díaz V, Mendoza L, Mongelo P, Giménez G, Paez M, et al. Estado nutricional y aspectos alimentarios de mujeres indígenas del departamento de Presidente Hayes, Paraguay. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 2015; 47(3): 271-280. DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015003>
- [38] M. Á Borrero Espinosa, << Colombia continúa con altos índices en sobrepeso y obesidad>>, *El Tiempo*, 24 Abril 2017.
- [39] C Echeverri, << La guajira, Cesar, Magdalena y Córdoba, con todas las condiciones para la desnutrición crónica>>, *Fundación Éxito*, 10 Julio 2020.
- [40] Parra, D. C., Iannotti, L., Gomez, L. F., Pachón, H., Haire-Joshu, D., Sarmiento, O. L., ... & Brownson, R. C. (2015). The nutrition transition in Colombia over a decade: a novel household classification system of anthropometric measures. *Archives of Public Health*, 73, 1-12.
- [41] D. Castañeda Ballen, «Doble carga nutricional en América Latina, el Caribe y Colombia: Determinantes sociales y retos para la salud pública,» *Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá, 2018.
- [42]. María V. Benjumea-Rincón, José H. Parra-Sánchez y Paul R. Ocampo-Téllez, «concordancia en la talla para la edad entre referencias NCHS y OMS en indígenas colombianos», 2016.
- [43] A. Sebsbie, A. Minda y S. Ahmed, «Co-existence of overweight/obesity and stunting: it's prevalence and associated factors among under - five children in Addis Ababa, Ethiopia,» *BMC Pediatrics*, vol. 22, p. 377, 2022.

- [44] O.-F. Herran, J.-N. Bermúdez y M. d. P. Zea, «Cambios alimentarios en Colombia; resultados de dos encuestas nacionales de nutrición, 2010-2015,» Salud UIS, vol. 52, nº 52(1), pp. 21-31, 2020.
- [45] E. Doniz NN, G. Barreto E y R. Vásquez J, «Transición nutricional,» Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, vol. 4, nº 7, 2015.
- [46] B. Cornwell, E. Villamor, M. Mora-Plazas, C. Marin, C. A. Monteiro y A. Baylin, «Processed and ultra-processed foods are associated with lower-quality nutrient profiles in children from Colombia,» Public Health Nutrition, vol. 21(1), pp. 142-147, 2018.
- [47] L. Trijsburg, E. F. Talsma, J. H. M. de Vries, G. Kennedy, A. Kuijsten y I. D. Brouwer, «Diet quality indices for research in low- and middle-income countries: a systematic review,» Nutrition Reviews, vol. 77, nº 8, pp. 515-540, 2019.
- [48] J. M. Guzman, «Las Encuestas Demográficas y de Salud. Nuevos desafíos para cuantificar los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible,» Coyuntura Demográfica, México, 2022.
- [49] N. Shrestha, S. Mishra Raj, S. Ghimire, B. Gyawali, P. M. Singh Pradhan y D. Schwarz, «Application of single-level and multi-level modeling approach to examine geographic and socioeconomic variation in underweight, overweight and obesity in Nepal: findings from NDHS 2016,» Scientific Reports, nº 2406, 2020.
- [50] J. A. Sánchez y D. N. Bermúdez, «Análisis y valoración de la situación de la política de seguridad,» Ciencia Unisalle, pp. 6-7, 2015.
- [51] E. Tzioumis, M. C. Kay, M. E. Bentley y L. S. Adair, «Prevalence and trends in the childhood dual burden of malnutrition in low- and middle-income countries, 1990-2012,» Public health nutrition, vol. 19(8), pp. 1375-1388, 2016.
- [52] «Resolución 2465 de 2016. Ministerio de Salud y Protección Social.,» p. 3, 2016.

[53] L. Lemus, D. Quijano, D. Marcela, R. Rodríguez, C. Javier y H. Moreno, «Avances en la comprensión de la transición,» Nutricional colombiana, vol. 11(23), pp. 121-133, 2012.

[54] M. V. Benjumea R, A. Estrada R y M. C. Alvarez U, «DUAL MALNUTRITION IN ANTIOQUIA (COLOMBIA) HOMES: LOW WEIGHT IN CHILDHOOD UNDER 19 YEARS OLD AND ADULTHOOD OVERWEIGHT.,» Revista chilena de nutrición, vol. 33, nº 1, pp. 32-42, 2006.

[55] S. Khan, S. Zaheer y N. F. Safdar, «Determinants of stunting, underweight and wasting among children < 5 years of age: evidence from 2012-2013 Pakistan demographic and health survey,» BMC Public Health , vol. 19, nº 358, 2019.

8. ANEXOS

En la siguiente tabla se pueden observar las variables que conforman la base de datos ENSIN 2015, que están descritas por: nombre de la variable, etiqueta, donde se especifica que significa la columna y por último la codificación con la que se hizo los modelos en R studio y Python.

Variables	Etiqueta	Codificación
-----------	----------	--------------

región_	Nombre de las regiones encuestadas.	0 Atlántico 1 Oriental 2 Orinoquia y Amazonía 3 Bogotá 4 Central 5 Pacífica
subregión_	Nombre de los municipios encuestados.	0 Barranquilla 1 Antioquia sin Medellín 2 Atlántico, San Andres, Bolivar Norte 3 Bogotá 4 Bolivar Sur, Sucre, Córdoba 5 Boyacá, Cundinamarca, Meta 6 Caldas, Risaralda, Quindío 7 Cali 8 Cauca y Nariño sin litoral 9 Guajira, Cesar, Magdalena 10 Litoral Pacífico 11 Medellín 12 Orinoquia y Amazonía 13 Santanderes 14 Tolima, Huila, Caquetá 15 Valle sin Cali ni Litoral
área_	Área de residencia del niño encuestado.	0 Cabecera municipal 1 Resto (Centro poblado)
Antsexo o sexo_	Sexo del niño encuestado.	0 Hombre 1 Mujer

An_Edad o edad_	Edad del niño encuestado.	1, 2, 3, 4
Estrato Zona	Estrato de la vivienda de residencia del niño.	1 y 2
Étnia_jefe o étnia_	Étnia del niño encuestado.	0 Negro / Mulato / Afrocolombiano / Afrodescendiente / Palenquero de San Basilio 1 Indígena 2 Sin pertenencia étnica
Agua o agua_	Accesos a sistemas de agua en la vivienda de residencia del niño.	0 Agua embotellada 1 Acueducto público 2 Acueducto comunal o veredal o pozo con bomba 3 Otro
Afiliado o afiliado_	Accesos a sistemas de salud del niño encuestado.	0 Régimen contributivo o especial 1 Régimen subsidiado 2 No afiliado
WHZ (PT)	Medida antropométrica peso para la talla	Numérico
HAZ (TE)	Medida antropométrica talla para la edad	Numérico
BAZ (IMC)	Medida antropométrica índice de masa corporal.	Numérico

CLASIFICACIÓN	Clasifica las enfermedades que los niños tuvieron los últimos 15 días antes de la encuesta.	0 Grupo 1 1 Grupo 2 2 Grupo 3 3 Sin Enfermedad
Clasificación_final_PT	Clasificación peso para la talla	0 Normal peso talla (NPT) 1 Sobrepeso peso talla (SPT) 2 Riesgo nutricional agudo (RNA) 3 Obesidad peso talla (OPT) 4 Desnutrición aguda (DA) 5 Desnutrición aguda severa (DAS)
Clasificación_final_TE	Clasificación talla para la edad	0 Normal talla edad (NTE) 1 Riesgo talla baja (RTB) 2 Talla baja edad (TBE)
Clasificación_final_IMC	Clasificación índice de masa corporal.	0 Normal 1 Sobrepeso 2 Obesidad