

**MODELO PREDICTIVO DEL RIESGO DE BAJO PESO AL NACER A PARTIR
DE FACTORES ASOCIADOS EN NEONATOS DE GESTANTES AFILIADAS A
EMSSANAR EPS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO
EN EL PERIODO 2016 – 2018**

**ROCÍO DEL PILAR JUELPAZ TATICUAN
VICTOR ALFONSO MOLINA CHINGUE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES E INTERACCIÓN SOCIAL
CENTRO DE ESTUDIOS EN SALUD - CESUN
MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA
SAN JUAN DE PASTO
2022**

**MODELO PREDICTIVO DEL RIESGO DE BAJO PESO AL NACER A PARTIR
DE FACTORES ASOCIADOS EN NEONATOS DE GESTANTES AFILIADAS A
EMSSANAR EPS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO
EN EL PERIODO 2016 – 2018**

**ROCÍO DEL PILAR JUELPAZ TATICUAN
VICTOR ALFONSO MOLINA CHINGUE**

**Proyecto, presentado como requisito para optar al título
de Magister en Salud Pública**

**Asesor
ARSENIO HIDALGO TROYA
Magister en Estadística**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES E INTERACCIÓN SOCIAL
CENTRO DE ESTUDIOS EN SALUD - CESUN
MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA
SAN JUAN DE PASTO
2022**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son responsabilidad de los autores. Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, febrero de 2022

RESUMEN

Objetivo: la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo predictivo del bajo peso al nacer a término. **Metodología:** el cual, planteado un estudio de casos y controles, en todos los nacimientos de madres afiliadas a la aseguradora Emssanar, entre 2016 y 2018, se utilizò el modelo de regresión logística para obtener un modelo Explicativo y predictivo procesado en SPSS y la Red Neuronal se utilizò para construir el modelo o algoritmo computacional predictivo y se procesò bajo el software R. **Resultados:** el modelo predictivo de regresión logística permite calcular la probabilidad que un neonato tenga bajo peso al nacer, esta probabilidad se estima en función de los valores de un conjunto de predictores o variables independientes (las variables que resultaron significativas son: municipio de residencia, área de residencia, ocupación de la madre, nivel educativo de la madre, Etnia, número de embarazos previos, número de hijos vivos, peso gestacional, talla de la madre, IMC, IVU, HTA, consumo de alcohol, número de controles prenatales, realización del curso psicoprofiláctico, consumo de mucronutrientes, semanas de gestación, sexo del recién nacido y categorización del SISBEN), y de los coeficientes obtenidos en el modelo. Para evaluar si las predicciones son consistentes con los desenlaces observados se evaluó la sensibilidad y la especificidad, encontrando que modelo se clasifican correctamente los casos de bajo peso en un 93,3% y se descartan correctamente los controles normo peso en un 93.8%, con un área bajo la curva de 93.8%, evidenciando una alta consistencia de las predicciones frente a los datos observados. En la aplicación de una red neuronal, para esta investigación se conto inicialmente con un conjunto de datos de 29 variables y se excluyeron número y año las cuales no son necesarias para el análisis, de los 27 restantes es se realizó un proceso de normalización: (1. Estandarizar las variables numéricas 2. Dummy coding), lo que permite finalmente la base de datos, para el procesamiento de la red quedo con 10990 observaciones y 96 variables. Los resultados de la red neuronal en su etapa de entrenamiento se presento una exactitud de 99,27% y en su etapa de comprobación una de 99,79%, una sensibilidad de 99,83% y una especificidad de 99,29%, el modelo predice a los normo pesos en un 99,94% y los bajos pesos al nacer en un 98,01%. **Conclusiones:** una vez desarrollada la investigación se plantea que las técnicas estadísticas aplicadas, regresión logística y red neuronal, permiten desarrollar un modelo para determinar el bajo peso al nacer. Sin embargo, se elige para esta investigación como el mejor modelo el encontrado en la técnica de redes neuronales para predecir la probabilidad tener bajo peso al nacer, esto por cuanto si hacemos el comparativo encontramos en la Red neuronal una exactitud del 99,79%, una sensibilidad del 99,4% y una especificidad del 98,01%, mientras que con regresión logística se tiene una exactitud del 93,8%, una sensibilidad del 93.8% y una especificidad del 93.3%.

ABSTRAT

Objective: the present investigation aimed to develop a predictive model of low birth weight at term. Methodology: which, based on a case-control study, in all births of mothers affiliated with the Emssanar insurance company, between 2016 and 2018, the logistic regression model was used to obtain an Explanatory and predictive model processed in SPSS and the Network Neuronal was used to build the predictive computational model or algorithm and was processed under R software.

Results: the predictive logistic regression model allows calculating the probability that a neonate has low birth weight, this probability is estimated based on the values of a set of predictors or independent variables (the variables that were significant are: municipality of residence, area of residence, mother's occupation, mother's educational level, ethnicity, number of previous pregnancies, number of live children, gestational weight, mother's height, BMI, STI, HT, alcohol consumption, number of prenatal check-ups, completion of the psychoprophylactic course, consumption of mucronutrients, weeks of gestation, sex of the newborn and categorization of the SISBEN), and the coefficients obtained in the model. To assess whether the predictions are consistent with the observed outcomes, the sensitivity and specificity were evaluated, finding that the model correctly classified low weight cases in 93.3% and the normal weight controls were correctly discarded in 93.8%, with an area under the curve of 93.8%, showing a high consistency of the predictions against the observed data. In the application of a neural network, for this research we initially had a data set of 29 variables and the number and year were excluded, which are not necessary for the analysis, of the remaining 27 a normalization process was carried out: (1. Standardize the numerical variables 2. Dummy coding), which finally allows the database, for the processing of the network I have 10,990 observations and 96 variables. The results of the neural network in its training stage showed an accuracy of 99.27% and in its verification stage an accuracy of 99.79%, a sensitivity of 99.83% and a specificity of 99.29%, the model predicts normal weights by 99.94% and low birth weights by 98.01%. Conclusions: once the research has been developed, it is suggested that the applied statistical techniques, logistic regression and neural network, allow the development of a model to determine low birth weight. However, the best model found in the neural network technique is chosen for this research to predict the probability of having low birth weight, this because if we make the comparison, we find an accuracy of 99.79% in the neural network, a sensitivity of 99.4% and a specificity of 98.01%, while with logistic regression there is an accuracy of 93.8%, a sensitivity of 93.8% and a specificity of 93.3%.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
Introducción	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL	16
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
3.3. HIPÓTESIS	16
4. MARCO DE REFERENCIA	17
4.1. ESTADO DEL ARTE	17
4.2. MARCO TEÓRICO	21
4.3. MARCO LEGAL.	29
5. METODOLOGÍA	34
5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.2. TIPO DE ESTUDIO	34
5.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	34
5.4. DISEÑO	34
5.5. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	35
5.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	37
5.7. CONTROL DE ERRORES Y SESGOS	37
5.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	38
5.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS	39
6. RESULTADOS	40
7. DISCUSIÓN	57
8. CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factores de riesgo del bajo peso al Nacer	18
Tabla 2. Definición de términos de factores asociados al bajo peso al nacer	18
Tabla 3. Normativa en salud	32
Tabla 4. Descripción de variables	35
Tabla 5. Variable dependiente: bajo peso del recién nacido	37
Tabla 6. Características sociodemográficas de las madres de nacidos vivos a término Emssanar Nariño 2016-2018	40
Tabla 7. Características de las madres de nacidos vivos a término Emssanar Nariño 2016-2018	41
Tabla 8. Características clínicas de las madres y de los recién nacidos a término Emssanar Nariño 2016-2018	42
Tabla 9. Características sociodemográficos de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	43
Tabla 10. Características clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	46
Tabla 11. Bondad y ajuste del modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	48
Tabla 12. Modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres en función del desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	49
Tabla 13. Sensibilidad y especificidad del modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	53
Tabla 14. Sensibilidad y especificidad del modelo rede neuronal de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	56
Tabla 15. Matriz de confusión regresión logística vs red neuronal	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Efecto de las variables sobre bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018	39
Figura 2. Modelo de red neuronal Perceptrón multicapa de configuración 94-2:10-2	53
Figura 3. Diagrama de flujo, red neuronal bajo peso al nacer	54

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Red neuronal del riesgo de bajo peso al nacer a término a partir de factores asociados en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018	66

INTRODUCCIÓN

El bajo peso al nacer es el principal factor determinante de la morbilidad infantil y especialmente, de la neonatal, causando trastornos familiares y sobrecarga los presupuestos de los servicios de cuidados intensivos y neonatales especiales, convirtiéndose así, en un problema de salud pública mundial (1).

El crecimiento del niño durante el embarazo es el resultado de la interacción de elementos socioeconómicos, antecedentes demográficos y de salud de la familia y la madre, el problema de los infantes con bajo peso al nacer se debe a las condiciones de salud de las gestantes, que a su vez están relacionadas con el entorno social, económico y cultural (2). Al respecto en el tema de salud los factores asociados de manera significativa a recién nacidos de bajo peso fueron: “la desnutrición materna, ganancia escasa de peso transgestacional, niño anterior con menos de 2.500 gr, hipertensión arterial y tabaquismo”(3).

Autores como Velazquez y cols. afirman que los factores de riesgo de los neonatos con bajo peso al nacer pueden clasificarse en cuatro categorías o grupos: 1) demográficos: Clase social, grupo étnico o raza, nivel educacional materno, ocupación, estrés, gestación no planificada, 2) médicos: multiparidad, enfermedades crónicas, estado nutricional, entre otros, 3) Conductual: Fumar, consumir alcohol y otras drogas y 4) Ambientales: Estación del año, altura sobre el nivel del mar (4).

Considerando la magnitud del problema, diversos organismos multilaterales como la OMS se ha fijado como meta reducir un 30% los casos de bajo peso al nacer para el 2025. Sin embargo, para Colombia las cifras siguen siendo poco alentadoras la prevalencia de BPN varió entre 8,76%, 8,80%, 8,81% y 9,13%, en los años 2008, 2015, 2012 y 2018, respectivamente; estas cifras varían entre las regiones del país, territorios como Bogotá, D.C, Cundinamarca y Boyacá, presentaron prevalencias de BPN superiores al promedio nacional, en el 2018; para este mismo año el departamento de Nariño reportó 9,63%, cifra que representa un aumento respecto a años anteriores (9,41% en 2016 y 9,18% en 2017)(5).

En el departamento de Nariño una de las EPS con mayor volumen de afiliados es Emssanar S.A.S., actualmente cuenta con 664.729 afiliados, distribuidos por régimen así: 635.094 Régimen Subsidiado y 29.635 Régimen Contributivo(6); la cual ha detectado por medio de su programa “salud materna un compromiso de todos” que al igual que en el departamento, la incidencia del bajo peso al nacer ha tenido incrementos en los últimos años, por lo cual las directivas de esta empresa otorgan el permiso para la utilización de la información que permita determinar los factores con mayor poder predictivo del bajo peso al nacer en gestantes afiliadas a

Emssanar EPS del Departamento de Nariño y a partir de esta información construir un modelo predictivo del riesgo de bajo peso al nacer.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta que según Núñez y Morice el crecimiento del niño durante el embarazo es el resultado de la interacción de elementos socioeconómicos (2), antecedentes demográficos y de salud de la familia y la madre, el problema de los infantes con bajo peso al nacer no se limita específicamente a situaciones ligadas con las condiciones de salud de las gestantes, sino que tiene implicaciones del entorno social, económico y cultural.

Al respecto Rodríguez et al., encontraron que en el tema de salud los factores asociados de manera significativa a recién nacidos de bajo peso fueron: “la desnutrición materna, ganancia escasa de peso transgestacional, niño anterior con menos de 2.500 gr, hipertensión arterial y tabaquismo”(3).

Frente a esto Bortman M, citado por Licona y Sarahi afirma que los factores de riesgo de los neonatos con bajo peso al nacer pueden clasificarse en cuatro categorías o grupos: 1) demográficos: Clase social, grupo étnico o raza, nivel educacional materno, ocupación, estrés, gestación no planificada, 2) médicos: multiparidad, enfermedades crónicas, estado nutricional, entre otros, 3) Conductual: Fumar, consumir alcohol y otras drogas y 4) Ambientales: Estación del año, altura sobre el nivel del mar (3).

Situación en el mundo cifras de BPN: Asia meridional tiene la incidencia más alta, el 31 % de todos los bebés presentan BPN, en Asia Oriental y el Pacífico, se encuentra la incidencia más baja, el 7 % de los bebés nacen con BPN; en África subsahariana el BPN se ubica en 14% y en el norte y oriente medio en 15% (7).

Situación en américa cifra de BPN: En América Latina el índice de bajo peso al nacer se ubica en 8,6%, la proporción de niños con bajo peso al nacer oscila entre 8.0% en Norte América y 15% en Honduras (7).

Situación en colombia cifra de BPN: En Colombia el monitoreo del evento se realiza a través del sistema de estadísticas vitales con una cobertura de 96% a nivel nacional, cuyos resultados indican que la proporción de bajo peso al nacer para el año 1998 fue de 7,2, incrementándose para el año 2015 a 8,693 (7).

Situación en el departamento de Nariño cifras de BPN: Durante el año 2016 se notificaron un total de 604 casos de bajo peso al nacer, correspondiendo al 9,4 del total de nacidos vivos, 28 casos más con respecto a los notificados durante el año

2015 (4,8%).

Efecto del BPN sobre la morbilidad y mortalidad del recién nacido.

Según la Organización Mundial de la Salud, el BPN se da cuando un niño pesa menos de 2,500 g al nacer independientemente de la edad gestacional y de la causa del bajo peso; este es considerado uno de los factores de riesgo asociados a la mortalidad infantil (MI) y, por ende, una de las preocupaciones de salud pública a nivel mundial.

Una de las acciones más importantes para la reducción de la mortalidad infantil, es la prevención del BPN; a través de este indicador se pueden evaluar los resultados de la atención prenatal, las perspectivas de supervivencia infantil y la salud del recién nacido durante el primer año de vida e indirectamente de las condiciones de su gestación a través de los contextos sociodemográficos de la madre y la población (8).

La OMS, indica que el parto seguro y los cuidados neonatales eficientes, característicos de los sectores desarrollados, son fundamentales para la supervivencia de un niño durante el periodo neonatal. De esta manera, la mayoría de las muertes neonatales son producto de partos prematuros, asfixias durante el parto e infecciones, y las muertes en menores de cinco años son producto de neumonía, diarrea y paludismo. La malnutrición contribuye al 45% del total de las muertes, puesto que genera vulnerabilidad en los niños, haciéndolos propensos a enfermedades graves.

Los niños, nacidos con un peso inferior a los 2 500 g, presentan riesgo de mortalidad 14 veces mayor durante el primer año de vida, en comparación con los niños que nacen con un peso normal a término (9).

Magnitud del problema de BPN en el contexto internacional, del país y el departamento.

Considerando la magnitud del problema, diversos organismos multilaterales como la OMS se ha fijado como meta reducir un 30% los casos de bajo peso al nacer para el 2025. Sin embargo, para Colombia las cifras siguen siendo poco alentadoras la prevalencia de BPN varió entre 8,76%, 8,80%, 8,81% y 9,13%, en los años 2008, 2015, 2012 y 2018, respectivamente; estas cifras varían entre las regiones del país, territorios como Bogotá, D.C, Cundinamarca y Boyacá, presentaron prevalencias de BPN superiores al promedio nacional, en el 2018; para este mismo año el departamento de Nariño reportó 9,63%, cifra que representa un aumento respecto a años anteriores (9,41% en 2016 y 9,18% en 2017) (5).

BPN a término y pretérmino: El bajo peso al nacer es una entidad compleja, que incluye a los neonatos prematuros (nacidos antes de las 37 semanas de

gestación), los neonatos a término pequeños para su edad gestacional, y los neonatos en que se suman ambas circunstancias, en los que suelen darse los resultados más adversos. Estos tres grupos tienen sus propios subgrupos, con elementos asociados a diferentes factores causales y efectos a largo plazo, y cuyas distribuciones en la población dependen de la prevalencia de los factores causales subyacente(10–12) Comprender y diferenciar las diferentes categorías y sus subgrupos es un primer paso esencial para la prevención (13,14).

El análisis por semanas de gestación permite observar que cerca del 50% del bajo peso al nacer se presenta en niños a término, cifra que es importante para analizar, teniendo en cuenta que presenta un crecimiento constante aún más a partir del año 2005, estos resultados son importantes dado que, para tener tasas bajas de mortalidad infantil, el porcentaje de niños con bajo peso al nacer a término debe estar por debajo del 40% del total (9).

Cobertura de la EPS Emssanar en el Departamento de Nariño: Emssanar S.A.S. ES una organización que asegura el riesgo en salud de la población afiliada al régimen subsidiado y movilidad contributivo en el Suroccidente colombiano (en los departamentos de: Valle del cauca, Cauca, Nariño y Putumayo), actualmente en el departamento de Nariño tiene 664.729 afiliados, distribuidos por régimen así: 635.094 Régimen Subsidiado y 29.635 Régimen Contributivo (6).

Intervenciones para prevenir el BPN

Una asistencia sanitaria que resulte adecuada al entorno cultural y unas intervenciones sensibles al género son esenciales para llegar a las mujeres que se enfrentan a mayores barreras en el acceso a la atención sanitaria. La aplicación de intervenciones basadas en datos probatorios para luchar contra el bajo peso al nacer será más eficaz y tendrá un mayor impacto sobre la equidad sanitaria si se ve impulsada por la colaboración entre programas y sectores. Todos los programas deben tener en cuenta las creencias y preferencias de las mujeres respecto a su salud, los desequilibrios en la relación de género y en el reparto de poder entre mujeres y hombres, y las desigualdades entre los grupos de mujeres en cuanto a raza, etnia y segregación residencial (15).

Bajo las anteriores consideraciones es completamente claro que el bajo peso al nacer continúa siendo un problema de salud pública y para el departamento de Nariño esta problemática no es agena, haciendose necesario la construcción de un modelo predictivo del riesgo de bajo peso al nacer a partir de factores asociados en neonatos de gestantes, que para nuestro caso lo tomaremos del grupo poblacional que corresponde a las gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018, que es una EPS que cuenta con datos suficientes y permite a los investigadores el acceso a los mismos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué factores predicen el riesgo de bajo peso al nacer (BPN) en neonatos a término de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018?

2. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente trabajo es importante para la formulación de programas y proyectos en materia de políticas públicas o emprendimientos sociales que le apunten a mejorar las condiciones de salud, calidad de vida, e inserción social y académica de los niños con bajo peso al nacer en el departamento de Nariño, puesto que permitirá establecer las características sociodemográficas, humanas, sociales y funcionales de esta población a fin de buscar una adecuada intervención y planes de atención para este segmento de la comunidad.

En ese orden de ideas, el presente documento puede servir de guía para la construcción de una línea de base y de estrategias que permitan la intervención, reducción y mitigación de los factores de riesgo a los que se encuentran sometidas las gestantes de Emssanar EPS en el Departamento de Nariño y que generan neonatos con bajo peso al nacer.

Además, el desarrollo de la presente investigación favorece la labor sustantiva de la Universidad de Nariño al posibilitar la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Maestría en Salud Pública a un contexto y problemática real y de suma importancia para las madres gestantes del departamento.

A nivel de los procesos de investigación de la maestría, la realización de este trabajo es novedosa y pertinente ya que se muestra como una temática diferencial, puesto que los estudios anteriores están enfocados a la identificación de factores de riesgo, pero no tienen el horizonte de intervención, que es la propuesta en la que se fundamenta el presente proyecto, puesto que se construye un modelo predictivo del riesgo de bajo peso al nacer a partir de factores asociados en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS en el periodo comprendido de 2016 a 2018.

3. OBJETIVOS

3.1.OBJETIVO GENERAL

Elaborar un modelo predictivo del riesgo de bajo peso al nacer a partir de factores asociados en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018

3.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

Caracterizar los factores demográficos, conductuales, pre-gestacionales, gestacionales y de servicios de salud de los neonatos con bajo peso al nacer en gestantes afiliadas Emssanar EPS, del Departamento de Nariño en los años 2016 y 2018.

Identificar los factores asociados con bajo peso al nacer en neonatos de gestantes afiliadas Emssanar EPS, del Departamento de Nariño en los años 2016 y 2018.

Estimar el riesgo de bajo peso al nacer a través de un modelo predictivo que mejor se ajuste a los datos de neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño,

3.3.HIPÓTESIS

La causa de bajo peso al nacer en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS, está determinada por factores sociodemográficos y clínicos identificables y susceptibles de intervención.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ESTADO DEL ARTE

Según Velázquez et al, el bajo peso al nacimiento (BPN) es un problema de salud pública mundial, que impacta sobre la mortalidad neonatal e infantil (4). Entre los múltiples factores asociados al BPN se han señalado las características antropométricas, nutricionales, socioculturales y demográficas de la madre.

De acuerdo con Velázquez et al., los factores de riesgo asociados al BPN son:

- Padres con baja estatura.
- Alteraciones genéticas del feto.
- Exposición a tóxicos como: alcohol, nicotina, anticonvulsivantes.
- Exposición a infección intrauterina, principalmente las del síndrome de TORCH.
- Exposición a teratógenos. (4)

Dentro de las causas extrínsecas se señalan:

- Deficiente aporte de nutrientes.
- Enfermedad cardíaca materna.
- Vivir a gran altitud sobre el nivel del mar.
- Anemia materna.
- Disfunción placentaria que acompaña a los estados hipertensivos del embarazo.
- Infartos placentarios y/o el desprendimiento crónico de la misma.
- Tamaño pequeño de la placenta.
- Malformaciones y tumoraciones uterinas que limitan el espacio disponible para el adecuado crecimiento fetal. (4)

En el mismo sentido Nuñez, Morice apunta que:

“El BPN es una condición que puede ser detectada durante el control prenatal. Para ello se requiere que la atención se brinde de manera temprana, periódica y continua. Además, es necesario que tenga una elevada cobertura y que el servicio sea, de calidad y así, favorecer la detección de factores de riesgo, la identificación de determinantes o evidencia de bajo peso al nacer y el manejo oportuno de esas alteraciones” (2) p. 36

Este autor señala al:

BPN como un excelente indicador para evaluar la cobertura y calidad de la atención prenatal, permite, además, analizar la equidad de la prestación de los servicios de salud, dada su estrecha asociación con las condiciones de vida de los grupos sociales más postergados (2).

Otros autores como Rodríguez, Hernández, Reyes encontraron que Factores asociados de manera significativa a recién nacidos de bajo peso fueron: la desnutrición materna, ganancia escasa de peso transgestacional, niño anterior con menos de 2 500 g, hipertensión arterial y tabaquismo (3).

Según Pabón-Salazar, Y., Eraso-Revelo, J., Bergonzoli-Pelaez, G., & Mera-Mamián, A. (2021). La mayoría de factores de riesgo identificados pueden ser prevenidos o intervenidos precozmente desde un enfoque de salud pública, esto sustentado en los resultados obtenidos en su estudio titulado “Factores asociados al bajo peso al nacer en un hospital universitario del departamento de Nariño” (16).

Relación entre las características sociodemográficas y clínicas y la ocurrencia de bajo peso al nacer en neonatos a término:

Según Pabón-Salazar, Y., Eraso-Revelo, J., Bergonzoli-Pelaez, G., & Mera-Mamián, A. (2021). El riesgo de tener un recién nacido de BPN fue 2,12 veces mayor en las mujeres que se encontraban afiliadas al régimen subsidiado comparado con quienes estaban afiliadas al régimen contributivo(16).

Según la ENDS 2010, se encontró que el bajo peso se presenta con mayor frecuencia en hijos de madres menores de 20 años y mayores de 34 años, primogénitos, de las zonas urbanas, con mayor educación y menor pobreza. De la misma manera, fue más prevalente en Bogotá con 12%, Valle del Cauca sin Cali, ni litoral (10%), las áreas metropolitanas de Barranquilla, Medellín y Cali con un 9%. Estas diferencias no se pueden atribuir únicamente a condiciones sociodemográficas (17).

Resultados de la caracterización del BPN 2016. Instituto Departamental de Salud de Nariño (9).

En Nariño para el año 2016 se registró un total de 16.687 niños y niñas nacidas vivas, de los cuales 559 presentaron bajo peso al nacer, representando así el ,4% con bajo peso al nacer a término (9).

Recién nacidos con BPN a término de acuerdo a la edad de la madre: las madres menores de 15 años que tuvieron hijos con BPN corresponden al 2.79%, entre 15 a 19 años representan un 3.6%, entre 20 a 34 años al igual que las mayores de 35 años corresponden a un 3.36% cada uno (9).

Recién nacidos con BPN a término de acuerdo a número de controles prenatales, Nariño: las mujeres sin control prenatal que tuvieron hijos con BPN a término

representan un 11.24%, mujeres entre que asistieron entre 1 y 5 controles prenatales corresponden al 3.42% y mujeres con 6 o más controles prenatales son el 3.27%, lo que indica que el no asistir a ningún control prenatal aumenta el riesgo de que el niño o niña nazca con BPN (9).

Municipios de Nariño con mayor porcentaje BPN a término, cuarto trimestre 2016: en el departamento de Nariño, del total de nacidos vivos los municipios que más presentaron BPN son: Belén represento el 20% al igual que la Llanada, Linares 13.3%, Gualmatán, Sandoná 11.6% 10.5%, Guitarrilla 10%, Aldana un 9.5%, Funes 9,1%, y la capital del departamento Pasto 4.6% (9).

Al analizar la relación entre el BPN y cada una de las variables biológicas de interés, se encontró relación estadísticamente significativa con las variables: antecedentes personales de hipertensión, antecedente de BPN, ruptura prematura de membranas, vaginitis al inicio y al final de embarazo, anemia al inicio y al final del embarazo, hospitalización en el embarazo, edad de la madre, ganancia de peso, periodo intergenésico, edad gestacional y alto riesgo obstétrico (16).

Se identificó que el riesgo de tener un recién nacido de BPN fue 2,95 veces mayor en las mujeres que presentaban infección vaginal en la gestación comparado con aquellas que no; 4,24 veces mayor en las mujeres que se embarazan en edades entre 10 y 19 años, comparados con las mujeres que se embarazan después de los 19 años. Por cada unidad de aumento en el IMC el riesgo de tener un recién nacido de bajo peso, presentó una reducción promedio de 7% y por cada semana de aumento en la edad gestacional, el riesgo de tener un recién nacido de bajo peso presentó una reducción global del 67% (16).

Eisner y col. informan que cuando otros factores se mantienen constantes, los factores que aumentan el riesgo de BPN son: raza diferente a la blanca, muerte del producto previo, intervalo intergenésico corto, nacimiento fuera del matrimonio, carencia de cuidado prenatal, y edad menor de 18 ó mayor de 35 años (18).

La adolescente embarazada y soltera es, por lo general, económicamente dependiente de los padres y tiene menor nivel educativo, lo que la coloca en una situación particularmente desventajosa. El mejor nivel educativo de ambos padres seguramente permite una mejor situación económica, estabilidad matrimonial y mejor atención prenatal. Elevar el nivel económico y educativo de la población podría ser parte de la solución (19).

Se encontró que casos y controles fueron similares respecto a las variables etnia y estado civil, siendo en su mayoría solteras y mestizas. El mayor porcentaje de la población (87% de casos y 81% de controles) pertenecía al estrato I, lo que para Colombia representa poblaciones que obtienen menor puntaje relacionado con características de las viviendas y su entorno urbano o rural, en general tanto estrato I, II y III albergan a los usuarios con menores recursos, los cuales son beneficiarios de subsidios en los servicios públicos domiciliarios(16).

La implantación a gran escala de la administración de suplementos de calcio durante el embarazo es un ejemplo del tipo de intervención nutricional eficaz que debe introducirse inmediatamente en grupos de población con bajo consumo de calcio. Reducir la incidencia del bajo peso al nacer requiere una estrategia mundial de carácter integral, que debe incluir múltiples elementos: mejorar el estado nutricional de la madre, tratar las enfermedades asociadas al embarazo como la preeclampsia, y proporcionar unos cuidados maternos, servicios clínicos perinatales y apoyo social adecuados (20).

Factores protectores para prevención del bajo peso al nacer:

Para un desarrollo óptimo de la gestación es necesario desarrollar actividades, procedimientos e intervenciones para detectar alteraciones en la gestación y promover acciones que protejan esta etapa de la vida, esto debe hacerse desde un nivel personal, familiar, comunitario, interdisciplinario e interinstitucional con el fin de tener un una madre e hijo saludable (9).

Algunos factores protectores que van a prevenir el bajo peso al nacer son:

Promocionar el servicio de consulta preconcepcional, si se sospecha de estar en gestación, solicitar una prueba de gestación, aceptar la gestación como una etapa natural de la vida que conlleva cambios a nivel físicos y psicológicos, fomentar la asistencia al programa de detección temprana de alteraciones de la gestación, idealmente antes de la semana 10, además de informarse sobre las características del programa y periodicidad en la que hay que asistir, si se tiene dudas sobre el desarrollo de la gestación en las diferentes etapas, preguntar al personal de salud y solicitar una orientación clara y oportuna (9).

Garantizar el acceso oportuno a los exámenes paraclínicos que solicite el personal de salud, garantizar el acceso oportuno para iniciar el consumo de micronutrientes como son: ácido fólico, calcio y sulfato ferroso, en el momento que le indique el personal de salud y en las cantidades indicadas por el mismo, atender las recomendaciones nutricionales que el profesional de la salud sugiera, llevando una dieta completa, equilibrada, suficiente y adecuada en las diferentes etapas de la gestación (9).

Educar a la familia en el cuidado de la gestante, el acompañamiento y apoyo de la pareja sentimental y familiares protege la salud mental y física de la embarazada, fomentos protectores para la salud de la gestante como medidas higiénicas, sexualidad, vestuario y ejercicio(9).

Conocer los signos de alarma en la gestación sobre los cuales se debe consultar al personal de salud inmediatamente, tales como vértigo, edema, cefalea, dolor epigástrico, trastornos visuales y auditivos, cambios en la orina, sangrado vaginal, ausencia de movimientos del feto según la edad gestacional, identificar signos de

depresión y/o ansiedad durante la gestación para que sean tratados oportunamente por un profesional de la salud (9).

4.2. MARCO TEÓRICO

Según la Organización Mundial de la Salud, el BPN se da cuando un niño pesa menos de 2,500 g al nacer independientemente de la edad gestacional y de la causa del bajo peso; este es considerado uno de los factores de riesgo asociados a la mortalidad infantil (MI) y por ende, una de las preocupaciones de salud pública a nivel mundial. Los niños, nacidos con un peso inferior a los 2 500 g, presentan riesgo de mortalidad 14 veces mayor durante el primer año de vida, en comparación con los niños que nacen con un peso normal a término (9).

El bajo peso al nacer es una entidad compleja, que incluye a los neonatos prematuros (nacidos antes de las 37 semanas de gestación), los neonatos a término pequeños para su edad gestacional, y los neonatos en que se suman ambas circunstancias, en los que suelen darse los resultados más adversos. Estos tres grupos tienen sus propios subgrupos, con elementos asociados a diferentes factores causales y efectos a largo plazo, y cuyas distribuciones en la población dependen de la prevalencia de los factores causales subyacentes (10–12). Comprender y diferenciar las diferentes categorías y sus subgrupos es un primer paso esencial para la prevención (13,14).

El análisis por semanas de gestación permite observar que cerca del 50% del bajo peso al nacer se presenta en niños a término, cifra que es importante para analizar, teniendo en cuenta que presenta un crecimiento constante aún más a partir del año 2005, estos resultados son importantes dado que, para tener tasas bajas de mortalidad infantil, el porcentaje de niños con bajo peso al nacer a término debe estar por debajo del 40% del total (9).

La OMS, indica que el parto seguro y los cuidados neonatales eficientes, característicos de los sectores desarrollados, son fundamentales para la supervivencia de un niño durante el periodo neonatal. De esta manera, la mayoría de las muertes neonatales son producto de partos prematuros, asfixias durante el parto e infecciones, y las muertes en menores de cinco años son producto de neumonía, diarrea y paludismo. La malnutrición contribuye al 45% del total de las muertes, puesto que genera vulnerabilidad en los niños, haciéndolos propensos a enfermedades graves.

El bajo peso al nacer sigue siendo un problema significativo de salud pública en todo el mundo y está asociado a una serie de consecuencias a corto y largo plazo. En total, se estima que entre un 15% y un 20% de los niños nacidos en todo el mundo presentan bajo peso al nacer, lo que supone más de 20 millones de neonatos cada año. El objetivo para 2025 es reducir un 30% el número de niños

con un peso al nacer inferior a 2500 g. Esto supondría una reducción anual del 3% entre 2012 y 2025, con lo que el número anual de niños con bajo peso al nacer pasaría de unos 20 millones a unos 14 millones (5).

Para Colombia las cifras siguen siendo poco alentadoras la prevalencia de BPN varió entre 8,76%, 8,80%, 8,81% y 9,13%, en los años 2008, 2015, 2012 y 2018, respectivamente; estas cifras varían entre las regiones del país, territorios como Bogotá, D.C, Cundinamarca y Boyacá, presentaron prevalencias de BPN superiores al promedio nacional, en el 2018; para este mismo año el departamento de Nariño reportó 9,63%, cifra que representa un aumento respecto a años anteriores (9,41% en 2016 y 9,18% en 2017) (5).

Vulnerabilidad Social. El concepto de vulnerabilidad ha adquirido gran importancia para los estudios que se han realizado con poblaciones marginales, en este sentido, por vulnerabilidad se entiende la incapacidad de una persona u hogar para aprovechar las oportunidades disponibles en distintos ámbitos socioeconómicos, para mejorar su situación de bienestar o impedir su deterioro. Como el desaprovechamiento de oportunidades, el debilitamiento del proceso de acumulación de activos, las situaciones de vulnerabilidad suelen desencadenar sinergias negativas que tienden a un agravamiento progresivo.

Según Blaikie dice:

“Es la caracterización del riesgo; la vulnerabilidad. Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo en términos de su capacidad para anticipar, enfrentarse, resistir y recobrase del impacto de un peligro natural. Ello implica una combinación de factores que determinan el grado en que la vida y el sustento de los individuos son puestos en peligro por un evento identificable en la naturaleza o en la sociedad” (21) p. 14

Otros autores como Pizarro señalan que este concepto debe ser entendido como la inseguridad e indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida como consecuencia del impacto provocado por algún tipo de evento económico social de carácter traumático; teniendo en cuenta el manejo de recursos y las estrategias que utilizan las comunidades, familias y personas para enfrentar los efectos de ese evento (22). p.5

Por su parte y visto desde la óptica legal, organismos como la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL) definen la vulnerabilidad como:

la inobservancia o violación de derechos y libertades consagrados en la legislación nacional o incluidos en acuerdos internacionales que tienen fuerza de ley en los países. Además, de la imposibilidad de contrarrestar institucionalmente tal estado de cosas que puede provocar discriminación y a

las dificultades para actuar sobre sus causas, quienes sean sus causantes o al menos para rectificar sus consecuencias (23).

Para una mayor aproximación a identificar los índices de vulnerabilidad de las familias en condición de desplazamiento se aborda en el presente estudio desde la óptica sociológica a Katzma, quien señala los índices de vulnerabilidad se manifiesta como la carencia de activos de las personas y los hogares, como componentes del capital físico, capital social y capital humano con base en los cuales sugiere que puede medirse la vulnerabilidad social. Pero es difícil su medición, tomando en consideración un solo capital y para ello se hace necesaria la construcción de modelos multivariados, que incluyan variables de diferentes aspectos, que permitan la construcción de índices (4).

En este sentido, Busso sostiene que se debe entender la vulnerabilidad desde dos perspectivas: “social, donde intervienen los sujetos y colectivos de una parte de la población que se expresa de varias formas, ya sea como fragilidad e indefensión ante cambios originados en el entorno, como desamparo institucional desde el Estado que no contribuye a fortalecer ni cuidar sistemáticamente de sus ciudadanos; y como debilidad interna para poder afrontar concretamente los cambios necesarios del individuo, hogar o comunidad para aprovechar el conjunto de oportunidades que se le presenta; como el factor inseguridad permanente que paraliza, incapacita y desmotiva la posibilidad de pensar estrategias y actuar a futuro para lograr mejores niveles de bienestar”(24).

Con respecto al concepto de índice de Vulnerabilidad Social y selección de indicadores: varios autores han realizado propuestas acerca de cómo llevar a cabo la medición de la vulnerabilidad social. Se tiene así, como la combinación entre las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y la Línea de la Pobreza (LP). Para cada familia, el indicador NBI combina 5 indicadores de hacinamiento, tipo y salubridad de la vivienda, escolaridad, empleo y grado de instrucción del jefe de familia (25).

Esta categoría se vincula con lo que se dice denominar pobres estructurales”, o lo que es lo mismo, aquellos que provienen de una pobreza histórica. Por su parte, Minujin hace referencia a la cantidad de ingreso necesario para cubrir un conjunto amplio de necesidades básicas: alimentación, vivienda, vestido, educación, salud, transporte y ocio, y se relaciona con el concepto de “nuevos pobres”, es decir aquellos de sectores medios empobrecidos como consecuencia del proceso de ajuste económico (26).

Los IVS agrupan entre otros factores los de protección social, entre los que destacan educación y condiciones de vida y salud. En el caso de la educación se ha considerado por su parte, las condiciones de vida y salud engloban gasto público en sanidad, promedio de inmunidad a las epidemias (sarampión, rubéola y DPT de niños entre 12 y 23 meses (porcentaje sobre el total), esperanza de vida al nacer y mortalidad en menores de 5 años (por cada 1000 nacidos vivos). Excepto

en este último indicador, se han considerado los valores invertidos, con el propósito de considerar el signo adecuado con el que pasan a formar parte del IVS (27).

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) durante el año 2003, los cambios demográficos sobre la vulnerabilidad social son el crecimiento de la población, estrechamente interrelacionados con los indicadores de pobreza y marginación.

Indicadores Sociales. El atraso educativo es una fuente de vulnerabilidad social, puesto que sin las capacidades que provee la educación, las posibilidades de desarrollo social e individual disminuyen. Por este motivo, el absentismo escolar es causa de vulnerabilidad social por su efecto negativo en las oportunidades sociales (28).

Teniendo en cuenta que existen varios autores y definiciones del concepto de Indicadores Sociales, se retoma como referencia para la investigación: la definición de indicadores sociales para la inclusión social.

“Los indicadores sociales son los medios por los que una sociedad puede afirmar donde se encuentra en la actualidad o donde estuvo y proporcionan una base de anticipación más que de previsión, en lo que concierne a nuestra evolución en incierto número de dominios o campos sensibles del bienestar social (29).

Tabla 1. Factores de riesgo del bajo peso al nacer

TIPO	DESCRIPCIÓN
Socio demográficos	Se ha observado que una edad materna de menos de 20 años y entre los periodos de 35 a 40 años parece aumentar el riesgo para que los recién nacidos tengan menos de 2500g. Adicional, los BPN provienen con mayor frecuencia de madres en las cuales las condiciones económicas son menos favorables, es decir asociada a estratos socioeconómicos bajos.
Riesgos médicos anteriores al embarazo.	Entre ellos la hipertensión arterial (HTA) o en partos previos, enfermedades renales, tiroideas, cardiorrespiratorias y autoinmunes. La existencia de antecedentes de BPN, ya sea en la madre o en partos previos, se asocia con un aumento del riesgo con la primiparidad (primigestante) y antecedentes de abortos, así como la desnutrición materna.
Riesgos médicos del embarazo actual	Como la HTA gestacional, la ganancia de peso inadecuada durante la gestación, síndrome anémico, un intervalo intergenésico menor de 2 años, sangrado vaginal, causas placentarias (como abruptio placentario o placenta previa),

	diabetes gestacional, infección urinaria, enfermedad periodontal, complejo TORCH, y sífilis gestacional.
Cuidados prenatales inadecuados.	Establecidos como un inicio tardío de los controles (posterior a la semana 13 de gestación) o por un número insuficiente de los mismos (menor a 6 en todo el tiempo de la gestación), falta de suplementación con micronutrientes.
Riesgos ambientales y de conducta	Se ha observado que el trabajo materno excesivo o inadecuado, aumenta el gasto energético o inicio desfavorablemente en la nutrición fetal; también se ha descrito que el estrés puede aumentar la descarga de adrenalina y agravar la perfusión placentaria. La ansiedad y la depresión se relacionan con este resultado. Por otra parte, el consumo de tabaco, alcohol, café y drogas, se asocia de forma importante con un aumento de incidencia de BPN (33)

Fuente: Sivigila, Instituto Nacional de Salud, Colombia, 2017.

Tabla 2. Definición de términos de factores asociados al bajo peso al nacer

TÉRMINOS	DEFINICIÓN
Anemia	La anemia es una afección en la que el número de glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina dentro de estos es menor de lo normal. OMS
Área de residencia	Se trata de agrupaciones de las entidades singulares de población con el objeto de conseguir una repartición de población en grupos homogéneos respecto a una serie de características que atañen a su modo de vida.
Bajo peso al nacer	La Organización Mundial de la Salud (OMS) define «bajo peso al nacer» como un peso al nacer inferior a 2500 g.
Consumo de alcohol	Se ha definido como bebedor habitual: la persona que declaró haber consumido bebidas alcohólicas al menos una vez por semana durante el último año; como bebedor en un día laboral; la que declaró algún consumo de Lunes a Jueves; y como bebedor de fin de semana la que consumió al menos una bebida alcohólica el viernes, el sábado o el domingo.
Controles prenatales	Conjunto de acciones y actividades que se realizan en la mujer embarazada con el objetivo de lograr una buena salud materna, el desarrollo normal del feto y la obtención de un recién nacido en óptimas condiciones desde el punto de vista físico, mental y emocional.

Curso psicoprofilactico	Atención prenatal en grupo proporcionada por profesionales sanitarios cualificados.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.
Estado civil	En Colombia, es el Decreto 1260 de 1970 el que establece un concepto completo de lo que es el estado civil. Se entiende como la situación jurídica de una persona tanto en la familia como en la sociedad. Este determina la capacidad de ejercer algunos derechos, pero también contraer obligaciones (Artículo 1).
Etnia	Conjunto de personas que pertenece a una misma raza y, generalmente, a una misma comunidad lingüística y cultural.
Grupo sanguíneo	Cada uno de los tipos en que se clasifica la sangre de las personas y que está en función de los antígenos presentes en los glóbulos rojos del plasma sanguíneo. "los grupos sanguíneos humanos más importantes son el ABO y el Rh".
Hepatitis B	La hepatitis B es una infección hepática potencialmente mortal causada por el virus de la hepatitis B (VHB). Representa un importante problema de salud a escala mundial.
Hipertensión arterial	Es un trastorno por el cual los vasos sanguíneos tienen persistentemente una tensión elevada.
Índice de masa corporal IMC	Es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m ²).
Infección de vías urinarias	Se define como la presencia y multiplicación de microorganismos en la vía urinaria con invasión de los tejidos.
Micronutrientes	Son pequeñas cantidades de vitaminas y minerales requeridos por el cuerpo para la mayoría de las funciones celulares.
Nivel de SISBEN	El Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén) es una base de datos que ordena a la población de acuerdo con su situación económica y social .
Nivel educativo	subdivisiones del aprendizaje formal.
Número de embarazos previos	Cantidad de veces que se ha encontrado en estado de gestación y que no incluyen el actual.
Número de hijos vivos	Cantidad de hijos que se encuentran vivos.

Ocupación	Función laboral del trabajador.
Peso	Mide la masa corporal total de un individuo.
Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa (PTOG)	Es una prueba médica cuyo objetivo es diagnosticar o excluir la diabetes y cuadros metabólicos relacionados, como la resistencia a la insulina.
Régimen de salud	Afiliación al Sistema general de seguridad social en salud
Semanas de gestación	Es el término común usado durante el embarazo para describir qué tan avanzado está éste. Se mide en semanas, desde el primer día del último ciclo menstrual de la mujer hasta la fecha actual.
Sífilis	Enfermedad infecciosa producida por una bacteria que se transmite por vía sexual o de la madre gestante al feto.
Talla	Mide el tamaño del individuo desde la coronilla de la cabeza hasta los pies (talones).
Variables clínicas	Son parámetros de la salud que se estudian en una muestra de la población para comprobar una patología concreta.
Variables conductuales	Conductas que el sujeto realiza en condiciones de control experimental de los estímulos.
Variables sociodemográficas	conjunto de datos de naturaleza social que describen las características de una población.
Virus de inmunodeficiencia humana (VIH)	Síndrome de la inmunodeficiencia adquirida (SIDA) El VIH infecta y destruye las células del sistema inmunitario, produciendo un deterioro progresivo de las defensas del organismo.

Fuente: Sivigila, Instituto Nacional de Salud, Colombia, 2017.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

La toma de decisiones es un punto clave en la práctica médica, tanto en el proceso diagnóstico como en el terapéutico. En cualquier situación, estas decisiones deben estar avaladas por criterios de evidencia y experiencia. Para ello, es preciso recoger y procesar adecuadamente la información referente al estado de salud del paciente (historial, exploración o pruebas diagnósticas, etc.) y confrontarla con la evidencia acumulada en el seguimiento de grupos amplios de pacientes en condiciones controladas. La información disponible se concreta en distintos tipos de variables que reflejan la condición del paciente. A partir de estas variables, es necesario aplicar criterios objetivos que permitan extraer una conclusión adecuada acerca de la posible evolución de la enfermedad, la posibilidad de complicaciones, etc. Considerando la complejidad del problema, la evaluación de la información debe hacerse desde una perspectiva multivariante, de manera que se consideren simultáneamente todas las variables implicadas y se

obtenga una generalización adecuada que permita una clasificación apropiada de nuevos casos (34).

Las técnicas estadísticas multivariantes proporcionan una solución a este tipo de problemas. Así, el análisis discriminante puede utilizarse en la obtención de un criterio diagnóstico a partir de los valores de varias variables, mientras que el análisis de supervivencia permite evaluar convenientemente la contribución de diversas variables a la supervivencia en distintas circunstancias de interés médico. Por otra parte, el análisis de regresión logística (RL) es adecuado cuando se quiere desarrollar un modelo de predicción de un determinado suceso, en general la probabilidad de complicaciones asociadas a un tratamiento o al estado del paciente (34).

¿Qué son las redes neuronales artificiales? Una red neuronal (RN) es un algoritmo de cálculo que se basa en una analogía del sistema nervioso. La idea general consiste en emular la capacidad de aprendizaje del sistema nervioso, de manera que la RN aprenda a identificar un patrón de asociación entre los valores de un conjunto de variables predictoras (entradas) y los estados que se consideran dependientes de dichos valores (salidas). Desde un punto de vista técnico, la RN consiste en un grupo de unidades de proceso (nodos) que se asemejan a las neuronas al estar interconectadas por medio de un entramado de relaciones (pesos) análogas al concepto de conexiones sinápticas en el sistema nervioso. A partir de los nodos de entrada, la señal progresa a través de la red hasta proporcionar una respuesta en forma de nivel de activación de los nodos de salida (35).

Los valores de salida proporcionan una predicción del resultado en función de las variables de entrada. Desde el punto de vista de implementación práctica, los nodos son elementos computacionales simples que emulan la respuesta de una neurona a un determinado estímulo. Estos elementos, como las neuronas en el sistema nervioso, funcionan como interruptores: cuando la suma de señales de entrada es suficientemente alta (en el caso de una neurona diríamos que se acumula suficiente neurotransmisor), la neurona manda una señal a las neuronas con las que mantiene contacto (se genera un potencial de acción). Esta situación se modela matemáticamente como una suma de pesos de todas las señales de llegada al nodo que se compara con un umbral característico. Si el umbral se supera, entonces el nodo se dispara, mandando una señal a otros nodos, que a su vez procesarán esa información juntamente con la que reciben de nodos adyacentes. Evidentemente, la respuesta de cada nodo dependerá del valor de las interacciones con los nodos precedentes dentro de la estructura de la red. Como en el caso del sistema nervioso, el poder computacional de una RN deriva no de la complejidad de cada unidad de proceso sino de la densidad y complejidad de sus interconexiones (36).

4.3. MARCO LEGAL.

En el art. 366 de la Constitución Política de Colombia de 1991, se establece que el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado, por tanto, cuenta con las herramientas necesarias para la creación de leyes y normas de convivencia, las cuales son fundamentales para regular la vida en sociedad y establecer pautas que permiten a cada individuo conocer sus derechos y deberes dentro de la misma. En tal sentido, el incumplimiento de estas normas vulnera en cierto nivel las condiciones de vida de la misma, es por esta razón que incluir aspectos propios del contexto colombiano en materia legal, otorga validez a los argumentos teóricos incluidos en el análisis de las dimensiones que hacen vulnerable a un hogar, con las cuales se realizó la construcción del índice. En este sentido, la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, brinda fundamentos esenciales para plantear elementos de juicios necesarios para el desarrollo de la presente investigación, pues ésta declaración:

Proclama el ideal común, por el que todos los pueblos y naciones deben esforzarse, a fin de que tanto los individuos como las instituciones, inspirándose constantemente en ella, promuevan, mediante la enseñanza y la educación, el respeto a estos derechos y libertades, y aseguren, por medidas progresivas de carácter nacional e internacional, su reconocimiento y aplicación universal y efectiva, tanto entre los pueblos de los Estados Miembros como entre los de los territorios colocados bajo su jurisdicción (37).

Entre algunos de los derechos más importantes identificados por la Declaración de 1948 están: Art. 1 Todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos. Art. 2 Toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición.

Art. 3 Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona.

Art. 7 Todos son iguales ante la ley y tienen, sin distinción, derecho a igual protección de la ley.

Art. 16 La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y tiene derecho a la protección de la sociedad y del Estado Art. 17 Toda persona tiene derecho a la propiedad, individual y colectivamente. Nadie será privado arbitrariamente de su propiedad.

Art. 22 Toda persona, como miembro de la sociedad, tiene derecho a la seguridad social, y a obtener, la satisfacción de los derechos económicos, sociales y culturales, indispensables a su dignidad y al libre desarrollo de su personalidad.

Art. 23 Toda persona tiene derecho al trabajo, a la libre elección de su trabajo, a condiciones equitativas y satisfactorias de trabajo y a la protección contra el desempleo. Toda persona tiene derecho, sin discriminación alguna, a igual salario por trabajo igual. Toda persona que trabaja tiene derecho a una remuneración equitativa y satisfactoria, que le asegure, así como a su familia, una existencia conforme a la dignidad humana y que será completada, en caso necesario, por cualesquiera otros medios de protección social.

Art. 25 Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, viudez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad. La maternidad y la infancia tienen derecho a cuidados y asistencia especiales. Art. 26 Toda persona tiene derecho a la educación. La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales.

Art. 29 Toda persona tiene deberes respecto a la comunidad, puesto que sólo en ella puede desarrollar libre y plenamente su personalidad. Los anteriores, son algunos derechos que se reconocen a nivel internacional y responden en su mayoría a la satisfacción de necesidades básicas. Sin embargo, en un país como Colombia se hace evidente el incumplimiento de muchos de estos derechos, dejando a una parte de la población desprotegida y por tanto vulnerable a la presencia de situaciones negativas que afecten su bienestar. A partir de este escenario, se han creado leyes en pro de garantizar condiciones de vida favorables para la población. Dichas leyes constituyeron el soporte legal que dio mayor validez a los planteamientos desarrollados en la investigación.

Entre estas leyes se pueden destacar: La Ley 1098 de 2006 por la cual se expide el código de la infancia y la adolescencia, en la cual se manifiesta en su artículo 3 que los menores de 18 años son sujetos titulares de esta ley, donde se entiende por niño o niña las personas entre los 0 y los 12 años, y por adolescente las personas entre 12 y 18 años de edad (38). De igual forma la ley 1251 de 2008, por la cual se dictan normas tendientes a procurar la protección, promoción y defensa de los derechos de los adultos mayores, en su artículo 3 define al Adulto mayor, como aquella persona que cuenta con sesenta (60) años de edad o más(39).

Ahora bien, por medio de la ley 100 de 1993, se creó el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictaron otras disposiciones, así, en el artículo 3 se establece a

la seguridad social como un derecho, y dice que el Estado garantiza a todos los habitantes del territorio nacional, el derecho irrenunciable a la seguridad social. Este servicio será prestado por el Sistema de Seguridad Social Integral, en orden a la ampliación progresiva de la cobertura a todos los sectores de la población, en los términos establecidos por la presente ley. Complementariamente, el artículo 4 establece que la Seguridad Social es un servicio público obligatorio, cuya dirección, coordinación y control está a cargo del Estado y que será prestado por las entidades públicas o privadas en los términos y condiciones establecidos en la presente ley (33).

En la Ley 115 de 1994 se expidió la ley general de educación, donde se señalan las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación, la cual cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad. Se fundamenta en los principios de la Constitución Política sobre el derecho a la educación que tiene toda persona, en las libertades de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra y en su carácter de servicio público (18). Por su parte el artículo 67 de la Constitución Política de Colombia, declara que la educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura (25).

Tabla 3. Normativa en salud en Colombia

NORMATIVIDAD	CARACTERÍSTICA
Constitución política de Colombia 1991	art. 366 de la Constitución Política de Colombia de 1991, se establece que el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado.
Ley 100 de 1993	Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones.
Ley 152 de 1994	Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo.
Resolución 412 de 2000	Por la cual se establecen las actividades, procedimientos e intervenciones de demanda inducida y obligatorio cumplimiento y se adoptan las normas técnicas y guías de atención para el desarrollo de las acciones de protección específica y detección temprana y la atención de enfermedades de interés en salud pública
Ley 1098 de 2006	Por la cual se expide el Código de la Infancia y la Adolescencia.
Decreto 1011 de	Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de

NORMATIVIDAD	CARACTERÍSTICA
2006	Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud.
CONPES 109 de 2007	Política Pública Nacional de Primera Infancia “Colombia por la primera infancia”.
Ley 1122 de 2007	Por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones.
Ley 1164 de 2007	Tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con los procesos de planeación, formación, vigilancia y control del ejercicio, desempeño y ética del Talento Humano del área de la salud mediante la articulación de los diferentes actores que intervienen en estos procesos.
Resolución 425 de 2008	Por la cual se define la metodología para la elaboración, ejecución, seguimiento, evaluación y control del Plan de Salud Territorial, y las acciones que integran el Plan de Salud Pública de Intervenciones Colectivas a cargo de las entidades territoriales.
Ley 1295 de 2009	Por la cual se reglamenta la atención integral de los niños y las niñas de la primera infancia de los sectores clasificados como 1, 2 y 3 del SISBEN.
Ley 1438 de 2011	Por medio de la cual se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4107 de 2011	Por el cual se determinan los objetivos y la estructura del Ministerio de Salud y Protección Social y se integra el Sector Administrativo de Salud y Protección Social.
CONPES 140 de 2011	Modificación a CONPES Social 91 del 14 de junio de 2005: Metas y estrategias de Colombia para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015.
Resolución 4505 de 2012	Por la cual se establece el reporte relacionado con el registro de las actividades de Protección Específica, Detección Temprana y la aplicación de las Guías de Atención Integral para las enfermedades de interés en salud pública de obligatorio cumplimiento.
Ley Estatutaria, No. 1751, 16 de febrero de 2015	Por medio de la cual se regula el derecho fundamental a la salud y se dictan otras disposiciones
Resolución número 3280 de 2018	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnicos y operativos de la Ruta Integral de Atención para la Promoción y Mantenimiento de la Salud y la Ruta

NORMATIVIDAD	CARACTERÍSTICA
	Integral de Atención en Salud para la Población Materno Perinatal y se establecen las directrices para su operación

Minsalud.gov.co/Normativa/Paginas/normativa.aspx

5. METODOLOGÍA

5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación en la opinión de Orozco (1997) comprende un paradigma cuantitativo “el cual lo que busca en sí mismo es la cuantificación y la medición” (40).

En tal sentido el autor propone que este tipo de paradigma “a través de cuantificar y medir una serie de repeticiones, llega a formular las tendencias, a plantear nuevas hipótesis y a construir las teorías” (40).

Partiendo de lo anterior la aplicación del paradigma cuantitativo al presente estudio se observará en el análisis del trabajo de campo para lo cual se emplearán herramientas estadísticas que permitirán la proyección de los hallazgos y tendencias encontradas contribuyendo en el cumplimiento del objetivo específico de la investigación.

5.2. TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación realizó un estudio observacional analítico de casos y controles: Caso: Recién nacido a término con BPN (<2500gr); Control: Recien nacido a término con peso normal (> ó igual a 2500gr), para dar respuesta a los objetivos planteados.

5.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de referencia son las gestantes y los recién nacidos a término (37 semanas o más), afiliados a Emssanar EPS del departamento de Nariño y registrados en la base de datos nominal del programa denominado “Salud materna un compromiso de todos” en el periodo comprendido del 1 de enero de 2016 a 31 de diciembre de 2018, se tomó la totalidad de los registros que corresponde a una población de 11063.

5.4. DISEÑO

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó un censo de todas las gestantes y sus neonatos a término, afiliados a Emssanar EPS, residentes en el departamento de Nariño y de quienes sus datos se encontraban registrados en la base de datos de seguimiento nominal de la EPS, desde el 1 de enero de 2016 hasta el 31 de diciembre de 2018 de donde se toma los datos de la variable dependiente: Peso del recién nacido a término y de las variables independientes: sociodemográficas y clínicas de las gestantes, Es decir el estudio es poblacional.

5.5. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: factores de riesgo

Definición conceptual de factor de riesgo: Es toda característica asociada a una probabilidad mayor de sufrir un daño (41).

Tabla 4. Descripción de variables

TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL INDICADORES	INDICADORES	MEDIDA
Demográficos.	Régimen de salud	Subsidiado	Nominal
		Contributivo	
	Área de residencia	Urbano	Nominal
		Rural	
		Sin dato	
	Ocupación	Ama de casa	Nominal
		Trabajador independiente	
		Trabajador dependiente	
		Estudiante	
		Desempleado	
	Nivel educativo	Ninguno	Nominal
		Primaria	
		Secundaria	
		Técnico o tecnólogo	
		Universidad	
	Estado civil	Casada	Nominal
		Soltera	
		Unión libre	
		Divorciada	
		Viuda	
	Etnia	Afrocolombiana	Nominal
		Indígena	
		Mestiza	
		Rom	
		Otra	
	Nivel de SISBEN	Sisben 1	Ordinal
		Sisben 2	
		Sisben 3	
pre-gestacionales Características de las madres	Edad de la madre	nùmericos	Escala
	Número de embarazos previos	nùmericos	Escala
	Número de hijos vivos sin incluir el actual	numèricos	Escala

TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL INDICADORES	INDICADORES	MEDIDA
	Peso (kg)	1. Bajo peso, 2. Normo peso, 3. Sobre peso, 4. Obesidad	Ordinal
	Talla (Metros)	numèricos	Escala
Características clínicas de las madres	Clasificación del IMC	Bajo peso	ordinal
		Peso normal	
		Sobrepeso	
		Obesidad	
	Diagnostico de infección de vías urinarias	Si	Nominal
		No	
	Diagnostico de anemia	Si	Nominal
		No	
	Diagnostico de hipertensión	Si	Nominal
		No	
Conductuales	Consumo de Alcohol	Si	Nominal
		No	
	Asistencia a Curso psicoprofiláctico	No	Nominal
		Si	
Gestacionales, Características clínicas de la madre	Consumo de Micronutrientes	Si	Nominal
		No	
	Grupo sanguíneo	A-	Nominal
		A+	
		AB-	
		AB+	
		B-	
		B+	
		O-	
		O+	
		SIN DATO	
	Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa (PTOG)	Anormal	Nominal
		Normal	
	Diagnostico de VIH en el embarazo	Indeterminado	Nominal
		No reactivo	
		Reactivo	
	Diagnostico de sífilis en el embarazo	No reactivo	Nominal
		Reactiva	
	Diagnostico de hepatitis B en el embarazo	No reactivo	Nominal
		Reactivo	
servicios de salud	Número de controles prenatales	Numèricos	Escala
	Semanas de gestación al momento de Parto	37 semanas o màs	Ordinal
Características	SEXO RN	Masculino	Nominal

TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL INDICADORES	INDICADORES	MEDIDA
clínicas de los recién nacidos a término		Femenino	

Fuente: la presente investigación – año 2021

Tabla 5. Variable dependiente: bajo peso del recién nacido

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL INDICADORES	INDICADORES	Medida
Bajo peso al nacer	Se denomina bajo peso, cuando el recién nacido a término 37 a 42 semanas) es menor a 2.500 gramos en el momento de nacer	Peso recién nacido	Normo peso	> ó igual de 2500 gr	Nominal
			Bajo peso	< de 2500 gr	

Fuente: la presente investigación – año 2021

5.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La base de datos de nacidos vivos del departamento de Nariño, afiliados a Emssanar EPS de los años 2016, 2017 y 2018, aportada por el instituto Departamental de salud de Nariño y la base de datos de seguimiento nominal del programa “salud materna un compromiso de todos” de las mismas anualidades, aportada por emssanar EPS, fueron consolidadas, tomando como llave principal el número de identificación de la madre utilizando el programa SQL server 2015®, posteriormente exportadas a Microsoft Excel 2018® donde se realizó un proceso de validación de la información, descartando un total de 73 (2,2%) registros de datos de gestantes y sus recién nacidos por tener una pérdida de información superior al 10%, una vez con la base validada se exporto a SPSS 22®,

5.7. CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

Los criterios de inclusión fueron: gestante residente del departamento de Nariño, afiliadas a Emssanar EPS, con producto nacido a término (> o igual a 37 semanas), cuyo embarazo y/o parto se reporto en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 a 31 de diciembre de 2018, se excluyeron gestantes y recién nacidos con perdida de la información superior al 10%. Se conto con el aval de

Emssanar EPS para acceder a la base de seguimiento nominal de las gestantes y los recién nacidos y además se contó con los datos oficiales del DANE referente a nacidos vivos de madres residentes en el departamento de Nariño afiliadas a Emssanar EPS, de los años 2016 a 2018, suministrada por el Instituto Departamental de Salud de Nariño.

Para evitar sesgos de información las bases de datos fueron cruzadas por medio del software SQL server 2015, por parte de un ingeniero experto en la manipulación de información en salud de la aseguradora Emssanar, además aquellos valores perdidos de las variables en estudios de las gestantes fueron completados por medio de la revisión de historia clínica, logrando solo descartar un total de 73 (2,2%) gestantes por tener una pérdida de información superior al 10%.

El control de sesgo variables confusoras se realizó en el proceso de análisis, primero utilizando Análisis Bivariado (tamizando las variables que presentan asociación significativa) y luego estableciendo inconsistencias estadísticas en el Multivariado.

5.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las bases de datos fueron procesadas inicialmente utilizando el programa SQL server 2015®, posteriormente exportadas a Microsoft Excel 2018® donde se realizó un proceso de validación, una vez con la base validada se exportó a SPSS 22®, donde se realizaron análisis de frecuencias tanto absolutas como relativas para las variables cualitativas, mientras que se utilizaron medidas de tendencia central, dispersión y posición para las variables cuantitativas, posteriormente se realizó un análisis bivariado, utilizando tablas de contingencia, tomando como variable dependiente el bajo peso al nacer a término, donde 1=bajo peso (casos) y 0=normo peso (controles), empleando la prueba de chi cuadrado para determinar las variables con mayor fuerza de asociación, preseleccionando de acuerdo a la prueba de Omnibus, todas aquellas variables con un valor de p menor de 0,05, con las cuales se realizó un modelo de regresión logística, con el cual se obtiene un modelo explicativo y predictivo, procesado en el programa SPSS y la red neuronal computacional predictivo el cual se procesó bajo el software R. se utiliza para construir el modelo o algoritmo, que permitió predecir el bajo peso al nacer a término con las variables explicativas incluidas en el estudio (42)(43).

Las medidas epidemiológicas del resultado de la regresión están dadas por los $OR=Exp(B)$ que miden la variación del riesgo de BPN debida a la variación de un factor asociado. En la regresión logística los resultados se utilizan para establecer el efecto de las variables sobre el BPN y la red neuronal en términos de un modelo predictivo.

5.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS

No se declaran conflicto de intereses en la presente investigación y de acuerdo con la resolución 08430 de 1993, se realizó un estudio sin riesgo, teniendo en cuenta que se emplearon técnicas y métodos documentales retrospectivos. La cual fue aprobada por el comité de ética de Emssanar EPS, seccional Nariño.

6. RESULTADOS

Características sociodemográficas de las madres: Del total de la población estudiada correspondiente a 10990 gestantes afiliadas a Emssanar EPS en el periodo comprendido del 1 de enero de 2016 a 31 de diciembre de 2018, se encontró que las mujeres en su mayoría se encuentran afiliadas al régimen subsidiado, viven en la zona urbana, tienen como ocupación amas de casa, un nivel educativo de básica primaria o secundaria, con estado civil en unión libre, de etnia mestiza y pertenecientes al nivel de Sisbén 1 (Tabla 6).

Tabla 6. Características sociodemográficas de las madres de nacidos vivos a término Emssanar Nariño 2016-2018

Características sociodemográficas de las madres de nacidos vivos		N	%
Régimen de salud	Subsidiado	10669	97,1%
	Contributivo	321	2,9%
Área de residencia	Urbano	8970	81,6%
	Rural	1996	18,2%
	Sin dato	24	0,2%
Ocupación	Ama de casa	5729	52,1%
	Trabajador independiente	971	8,8%
	Trabajador dependiente	350	3,2%
	Estudiante	2123	19,3%
	Desempleado	1817	16,5%
Nivel educativo	Ninguno	899	8,2%
	Primaria	4000	36,4%
	Secundaria	3780	34,4%
	Técnico o tecnólogo	1938	17,6%
	Universidad	373	3,4%
Estado civil	Casada	1186	10,8%
	Soltera	4437	40,4%
	Unión libre	5324	48,4%
	Divorciada	41	0,4%
	Viuda	2	0,0%
Etnia	Afrocolombiana	516	4,7%
	Indígena	444	4,0%
	Mestiza	8258	75,1%
	Rom	59	0,5%
	Otra	1713	15,6%
Nivel de SISBEN	Sisben 1	7629	69,4%
	Sisben 2	3056	27,8%
	Sisben 3	305	2,8%

Fuente: la presente investigación – año 2021.

Características pregestacionales de las madres: para este grupo de variables se encontró que el promedio de edad de las madres fue de 25 ± 6 años, con una alta variabilidad en dado que hubo madres adolescentes tan jóvenes de solo 12 y tan mayores hasta de 49 años, y una talla de 1.56 ± 0.06 una talla máxima de 1.95 metros, la media de embarazos fue de 1.6 ± 1.1 embarazos, algunas mujeres eran primerizas y otras han tenido hasta 11 embarazos previos, el promedio de hijos vivos fue 1.96 ± 1.33 hijos, el número de hijos es variable teniendo mujeres con hasta 12 hijos vivos, el peso promedio de gestión fue de 57.9 ± 9 kg (rango de 104 kg), el número promedio de controles prenatales de 5.77 ± 3.72 habiendo madres que no asistieron a ningún control, las semanas de gestación promedio de 38.72 ± 1.12 con un máximo de 42.4 semanas y el paso al nacer promedio del recién nacido de 3105.16 ± 422.1 gr con un peso mínimo de 1190 y un máximo de 5880gr. (Tabla 7).

Tabla 7. Características pregestacionales de las madres de nacidos vivos a término Emssanar Nariño 2016-2018

Características de la madre	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad de la madre	25	6	12	49
Número de embarazos previos	1,60	1,09	0	11
Número de hijos vivos	1,96	1,33	0	12
Peso Gestacional (kg)	57,90	9,04	36	140
Talla Madre (Metros)	1,53	,06	1,26	1,95
Número de controles prenatales	5,77	3,72	0	17
Semanas de gestación al momento de Parto	38,72	1,12	36,6	42,4
Peso al Nacer (grs)	3.105,16	422,10	1190	5880

Fuente: la presente investigación – año 2021

Características clínicas de las madres: En este grupo de variables se encontró a cerca de la mitad de las madres (49,1%) con peso normal y el 32,1% sobre peso antes del periodo gestacional, durante el embarazo el 28,9% fue diagnosticada con infección en vías urinarias, 17,1% con anemia, 3,5% con hipertensión arterial y 8 de cada cien refirieron haber consumido alcohol, más de la mitad realizaron el curso psicoprofiláctico (52,9%) , nueve de cada diez confirmaron el consumo de micronutrientes, el grupo sanguíneo más frecuente fue O+ (65%), una de cada cien madres reportó una tolerancia a la gluosa anormal, enfermedades como el VIH y la hepatitis fueron diagnosticadas en una de cada mil, mientras la sífilis gestacional en 3 de cada mil madres (Tabla 6).

Características clínicas de los recién nacidos: entre los nacimientos un poco más de la mitad fueron de sexo masculino (51,3%) y la incidencia de bajo peso al nacer a término fue de 7,8% equivalente a 856 recién nacidos (Tabla 8).

Tabla 8. Características clínicas de las madres y de los recién nacidos a término Emssanar Nariño 2016-2018

Características clínicas de la madre y el recién nacido		N	%
Clasificación del IMC	Bajo peso	85	0,80%
	Peso normal	5401	49,10%
	Sobrepeso	3526	32,10%
	Obesidad	1978	18,00%
IVU	Si	3178	28,90%
	No	7812	71,10%
Anemia	Si	1879	17,10%
	No	9111	82,90%
Hipertensión	Si	385	3,50%
	No	10605	96,50%
Alcohol	Si	860	7,80%
	No	10130	92,20%
Curso psicoprofilactico	No	5810	52,90%
	Si	5180	47,10%
Micronutrientes	Si	9625	87,60%
	No	1365	12,40%
Grupo sanguineo	A-	402	3,70%
	A+	1370	12,50%
	AB-	116	1,10%
	AB+	369	3,40%
	B-	700	6,40%
	B+	375	3,40%
	O-	537	4,90%
	O+	7118	64,80%
Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa (PTOG)	SIN DATO	3	0,00%
	ANORMAL	82	0,70%
Diagnostico de VIH en el embarazo	NORMAL	10908	99,30%
	INDETERMINADO	6	0,10%
	NO REACTIVO	10980	99,90%
diagnostico de sífilis en el embarazo	REACTIVO	4	0,00%
	NO REACTIVO	10956	99,70%
diagnostico de hepatitis en el embarazo	REACTIVA	34	0,30%
	NO REACTIVO	10986	100%
Sexo RN	REACTIVO	4	0,00%
	Masculino	5638	51,30%
Clasificación del peso al nacer	Femenino	5352	48,70%
	Normo peso	10134	92,20%
	Bajo peso	856	7,80%

Fuente: la presente investigación – año 2021

Características sociodemográficos de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer de neonatos a término: de la variables sociodemográficas son significativas todas (Municipio de residencia, área de residencia, ocupación, nivel educativo, estado civil, etnia, nivel de Sísben, porque su p valor es < 0,05) excepto el régimen de salud (p valor =0,52) (Tabla 9)

Tabla 9. Características sociodemográficas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Características sociodemográficas y clínicas de las madres		Bajo peso al nacer				OR	p valor
		No		Si			
		N	%	N	%		
Régimen de salud	Subsidiado	9835	92,20%	834	7,80%	1,15	0,526
	Contributivo	299	93,10%	22	6,90%	1	
Municipio	Albán	21	77,80%	6	22,20%	3,21	,000*
	Aldana	28	87,50%	4	12,50%	1,61	
	Ancuya	18	94,70%	1	5,30%	0,63	
	Arboleda	25	96,20%	1	3,80%	0,45	
	Barbacoa	97	83,60%	19	16,40%	2,2	
	Belén	23	92,00%	2	8,00%	0,98	
	Buesaco	68	95,80%	3	4,20%	0,5	
	Chachagui	94	94,00%	6	6,00%	0,72	
	Colon Génova	25	100,00%	0	0,00%	0	
	Consaca	44	88,00%	6	12,00%	1,53	
	Contadero	28	96,60%	1	3,40%	0,4	
	Cordoba	70	95,90%	3	4,10%	0,48	
	Cuaspud	68	91,90%	6	8,10%	0,99	
	Cumbal	30	96,80%	1	3,20%	0,38	
	Cumbitara	11	73,30%	4	26,70%	4,09	
	El Charco	1	50,00%	1	50,00%	11,25	
	El peñol	9	100,00%	0	0,00%	0	
	El tablon	33	70,20%	14	29,80%	4,77	
	El tambo	65	95,60%	3	4,40%	0,52	
	Francisco	58	100,00%	0	0,00%	0	
	Funes	13	86,70%	2	13,30%	1,73	
	Guachuca	2	66,70%	1	33,30%	5,63	
	Guaitarilla	63	95,50%	3	4,50%	0,54	
	Gualmatan	10	90,90%	1	9,10%	1,13	
	Iles	41	83,70%	8	16,30%	2,2	
	Imues	8	72,70%	3	27,30%	4,22	

	Ipiiales	1324	92,70%	104	7,30%	0,88	
	La cruz	138	95,80%	6	4,20%	0,49	
	La florida	50	90,90%	5	9,10%	1,13	
	La llanana	49	92,50%	4	7,50%	0,92	
	La union	277	94,90%	15	5,10%	0,61	
	Linares	32	94,10%	2	5,90%	0,7	
	Los Andes	2	66,70%	1	33,30%	5,63	
	Magui Payan	20	95,20%	1	4,80%	0,56	
	Mallama	87	93,50%	6	6,50%	0,78	
	Mosquera	1	50,00%	1	50,00%	11,25	
	Nariño	19	95,00%	1	5,00%	0,59	
	Olaya Herrera	39	92,90%	3	7,10%	0,87	
	Ospina	42	95,50%	2	4,50%	0,54	
	Pasto	4064	91,60%	373	8,40%	1,03	
	Policarpa	72	98,60%	1	1,40%	0,16	
	Potosi	17	100,00%	0	0,00%	0	
	Providencia	26	92,90%	2	7,10%	0,87	
	Puerres	25	83,30%	5	16,70%	2,25	
	Pupiales	88	89,80%	10	10,20%	1,28	
	Ricaurte	204	91,50%	19	8,50%	1,05	
	Roberto	81	95,30%	4	4,70%	0,56	
	Samaniego	151	93,20%	11	6,80%	0,82	
	San Bernardo	21	84,00%	4	16,00%	2,14	
	San Lorenzo	54	93,10%	4	6,90%	0,83	
	San Pablo	26	86,70%	4	13,30%	1,73	
	San Pedro	6	100,00%	0	0,00%	0	
	Sandona	80	87,00%	12	13,00%	1,69	
	Santacruz	55	96,50%	2	3,50%	0,41	
	Sapuyes	16	94,10%	1	5,90%	0,7	
	Taminango	65	100,00%	0	0,00%	0	
	Tangua	63	94,00%	4	6,00%	0,71	
	Tumaco	1785	93,40%	127	6,60%	0,8	
	Tuquerres	157	89,20%	19	10,80%	1,36	
	Yacuanquer	45	91,80%	4	8,20%	1	
Área de residencia	Urbano	8332	92,90%	638	7,10%	0,64	,000*
	Rural	1782	89,30%	214	10,70%	1	
	Sin dato	20	83,30%	4	16,70%	1,66	
Ocupación	Ama de casa	5326	93,00%	403	7,00%	0,372	,000*
	Trabajador independiente	963	99,20%	8	0,80%	0,041	

	Trabajador dependiente	338	96,60%	12	3,40%	0,175	
	Estudiante	1997	94,10%	126	5,90%	0,31	
	Desempleado	1510	83,10%	307	16,90%	1	
Nivel educativo	Ninguno	838	93,20%	61	6,80%	1,867	,000*
	Primaria	3725	93,10%	275	6,90%	1,893	
	Secundaria	3403	90,00%	377	10,00%	2,841	
	Técnico o tecnólogo	1809	93,30%	129	6,70%	1,829	
	Universidad	359	96,20%	14	3,80%	1	
Estado civil	Casada	1096	92,40%	90	7,60%	0,158	,000*,
	Soltera	4058	91,50%	379	8,50%	0,18	
	Unión libre	4951	93,00%	373	7,00%	0,145	
	Divorciada	27	65,90%	14	34,10%	1	
	Viuda	2	100,00%	0	0,00%	-	
Etnia	Afrocolombiana	449	87,00%	67	13,00%	2,218	,000*
	Indígena	397	89,40%	47	10,60%	1,759	
	Mestiza	7626	92,30%	632	7,70%	1,232	
	Rom	57	96,60%	2	3,40%	0,521	
	Otra	1605	93,70%	108	6,30%	1	

Fuente: la presente investigación – año 2021

Características clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término: de las las variables clínicas no son significativas para el desenlace de bajo peso al nacer el diagnostico de VIH, sífilis y hepatitis y tuvieron relación estadísticamente significativa con el desenlace de bajo peso al nacer las variables de IMC, IVU, anemia, HTA, consumo de alcohol, asistencia al curso psicoprofilactico, consumo de micronutrientes, grupo sanguíneo, PTOG. (Tabla 10).

De acuerdo a la prueba de chi cuadrado, encontrando mayor incidencia de bajo peso al nacer en madres de los municipios del Charco y Mosquera y que son de la zona rural, de ocupación desempleadas, con nivel educativo de secundaria , divorciadas y de etnia afrocolombiana con diagnóstico de obesidad preconcepcional, con diagnóstico de IVU, sin anemia, con hipertensión arterial, con antecedente de consumo de alcohol en el embarazo, quienes realizaron curso psicoprofilactico, sin consumo de micronutrientes de grupo sanguíneo AB-, con Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa normal y en recién nacidas del sexo femenino (Tablas 9, 10)

Tabla 10. Características clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Características clínicas		Bajo peso al nacer				OR	p valor	
		No		Si				
		N	%	N	%			
Clasificación del IMC	Bajo peso	85	100,0%	0	0,0%	0,000	,000*	
	Peso normal	5244	97,1%	157	2,9%	0,068		
	Sobrepeso	3431	97,3%	95	2,7%	0,063		
	Obesidad	1374	69,5%	604	30,5%	1		
IVU	Si	2725	85,7%	453	14,3%	3,06	,000*	
	No	7409	94,8%	403	5,2%	1		
Anemia	Si	1785	95,0%	94	5,0%	0,58		,000*
	No	8349	91,6%	762	8,4%	1		
Hipertensión	Si	160	41,6%	225	58,4%	22,23	,000*	
	No	9974	94,0%	631	6,0%	1		
Alcohol	Si	644	74,9%	216	25,1%	4,97		,000*
	No	9490	93,7%	640	6,3%	1		
Curso psicoprofilactico	No	5507	94,8%	303	5,2%	0,46	,000*	
	Si	4627	89,3%	553	10,7%	1		
Micronutrientes	Si	9279	96,4%	346	3,6%	0,06		,000*
	No	855	62,6%	510	37,4%	1		
Grupo Sanguineo	A-	377	93,8%	25	6,2%	0,77	,000*	
	A+	1295	94,5%	75	5,5%	0,67		
	AB-	37	31,9%	79	68,1%	24,67		
	AB+	304	82,4%	65	17,6%	2,47		
	B-	677	96,7%	23	3,3%	0,39		
	B+	369	98,4%	6	1,6%	0,19		
	O-	521	97,0%	16	3,0%	0,35		
	O+	6551	92,0%	567	8,0%	1		
	SIN DATO	3	100,0%	0	0,0%	0		
Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa (PTOG)	ANORMAL	82	100,0%	0	0,0%	0	,008*	
	NORMAL	10052	92,2%	856	7,8%	1		
Sexo Recién Nacido	Masculino	5276	93,6%	362	6,4%	0,67	,000*	
	Femenino	4858	90,8%	494	9,2%	1		

Fuente: la presente investigación – año 2021

Bondad y ajuste del modelo de regresión logística de las características sociodemográficas y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término: el modelo de regresión logística ejecutado con el método de selección de variables paso a paso hacia adelante, en donde finalmente quedaron excluidas edad de la madre, estado civil, anemia, grupo sanguíneo, PTOG, según la prueba de ómnibus que plantea la hipótesis nula H_0 : las variables sociodemográficas y clínicas evaluadas no tienen aporte a la explicación del bajo peso al nacer a término, dado que el p-valor con las variables incluidas en el modelo (Municipio de residencia, área de residencia, ocupación, nivel educativo, etnia, número de embarazos previos, número de hijos vivos, peso gestacional, talla, índice de masa corporal, infección de vías urinarias, hipertensión arterial, consumo de alcohol, número de controles prenatales, realización de curso psicoprofiláctico, consumo de micronutrientes, semanas de gestación sexo del recién nacido, nivel del SISBEN), después de aplicar el método paso a paso hacia adelante, fue menor 0,05, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al menos una de estas variables tiene un aporte significativo a la explicación del modelo que predice el bajo peso al nacer a término, por otra parte el coeficiente de de Nagelkerke refiere una explicación del 72.6% (Tabla 11).

Las variables que mayor efecto tienen sobre el bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018 son en su orden: índice de masa corporal (12%), consumo de micronutrientes (9,79%), número de controles prenatales (7,5%), ocupación (7,5%), semanas de gestación (7,4%), municipio de residencia (6,30%), HTA (6,1%), etnia (5,4%), nivel educativo (4,7%), IVU (4,4%), consumo de alcohol (4%), embarazos previos (3,7%), número de hijos vivos (3,6%), área de residencia (3,4%), nivel del SISBEN (2,9%), talla de la madre (2,8%), realización de curso psicoprofiláctico (1,9%), sexo del recién nacido (1,65); de manera global el efecto es del 72,6% según coeficiente de Nagelkerke (figura 1).

Figura 1. Efecto de las Variables sobre bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

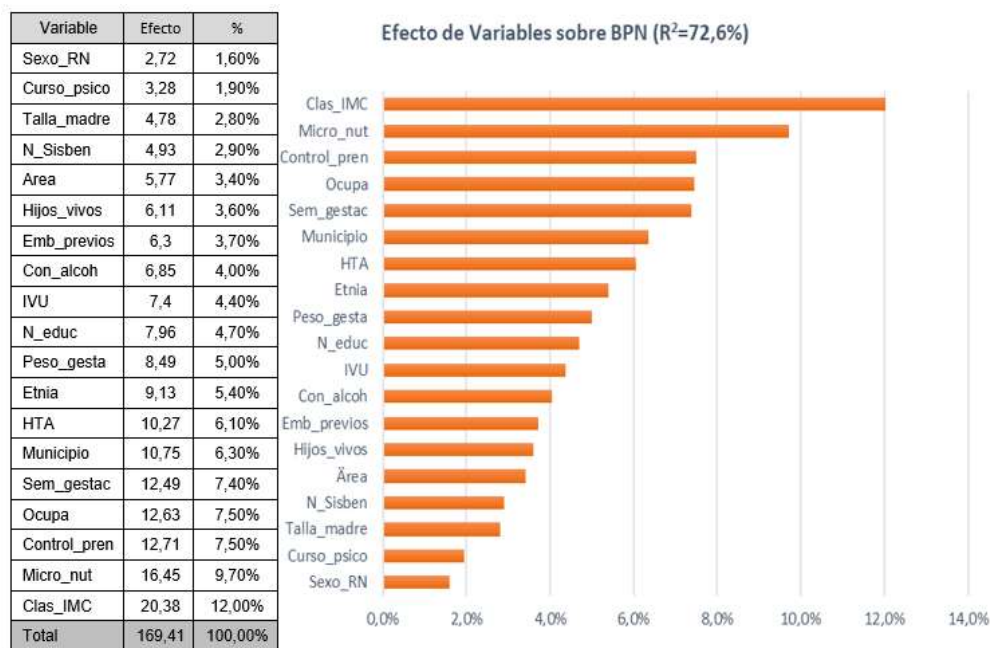


Tabla 11. Bondad y ajuste del modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	2000,870 ^a	,306	,726

Fuente: la presente investigación – año 2021

El modelo explicativo incluyó las siguientes variables (tablas 7 y 8): Municipio de residencia (Albán, Aldana, Ancuya, Arboleda, Barbacoas, Belén, Buesaco, Chachagui, Colon genova, Consaca, Contadero, Córdoba, Cuaspud, Cumbal, Cumbitara, El charco, El peñol, El tablón, El tambo, Francisco Pizarro, Funes, Guachucal, Guaitarilla, Gualmatán, Iles, Imues, Ipiales, La cruz, La florida, La llanada, La unión, Linares, Los andes, Magui Payan, Mallama, Mosquera, Nariño, Olaya herrera, Ospina, Pasto, Policarpa, Potosi, Providencia, Puerres, Pupiales, Ricaurte, Roberto Payan, Samaniego, San Bernardo, San Lorenzo, San pablo, San pedro, Sandona, Santacruz de guachavez, Sapuyes, Taminango, Tangua,

Tumaco, Tuquerres, Yacuanquer), área de residencia, ocupación, nivel educativo, etnia, número de embarazos previos, numero de hijos vivos, peso gestacional, talla, índice de masa corporal, infección de vías urinarias, hipertensión arterial, consumo de alcohol, numero de controles prenatales, realización de curso psicoprofiláctico, consumo de micronutrientes, semanas de gestación, sexo del recién nacido, nivel del SISBEN.

Modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres en función del desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018: El modelo encontró entre los factores protectores de bajo peso al nacer son vivir en el municipio de tuquerres y Samaniego, (mientras que los de mayor riesgo son Albán, guaitarilla y Roberto payan), ser trabajadora dependiente, consumir micronutrientes , pertenecer a la etnia afrocolombiana reduce el riesgo en 10 y 6 veces respecto a indígena y mestizo frente a las madres de otra etnia, tener estudios de primaria reduce el riesgo en 4 veces respecto a no tener ningún tipo de estudio , tener bajo peso y peso normal reduce el riesgo entre 2 y 19 veces que los pacientes con sobrepeso y obesidad, no tener IVU o HTA reduce el riesgo en 4 y 6 veces respetivamente, mientras que le no consumir alcohol lo reduce en 3,5 veces. Por cada control prenatal al que asiste la madre disminuye el riesgo de presentar BPN en 28.2%. Este Exp (b) por ser menor a 1 indica factor protector, consumir micronutrientes protege frente al BPN en un 94%.

Respecto a embarazos previos que tuvo la madre si esta cantidad disminuye el riesgo disminuye en un 46.5%, mientras que por cada hijo vivo el riesgo es mayor en un 89%, por cada kg peso de gestación que la madre disminuye el riesgo aumenta en un 7.3%, si el número de controles prenatales disminuye el riesgo de bajo peso al nacer aumenta en un 28.2% y si las semanas de gestación de la madre es menor el riesgo aumenta en un 54.3%. (Tabla 12).

Tabla 12. Modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres en función del desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	IC (95%)	
							LI	LS
Municipio(*)								
Yacuanquer			115,57	59	0,000	1		
Cordoba	-2,282	1,070	4,550	1	0,033	0,102	0,01	0,83
Cumbal	-3,253	1,430	5,171	1	0,023	0,039	0,00	0,64
Guachucal	-4,402	2,163	4,143	1	0,042	0,012	0,00	0,85

Ricaurte	-2,237	0,865	6,684	1	0,010	0,107	0,02	0,58
Roberto	-2,719	1,073	6,415	1	0,011	0,066	0,01	0,54
Area de residencia								
Sin dato			33,318	2	0,000	1		
Urbano	-0,513	1,25	0,168	1	0,682	0,599	0,05	6,94
Rural	0,635	1,26	0,254	1	0,614	1,888	0,16	22,30
Ocupación								
Desempleado			159,443	4	0,000	1		
Ama de casa	-1,633	0,207	61,98	1	0,000	0,195	0,13	0,29
Trabajador independiente	-4,818	0,544	78,534	1	0,000	0,008	0,00	0,02
Trabajador dependiente	-4,031	0,876	21,177	1	0,000	0,018	0,00	0,10
Estudiante	-2,632	0,263	100,006	1	0,000	0,072	0,04	0,12
Nivel educativo								
Universitaria			63,412	4	0,000	1		
Ninguno	-1,364	0,752	3,289	1	0,070	0,256	0,06	1,12
Primaria	0,032	0,718	0,002	1	0,964	1,033	0,25	4,22
Secundaria	0,56	0,715	0,613	1	0,433	1,75	0,43	7,10
Técnico o tecnólogo	0,118	0,726	0,026	1	0,871	1,125	0,27	4,67
Etnia								
Otra			83,398	4	0,000	1		
Afrocolombiana	2,397	0,337	50,697	1	0,000	10,992	5,68	21,26
Indigena	1,823	0,457	15,893	1	0,000	6,192	2,53	15,17
Mestiza	-0,302	0,362	0,696	1	0,404	0,739	0,36	1,50
Rom	0,488	1,08	0,204	1	0,651	1,629	0,20	13,52
Clasificación IMC madre								
Obesidad			415,277	3	0,000	1		
Bajo peso	-21,35	3755,455	0	1	0,995	0	0,00	
Peso normal	-3,98	0,21	359,244	1	0,000	0,019	0,01	0,03
Sobrepeso	-3,145	0,204	237,811	1	0,000	0,043	0,03	0,06
IVU								
No			54,721	1	0,000	1		
Si	0,971	0,131	54,721	1	0,000	2,64	2,04	3,42
HTA								
No			105,507	1	0,00	1		
Si	1,856	0,181	105,507	1	0,00	6,398	4,49	9,12
Consumo de alcohol								
No			46,855	1	0,000	1		
Si	1,209	0,177	46,855	1	0,000	3,349	2,37	4,73

Curso Psicoprofilactico								
Si			10,781	1	0,001	1		
No	-0,61	0,186	10,781	1	0,001	0,543	0,38	0,78
Micronutrientes								
No			270,651	1	0,000	1		
Si	-2,395	0,146	270,651	1	0,000	0,091	0,07	0,12
Sexo recién nacido								
Femenino			7,398	1	0,007	1		
Masculino	-0,331	0,122	7,398	1	0,007	0,718	0,57	0,91
SISBEN								
Sisben 3			24,346	2	0,000	1		
Sisben 1	-2,713	0,591	21,05	1	0,000	0,066	0,02	0,21
Sisben 2	-2,242	0,604	13,785	1	0,000	0,106	0,03	0,35
Embarazos previos	-0,626	0,099	39,656	1	0,000	0,535	0,44	0,65
Hijos vivos	0,638	0,104	37,353	1	0,000	1,893	1,54	2,32
Peso gestación	-0,076	0,009	72,076	1	0,000	0,927	0,91	0,94
Talla de la madre	5,684	1,19	22,812	1	0,000	294,033	28,54	3029,15
Control prenatal	-0,331	0,026	161,65	1	0,000	0,718	0,68	0,76
Semanas gestación	-0,783	0,063	155,989	1	0,000	0,457	0,40	0,52
Constante	32,899	3,434	91,787	1	0,000	1,9E+14		

(*) Se presentan los municipios

con p valores < 0,05

Fuente: la presente investigación – año 2021

El modelo predictivo de regresión logística permite calcular la probabilidad que un neonato tenga bajo peso al nacer, esta probabilidad se estima en función de los valores de un conjunto de predictores o variables independientes (las variables que resultaron significativas, : Municipio de residencia, área de residencia, ocupación, nivel educativo, etnia, número de embarazos previos, numero de hijos vivos, Peso de la gestante, Talla de la gestante, Clasificación de índice de masa corporal, IVU, HTA, consumo de alcohol, número de controles prenatales, asistencia al curso psicoprofilactico, consumo de micronutrientes durante la gestación, semanas de gestación, Sexo del recién nacido, nivel del Sísben) y de los coeficientes obtenidos en el modelo (ver tabla 10)

Así La probabilidad de que un paciente «i» pertenezca tenga bajo peso al nacer será:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Donde $z = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + b_0$; para este caso:

$$\begin{aligned} Z = & 0,639 * Mun_{res(1)} - 1,547 * Mun_{res(2)} - 1,322 * Mun_{res(3)} - ,237 * Mun_{res(4)} - ,139 * Mun_{res(5)} + ,149 \\ & * Mun_{res(6)} - 1,176 * Mun_{res(7)} - ,344 * Mun_{res(8)} - 16,937 * Mun_{res(9)} + ,458 * Mun_{res(10)} \\ & - 1,110 * Mun_{res(11)} - 2,282 * Mun_{res(12)} - 1,947 * Mun_{res(13)} - 3,253 * Mun_{res(14)} + ,851 \\ & * Mun_{res(15)} + 1,191 * Mun_{res(16)} - 17,003 * Mun_{res(17)} + 1,053 * Mun_{res(18)} - ,341 \\ & * Mun_{res(19)} - 22,176 * Mun_{res(20)} + 1,314 * Mun_{res(21)} - 4,402 * Mun_{res(22)} + ,081 \\ & * Mun_{res(23)} + ,003 * Mun_{res(24)} + ,601 * Mun_{res(25)} - ,617 * Mun_{res(26)} - ,617 * Mun_{res(27)} \\ & - 1,143 * Mun_{res(28)} + ,447 * Mun_{res(29)} + ,194 * Mun_{res(30)} - ,566 * Mun_{res(31)} - ,456 \\ & * Mun_{res(32)} + ,881 * Mun_{res(33)} - 2,553 * Mun_{res(34)} - 1,234 * Mun_{res(35)} + ,991 * Mun_{res(36)} \\ & - 1,343Mun_{res(37)} - 2,269Mun_{res(38)} - ,518Mun_{res(39)} - ,333Mun_{res(40)} - 2,424Mun_{res(41)} \\ & - 17,206Mun_{res(42)} + ,023Mun_{res(43)} + ,896Mun_{res(44)} - ,325Mun_{res(45)} - 2,237Mun_{res(46)} \\ & - 2,719Mun_{res(47)} + ,422Mun_{res(48)} + 1,035Mun_{res(49)} + ,017Mun_{res(50)} - ,377Mun_{res(51)} \\ & - 17,377Mun_{res(52)} + ,675Mun_{res(53)} - 2,005Mun_{res(54)} + ,021Mun_{res(55)} - 17,535Mun_{res(56)} \\ & - 1,134Mun_{res(57)} - 2,710Mun_{res(58)} - ,395Mun_{res(59)} - ,513Area_{res(1)} + ,635Area_{res(2)} \\ & - 1,633Ocupa(1) - 4,818Ocupa(2) - 4,031Ocupa(3) - 2,632Ocupa(4) - 1,364Neduc(1) \\ & + 1,032Neduc(2) + ,560Neduc(3) + ,118Neduc(4) - 1,364Etnia(1) + 1,823Etnia(2) \\ & + -,302Etnia(3) + ,488Etnia(4) - ,626Emb_{previos} + 63Hijos_vivos + -,076Peso_gesta \\ & + 5,684Talla_madre - 21,354Clas_IMC(1) - 3,980Clas_IMC(1) - 3,145Clas_IMC(3) \\ & + ,971IVU(1) + 1,856HTA(1) + 1,209Con_alcoh(1) - ,331Control_pren \\ & - ,610Curso_psico(1) - 2,395Micro_nut(1) - ,783Sem_gestac - 2,713N_Sisb(1) \\ & - 2,242N_Sisb(2) + 32,899 \end{aligned}$$

Si la probabilidad p_i de que el paciente tenga bajo peso al nacer es mayor que 0,1 (Debido al valor de corte = 0,10) se le asigna bajo peso, si es menor se quedara categorizado como normopeso.

Sensibilidad y especificidad del modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término: Para evaluar si las predicciones son consistentes con los desenlaces observados se evaluó la sensibilidad: el modelo detecte BPN cuando en realidad existe BPN (verdadero positivo) y la especificidad: el modelo detecte Normopeso cuando en realidad hay Normopeso (verdadero negativo), encontrando que modelo se clasifican correctamente los casos de bajo peso en un 93,3% y se descartan correctamente los controles normo peso en un 93.8%, con un área bajo la curva de 93.8%, evidenciando una alta consistencia de las predicciones frente a los datos observados (Tabla 13).

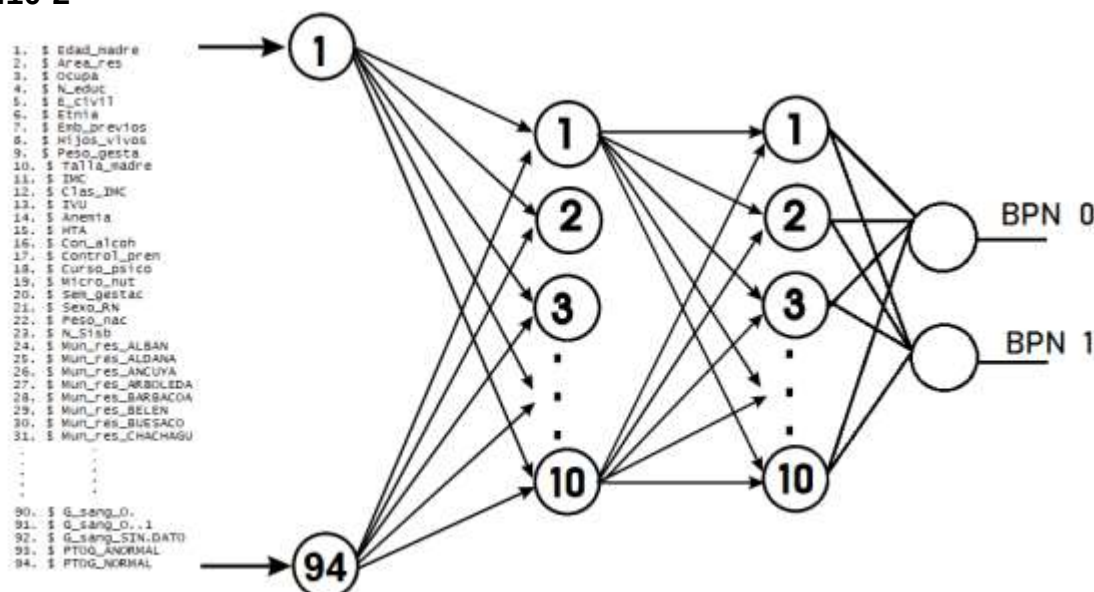
Tabla 13. Sensibilidad y especificidad del modelo de regresión logística de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Tabla de clasificación					
Observado			Pronosticado		
			Bajo peso al nacer		Porcentaje correcto
			No	Si	
Paso 1	Bajo peso al nacer	No	9509	625	93,8
		Si	57	798	93,3
	Porcentaje global				93,8
a. El valor de corte es 0,10					

Fuente: la presente investigación – año 2021

En el caso de la red neuronal se utilizó una red Perceptrón multicapa en cuenta noventa y cuatro neuronas de entrada correspondiente a las variables independientes del modelo y dos de salida que corresponden a cada categoría de la variable dependiente (bajo peso, y normo peso al nacer) y con 2 capas ocultas de 10 neuronas en cada capa tal y como se muestra en la figura 2, donde se evidencian las conexiones resultantes con los predictores preseleccionados.

Figura 2. Modelo de red neuronal Perceptrón multicapa de configuración 94-2:10-2

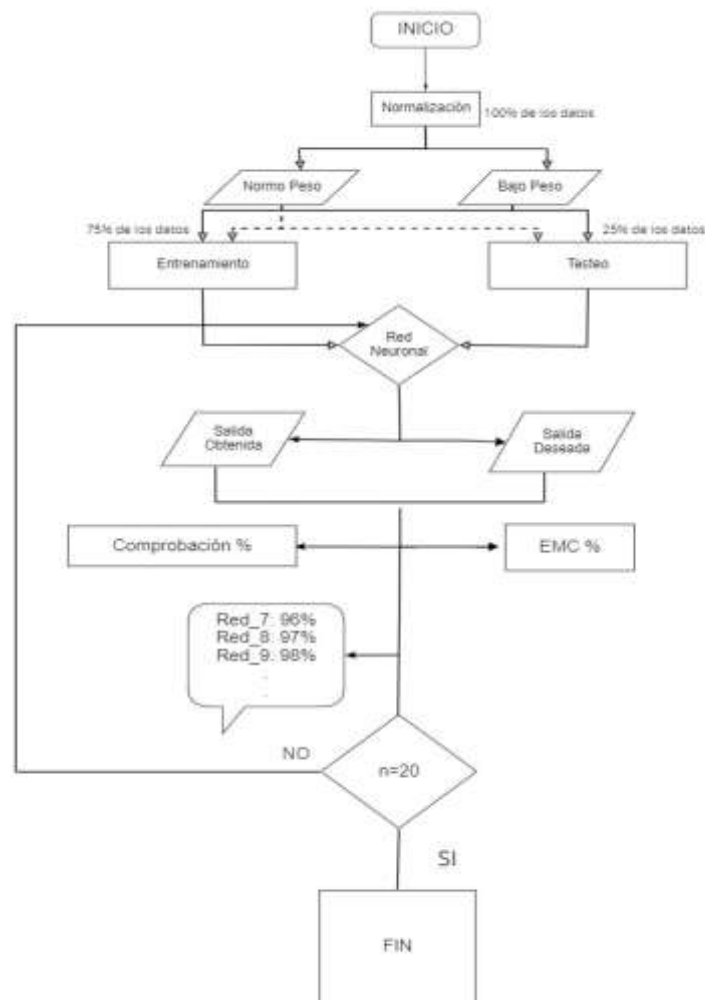


Fuente: la presente investigación – año 2021

Las características de la base de datos permite un óptimo resultado en la aplicación de una red neuronal, para esta investigación se contó inicialmente con un conjunto de datos de 29 variables y se excluyeron número y año las cuales no son necesarias para el análisis, de las 27 restantes es necesaria una normalización, proceso en el que hay que abordar dos tareas diferentes, la primera es la estandarizar las variables numéricas y segundo haremos dummy coding para lo que crearemos un nuevo dataframe con la transformación de las variables categóricas "Mun_res", "G_sang", "PTOG", y "BPN" a variables cuantitativas (variables dummies, lo que permite finalmente la base de datos para el procesamiento de la red quedó con 10990 observaciones y 96 variables.

Una vez listo el conjunto de datos se procede a entrenar y modelar la red neuronal, tal como se muestra en la figura.

Figura 3. Diagrama de flujo, red neuronal bajo peso al nacer



Fuente: la presente investigación – año 2021

Se divide el conjunto de datos en dos subconjuntos, una para entrenar la red neuronal que denominaremos train (8242), y otro para testarla que denominamos test (2748). Para llevarlo a cabo haremos uso de la función R sample que nos extraerá una muestra aleatoria de registros para crear cada uno de los conjuntos de entrenamiento y test.

El entrenamiento consiste en la presentación repetida del conjunto de datos de entrenamiento (train), para este caso un total de 8242 datos formado por las entradas y los valores correspondientes de las variables a predecir, hasta conseguir que los pesos internos (interacciones entre nodos) conduzcan a resultados óptimos en las capas de salida, acercándose lo más posible a los resultados esperados.

El ajuste de los pesos durante el entrenamiento se consigue mediante un proceso iterativo cuya finalidad es minimizar una función de error que cuantifica la diferencias entre las predicciones de la red y los valores observados en la muestra.

La medida que se utiliza para evaluar el error en la predicción es la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RME) entre los valores de salida de la red y sus valores esperados según los datos disponibles. El proceso comienza calculando el RME asociado a la red con los pesos aleatorios de inicio. Una vez conocido este error vuelven actualizarse los pesos de entrada para cada neurona oculta, este proceso se repite cíclicamente para cada iteración del proceso de entrenamiento, para el caso de esta red el número de interacciones se repite 20 veces, y en cada interacción se conserva o se guarda la configuración de la red con mejor comportamiento.

Para evaluar el comportamiento de la red se utilizó una matriz de confusión al igual que en regresión logística, los resultados de la red neuronal en su etapa de entrenamiento de presenta una exactitud de 99,27% y en su etapa de comprobación una de 99,79%, una sensibilidad de 99,83% y una especificidad de 99,29%, el modelo predice a los normo pesos en un 99,94% y los bajos pesos al nacer en un 98,01%.

Tabla 14. Sensibilidad y especificidad del modelo red neuronal de las características sociodemográficos y clínicas de las madres frente al desenlace de bajo peso al nacer a término Emssanar Nariño 2016-2018

Tabla de clasificación red Neuronal				
Observado		Pronosticado		
		Bajo peso al nacer		Porcentaje correcto
		No	Si	
Bajo peso al nacer	No	10128	6	99,94%
	Si	17	839	98,01%
Porcentaje global				99.79%

Fuente: la presente investigación – año 2021

Comparación de modelos

Desarrollada la investigación se plantea que las técnicas estadísticas aplicadas, regresión logística y red neuronal, permiten desarrollar un modelo predictivo para determinar el bajo peso al nacer. Sin embargo, se elige para esta investigación como el mejor modelo el encontrado en la técnica de redes neuronales para predecir la probabilidad tener bajo peso al nacer, lo anterior se estipula basado en las siguientes razones que se desprenden de los resultados que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Matriz de confusión regresión logística vs red neuronal

Modelo	Regresión Logística	Red Neuronal
Exactitud	93,8%	99,7%
Sensibilidad	93.8%	99,4%
Especificidad	93.3%	98,0%

Fuente: la presente investigación – año 2021

Considerando los resultados de los modelos mostrados en la tabla 13, se observa que el resultado de la exactitud obtenido para la red neuronal la regresión logística se encuentra en rangos aceptables. El promedio de la sensibilidad y de la especificidad de la red neuronal logra ser mucho mayor al de la regresión logística.

7. DISCUSIÓN

La hipótesis planteada para el presente estudio es: “La causa de bajo peso al nacer en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS, está determinada por factores sociodemográficos y clínicos identificables y susceptibles de intervención”, en tal sentido los resultados obtenidos comprueban la hipótesis y muestran que el bajo peso al nacer en neonatos a término de gestantes afiliadas a Emssanar EPS en el periodo comprendido de 1 de enero de 2016 a 31 de diciembre de 2018, se encuentra asociado positivamente con las variables sociodemográficas : municipio de residencia, área de residencia, ocupación, nivel educativo, estado civil, etnia (p valor = $< 0,005$) y con las variables clínicas: IMC, IVU, anemia, HTA, consumo de alcohol, asistencia al curso psicoprofiláctico, consumo de micronutrientes, grupo sanguíneo, (p valor = $< 0,005$).

Sin embargo, es importante mencionar que en el estudio fueron incluidas otras variables sociodemográficas (régimen de salud y nivel del sisben). y clínicas (diagnóstico de VIH, sífilis y hepatitis B, PTOG,) que no tuvieron relación estadísticamente significativa con el desenlace de bajo peso al nacer (p valor $> 0,005$),

Entre los factores protectores encontrados en la presente investigación se encontró, vivir en la zona rural (municipio de túquerres) e IMC normal, lo cual se ha evidenciado en otras investigaciones que refieren un incremento de peso insuficiente durante la gestación, o un IMC pregestacional deficiente, tuvieron niños con estado nutricional deficiente (44); se hace necesario destacar la variable consumo de micronutrientes, esto por cuanto los resultados nos muestran que la suplementación durante el embarazo con micronutrientes disminuye el riesgo de tener un recién nacido con BPN en un 94%, convirtiéndose en un importante factor protector, lo cual se ha evidenciado en otras investigaciones que refieren que, en la gestante desnutrida, hay un inadecuado intercambio materno-fetal, así como un metabolismo anormal de proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales en la madre que propician la utilización insuficiente de los nutrientes por el feto y afectan su desarrollo (44)(9).

Se encontró asociación para bajo peso al nacer con tener pocos controles prenatales: si el número de controles prenatales disminuye el riesgo de bajo peso al nacer aumenta en un 28.2%; esto deja ver la importancia del control prenatal como estrategia para la prevención del bajo peso al nacer fomentando además regímenes alimentarios sanos, mitigando el riesgo de las madres inexpertas con bajo uso de los servicios de salud (45), un mayor riesgo de las mujeres que hacen poco uso de los controles prenatales, coincide con lo reportado en un estudio realizado en Perú, este fenómeno también fue reportado en Argentina, en el que se encontró el riesgo en aquellas mujeres con menos de cinco controles prenatales (46), en Colombia a pesar de los avances en salud materno infantil,

aún hay barreras en la gestante para acudir a sus consultas prenatales, teniendo en cuenta que el objetivo del control es preparar a la mujer para la maternidad y la crianza, detectando oportunamente los riesgos, lo cual no se estaría realizando por múltiples factores, entre ellos la falta de adherencia al control prenatal; el mismo reporte indica que esta adherencia se debe expresar no solo en las asistencias, sino en el cumplimiento de las recomendaciones (47).

Entre los principales factores de riesgo se encontró la hipertensión arterial el consumo de alcohol y no hacer el curso psicoprofiláctico, los cuales son factores de riesgo ya determinados por diversos estudios (48).

Como se muestra en los resultados y una vez desarrollada la investigación se plantea que las técnicas estadísticas aplicadas, regresión logística y red neuronal, permiten desarrollar un modelo para determinar el bajo peso al nacer. Sin embargo, se elige para esta investigación como el mejor modelo el encontrado en la técnica de redes neuronales para predecir la probabilidad tener bajo peso al nacer, esto por cuanto si hacemos el comparativo encontramos en la Red neuronal una exactitud del 99,79%, una sensibilidad del 99,4% y una especificidad del 98,01%, mientras que con regresión logística se tiene una exactitud del 93,8%, una sensibilidad del 93.8% y una especificidad del 93.3%.

La ventaja principal de las redes neuronales es su capacidad de incorporar efectos no-lineales e interacciones entre las variables del modelo sin necesidad de incluirlas a priori. Como mayores desventajas, las redes neuronales proporcionan un modelo donde es difícil la interpretación de los parámetros y que necesita de un cierto empirismo en su proceso de construcción y entrenamiento. Las metodologías de redes neuronales y regresión logística son complementarias y nos ayudan a conseguir modelos más válidos (36).

Como limitantes del presente modelo predictivo para el bajo peso al nacer se encuentra que se trabajó en su mayoría con población del régimen subsidiado, que como se mencionó anteriormente es población vulnerable que carece de capacidad de pago o empleos formales, además solo se trabajó con población afiliada del departamento de Nariño, que si bien es diversa y pluriétnica, las predicciones del modelo no podrían inferirse o extrapolarse hacia el resto del país u otros departamentos, por último al tomar las variables una recolección dentro de los nueve meses de gestación no permite hacer una predicción oportuna en el primer trimestre de gestación, que permita realizar alguna intervención, para lo cual se recomienda profundizar en futuros estudios modelos que permitan hacer las predicciones en los primeros meses de gestación.

8. CONCLUSIONES

De la caracterización de los factores sociodemográficos y clínicos que se analizaron como factores a tener en cuenta para el desenlace de bajo peso al nacer en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018, se obtuvo que: de las variables sociodemográficas son significativas todas excepto el régimen de salud y de las clínicas exceptuando el diagnóstico de VIH, sífilis, hepatitis B, tuvieron relación estadísticamente significativa con el desenlace de bajo peso al nacer y de acuerdo a la prueba de chi cuadrado, encontrando mayor incidencia de bajo peso al nacer en madres de los municipios del charco y Mosquera y que son de la zona rural, de ocupación desempleadas, con nivel educativo de secundaria, divorciadas y de etnia afrocolombiana con diagnóstico de obesidad preconcepcional, con diagnóstico de IVU, sin anemia, con hipertensión arterial, con antecedente de consumo de alcohol en el embarazo, quienes realizaron curso psicoprofiláctico, sin consumo de micronutrientes de grupo sanguíneo AB-, con Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa normal y en recién nacidas del sexo femenino.

El modelo de regresión logística ejecutado con el método de selección de variables hacia adelante, en donde finalmente quedaron excluidas edad de la madre, estado civil, anemia, grupo sanguíneo, PTOG, según la prueba de ómnibus que plantea la hipótesis nula H_0 : las variables sociodemográficas y clínicas evaluadas no tienen aporte a la explicación del bajo peso al nacer a término, dado que el p-valor fue menor 0,05, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al menos una de las variables tiene un aporte significativo a la explicación del modelo que predice el bajo peso al nacer a término, por otra parte el coeficiente de de Nagelkerke refiere una explicación del 72.6%.

El modelo encontró entre los factores protectores de bajo peso al nacer son vivir en el municipio de tuquerres, ser trabajadora dependiente consumir micronutrientes, pertenecer a la etnia afrocolombiana reduce el riesgo en 10 y 6 veces respecto a indígena y mestizo en frente a las madres de otra etnia, tener estudios de primaria reduce el riesgo en 4 veces respecto a no tener ningún tipo de estudio, tener bajo peso y peso normal reduce el riesgo entre 2 y 19 veces que los pacientes con sobrepeso y obesidad, no tener IVU o HTA reduce el riesgo en 4 y 6 veces respectivamente, mientras que no consumir alcohol lo reduce en 3,5 veces, el consumir micronutrientes disminuye el riesgo en un 94%.

Respecto a embarazos previos que tuvo la madre si esta cantidad disminuye el riesgo de tener un recién nacido a término con BPN disminuye en un 46.5%, mientras que por cada hijo vivo el riesgo es mayor en un 89%, por cada kg peso de gestación que la madre disminuye el riesgo aumenta en un 7.3%, si el número de controles prenatales disminuye el riesgo de bajo peso al nacer aumenta en un

28.2% y si las semanas de gestación de la madre es menor el riesgo aumenta en un 54.3%.

Desarrollada la investigación se concluye que las técnicas estadísticas aplicadas, regresión logística y red neuronal, permiten desarrollar un modelo predictivo para determinar el bajo peso al nacer. Sin embargo, se elige para esta investigación como el mejor modelo el encontrado en la técnica de redes neuronales para predecir la probabilidad tener bajo peso al nacer, esto con base en los resultados obtenidos, los cuales son: exactitud del 99,79%, sensibilidad del 99,4% y especificidad del 98,01%, en contraste los resultados del modelo de regresión logística muestran una exactitud del 93,8%, una sensibilidad del 93,8% y una especificidad del 93,3%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. McCormick MC. The Contribution of Low Birth Weight to Infant Mortality and Childhood Morbidity. *N Engl J Med* [Internet]. 1985 Jan 10 [cited 2022 Mar 10];312(2):82–90. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJM198501103120204>
2. Nuñez Hilda, Morice Ana Cecilia. Bajo peso al nacer: un indicador de riesgo Biológico y Social. 1st ed. Tres rios (Costa rica): Inciencia; 1999. 54 p.
3. Rodríguez Domínguez PL, Hernández Cabrera J, Reyes Pérez A. Bajo peso al nacer: algunos factores asociados a la madre. *Rev Cuba Obs ginecol* [Internet]. 2006 [cited 2020 Oct 21];32(3). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-600X2006000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Velazquez NI, Yunes JL, Avila Reyes R. Recién nacidos con bajo peso; causas, problemas y perspectivas a futuro. *Bol Med Hosp Infant Mex* [Internet]. 2004 Jan [cited 2022 Mar 10];61(1):73–86. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462004000100010
5. Así vamos en salud. Prevalencia de Bajo Peso al Nacer – Georeferenciado [Internet]. Emssanar E.P.S. 2021 [cited 2022 Mar 10]. Available from: <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/seguridad-alimentaria-y-nutricional/prevalencia-de-bajo-peso-al-nacer>
6. Emssanar E.P.S. ¿Quiénes somos? Emssanar E.P.S [Internet]. [cited 2022 Mar 12]. Available from: <http://www.emssanar.org.co/eps-nosotros/eps-quienes-somos.html>
7. Fitzmaurice C, Abate D, Abbasi N, Abbastabar H, Abd-Allah F, Abdel-Rahman O, et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-Adjusted life-years for 29 cancer groups, 1990 to 2017: A systematic analysis for the global burden of disease study. *JAMA Oncol* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2021 Jun 30];5(12):1749–68. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31560378/>
8. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. Datos de nacimientos en Colombia [Internet]. DANE. 2021 [cited 2022 Mar 10]. Available from: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones/nacimientoS>
9. Franco Cadena JT. Caracterización Casos BPN a Término . Nariño 2016 y 2017 S . E . 22 [Internet]. Pasto; 2017. Available from: <https://www.mallamaseps.com.co/images/AIEPI-IPS-web/NUTRICION/Caracterización BPN 2017.pdf>

10. Risnes KR, Vatten LJ, Baker JL, Jameson K, Sovio U, Kajantie E, et al. Birthweight and mortality in adulthood: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2011 Jun [cited 2022 Mar 10];40(3):647–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21324938/>
11. Goldenberg RL, Culhane JF, Iams JD, Romero R. Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet* [Internet]. 2008 Jan 5 [cited 2022 Mar 10];371(9606):75–84. Available from: <http://www.thelancet.com/article/S0140673608600744/fulltext>
12. Villar J, Abalos E, Carroli G, Giordano D, Wojdyla D, Piaggio G, et al. Heterogeneity of perinatal outcomes in the preterm delivery syndrome. *Obstet Gynecol* [Internet]. 2004 Jul [cited 2022 Mar 10];104(1):78–87. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15229004/>
13. Kramer MS, Papageorghiou A, Culhane J, Bhutta Z, Goldenberg RL, Gravett M, et al. Challenges in defining and classifying the preterm birth syndrome. *Am J Obstet Gynecol* [Internet]. 2012 [cited 2022 Mar 10];206(2):108–12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22118964/>
14. Villar J, Papageorghiou AT, Knight HE, Gravett MG, Iams J, Waller SA, et al. The preterm birth syndrome: a prototype phenotypic classification. *Am J Obstet Gynecol* [Internet]. 2012 [cited 2022 Mar 10];206(2):119–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22177191/>
15. Brown SJ, Yelland JS, Sutherland GA, Baghurst PA, Robinson JS. Stressful life events, social health issues and low birthweight in an Australian population-based birth cohort: Challenges and opportunities in antenatal care. *BMC Public Health* [Internet]. 2011 Mar 30 [cited 2022 Mar 10];11(1):1–12. Available from: <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-11-196>
16. Pabón-Salazar YK, Eraso-Revelo JP, Bergonzoli-Pelaez G, Mera-Mamián AY. Factores asociados al bajo peso al nacer en un hospital universitario del departamento de Nariño. *Univ y Salud* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2022 Mar 10];23(3):179–88. Available from: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/5259/7696>
17. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, ENSIN 2010 [Internet]. Bogotá D.C., Colombia; 2010. Available from: <https://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/pdf/ResumenEjecutivoAbril6de2011.pdf>
18. Ley 115 Por la cual se expide la ley general de educación. Bogotá D.C. Congreso de la República de Colombia.1994.
19. Holt VL, Danoff NL, Mueller BA, Swanson MW. The association of change in maternal marital status between births and adverse pregnancy outcomes in the

second birth. *Paediatr Perinat Epidemiol* [Internet]. 1997 [cited 2022 Mar 10];11 Suppl 1(SUPPL. 1):31–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9018713/>

20. Bhutta ZA, Das JK, Rizvi A, Gaffey MF, Walker N, Horton S, et al. Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: what can be done and at what cost? *Lancet* (London, England) [Internet]. 2013 [cited 2022 Mar 10];382(9890):452–77. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23746776/>

21. Blaikie P, Cannon T, Davis I, Wisner B. *Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres* [Internet]. 1st ed. Tercer Mundo, editor. 1996 [cited 2022 Mar 10]. 1–296 p. Available from: <https://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/>

22. Pizarro R. *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina*. Santiago de Chile; 2001.

23. Rubio García M. *La construcción de un sistema de protección social adecuado a la infancia en el Perú Oportunidades y retos*. Santiago; 2017.

24. Busso G. *VULNERABILIDAD SOCIAL: NOCIONES E IMPLICANCIAS DE POLÍTICAS PARA LATINOAMERICA A INICIOS DEL SIGLO XXI*. Santiago de Chile; 2001.

25. Navarro S, Larrubia Remedios. Indicadores para medir situaciones de vulnerabilidad. *Baetica Estud arte, Geogr e Hist*. 2006;28:485–506.

26. Minujin A. *Vulnerabilidad y exclusión social en América Latina, en todos entran propuesta para sociedades incluyentes*. 1st ed. Bogotá D.C: Santillana; 1998.

27. Naciones Unidas, Comisión de Derechos Humanos. *Declaración universal de derechos humanos*. Paris; 1948.

28. Ruiz G. Perder el lugar: Un caso de estudio del desplazamiento en Colombia on JSTOR. *Rev Eur Estud Latinoam y Del Caribe* [Internet]. 2014 [cited 2022 Mar 11];(96):55–74. Available from: https://www.jstor.org/stable/23722433?seq=1#metadata_info_tab_contents

29. Mogollón-Pérez AS, Vázquez ML. Factores que inciden en el acceso de la población desplazada a las instituciones prestadoras de servicios de salud en Colombia. *Cad Saúde Pública*, Rio Janeiro. 2008;24(4):745–54.

30. Cáceres DC, Izquierdo VF, Mantilla L, Jara J, Velandia M. Perfil epidemiológico de la población desplazada por el conflicto armado interno del país en un barrio de Cartagena, Colombia, 2000. *Biomédica* [Internet]. 2002 Dec 1 [cited 2022 Mar 11];22(Sup2):425–44. Available from: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1191>

31. Presidencia de la República de Colombia. Artículo 67. CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991. Colombia; 1991.
32. Congreso de la República de Colombia. Ley 1251 de 2008. Por la cual se dictan normas tendientes a procurar la protección, promoción y defensa de los derechos de los adultos mayores, 1251 Colombia; Nov 27, 2008.
33. Congreso de la República de Colombia. LEY 100 DE 1993. por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones, 100 Colombia; Dec 23, 1993.
34. Cross SS, Harrison RF, Kennedy RL. Introduction to neural networks. Lancet (London, England) [Internet]. 1995 Oct 21 [cited 2022 Mar 11];346(8982):1075–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7564791/>
35. Sarle W, Cary N. Neural network FAQ, part 1 of 7: introduction, periodic posting to the Usenet newsgroup comp.ai.neural-nets. 1997;
36. Trujillanoa J, Marcha J, Sorribas A. Aproximación metodológica al uso de redes neuronales artificiales para la predicción de resultados en medicina | Medicina Clínica. Med Clin [Internet]. 2004 [cited 2022 Mar 10];122(s1):59–67. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-aproximacion-metodologica-al-uso-redes-13057536>
37. Acnur. Tendencias de desplazamiento. Institucional. Colombia: ACNUR, Desplazamiento interno. Dinamarca; 2015 Jun.
38. Sáenz Rosell A, Morejón Sotolongo Y, Espinosa Martínez J, Sáez Chirino G, Rosales Lameira BM, Soto Benítez MN. Incidencia y mortalidad del recién nacido bajo peso. Rev Cuba Obstet y Ginecol [Internet]. 2011;37(4):471–80. Available from: <http://scielo.sld.cuhttp://scielo.sld.cu472>
39. Kaztman R. Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social [Internet]. Aguascalientes; 2000 Sep [cited 2022 Mar 12]. Available from: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/31545>
40. Tashakkori A, Teddlie C. The past and future of mixed methods research: From data triangulation to mixed model designs. Thousand Oaks, CA, EE. UU; 2003.
41. Hernández Sampieri R, Mendoza CP. El matrimonio cuantitativo cualitativo: el paradigma mixto. In: 6º Congreso de Investigación en Sexología. Tabasco (México.: Instituto Mexicano de Sexología, A. C., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; 2008.
42. Sánchez Villegas A, Faulín Fajardo FJ, Martínez Gonzále MÁ. Bioestadística amigable [Internet]. 2nd ed. España: Editorial Díaz de Santos, S.A.; 2006 [cited 2022 Mar 12]. Available from:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=296656>

43. Szklo M, Nieto J. Epidemiología intermedia: conceptos y aplicaciones [Internet]. 1st ed. Vol. 1. Barcelona: Ediciones Díaz de Santos; 2003 [cited 2022 Mar 12]. 223–265 p. Available from: <http://www.diazdesantos.com.co/libros/szklo-moyses-epidemiologia-intermedia-conceptos-y-aplicaciones-L03005950101.html>
44. Ariza Riaño NE, Valderrama Sanabria ML, Ospina JM. Caracterización del embarazo adolescente en dos ciudades de Boyacá, Colombia. Rev Virtual Univ Católica del Norte [Internet]. 2014 [cited 2022 Mar 12];(42):154–63. Available from: <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/501/1037>
45. Leal Soliguera M del C. Bajo peso al nacer: una mirada desde la influencia de factores sociales. Rev Cuba Salud Pública [Internet]. 2008 [cited 2022 Mar 12];34(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000100016
46. Salcedo G, Couceiro M. Factores de riesgo del estado nutricional al nacer. Rev Cuba ... [Internet]. 2012;31(1):4–12. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251996000300010
47. Caceres-Manrique F de M. El control prenatal: una reflexión urgente. Rev Colomb Obs Ginecol [Internet]. 2009 [cited 2022 Mar 12];60(2):165–70. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034-74342009000200007&script=sci_abstract&tlng=es
48. Álvarez Ponce VA, Alonso Uría RM, Ballesté López I, Muñiz Rizo M. El bajo peso al nacer y su relación con la hipertensión arterial en el embarazo. Rev Cuba Obs ginecol [Internet]. 2011 [cited 2022 Mar 12];37(1):23–31. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-600X2011000100004

ANEXOS

Anexo A. Red neuronal del riesgo de bajo peso al nacer a término a partir de factores asociados en neonatos de gestantes afiliadas a Emssanar EPS del Departamento de Nariño en el periodo 2016 – 2018

código en R.

Objetivo Este tutorial recoge los pasos básicos para llevar a cabo un clasificador multietiqueta basado en una red neuronal artificial haciendo uso del paquete `neuralnet` de R. En este ejemplo realizaremos un clasificador de Bajo peso al nacer

cargamos librerías

```
library(neuralnet)
library(caret)

## Loading required package: lattice

## Loading required package: ggplot2

library(lattice)
library(readxl)
library(fastDummies)
library(tidyverse)

## -- Attaching packages ----- tidyverse 1.3.0 --

## v tibble 3.1.1    v dplyr 1.0.5
## v tidyr 1.0.2     v stringr 1.4.0
## v readr 1.3.1     v forcats 0.5.0
## v purrr 0.3.3

## -- Conflicts ----- tidyverse_conflicts() --
## x dplyr::compute() masks neuralnet::compute()
## x dplyr::filter() masks stats::filter()
## x dplyr::lag() masks stats::lag()
## x purrr::lift() masks caret::lift()

library(skimr)
library(mice)#imputacion de datos

##
## Attaching package: 'mice'

## The following object is masked from 'package:stats':
##
## filter

## The following objects are masked from 'package:base':
##
## cbind, rbind

library(naniar)#naniarproporciona formas ordenadas y basadas en principios para resumir, visualizar y manipular los datos faltantes con desviaciones mínimas de los flujos de trabajo en ggplot2 y datos ordenados
```

```
##
## Attaching package: 'naniar'

## The following object is masked from 'package:skimr':
##
## n_complete
```

Fuente de datos La fuente de datos de este ejemplo la obtendremos.....

CARGAMOS DATOS

```
data1 <- read_excel ("E:/Asesorias/BAJO PESO AL NACER/modelobpn/Base BPN Multivariado.xlsx")
#View(data)
```

Exploración Empezamos echando un breve vistazo a los datos descargados y así tener una idea clara las características de los datos con los que estamos trabajando.

```
head(data1)

## # A tibble: 6 x 29
##   Num  AÑO Edad_madre Mun_res Area_res Ocupa N_educ E_civil Etnia Emb_previos
##   <dbl> <dbl>   <dbl> <chr>   <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
## 1  1  2017   31.5 TUMACO     1  4    4    2    1    1
## 2  2  2016   17  TUMACO     1  1    1    2    5    0
## 3  3  2017   20.0 CHACHA~    1  1    2    3    3    2
## 4  4  2017   27.4 TUMACO     2  1    2    3    1    1
## 5  5  2016   16  TUMACO     2  4    2    3    5    0
## 6  6  2016   21  LINARES    2  4    2    2    3    1
## # ... with 19 more variables: Hijos_vivos <dbl>, Peso_gesta <dbl>,
## # Talla_madre <dbl>, IMC <dbl>, Clas_IMC <dbl>, IVU <dbl>, Anemia <dbl>,
## # HTA <dbl>, Con_alcoh <dbl>, Control_pren <dbl>, Curso_psico <dbl>,
## # Micro_nut <dbl>, G_sang <chr>, PTOG <chr>, Sem_gestac <dbl>, Sexo_RN <dbl>,
## # Peso_nac <dbl>, BPN <dbl>, N_Sisb <dbl>
```

```
skim(data1)#Resumen de nuestra base de datos
```

Data summary

Name	data1
Number of rows	10990
Number of columns	29

Column type frequency:

character	3
numeric	26

Group variables	None
-----------------	------

Variable type: character

skim_variable	n_missing	complete_rate	min	max	empty	n_unique	whitespace
Mun_res	0	1	4	8	0	60	0
G_sang	0	1	2	8	0	9	0
PTOG	0	1	6	7	0	2	0

Variable type: numeric

skim_variable	n_missing	complete_rate	mean	sd	p0	p25	p50	p75	p100	hist
Num	0	1	5495.50	3172.68	1.00	2748.25	5495.50	8242.75	10990.00	
AÑO	0	1	2017.50	0.73	2016.00	2017.00	2018.00	2018.00	2018.00	
Edad_madre	0	1	25.22	6.54	12.00	20.00	24.00	29.84	49.00	
Area_res	0	1	1.19	0.39	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	
Ocupa	0	1	2.39	1.63	1.00	1.00	1.00	4.00	5.00	
N_educ	0	1	1.72	0.96	0.00	1.00	2.00	2.00	4.00	
E_civil	0	1	2.38	0.68	1.00	2.00	2.00	3.00	5.00	
Etnia	0	1	3.18	0.91	1.00	3.00	3.00	3.00	5.00	
Emb_previos	0	1	1.60	1.09	0.00	1.00	1.00	2.00	11.00	
Hijos_vivos	0	1	1.96	1.33	0.00	1.00	2.00	3.00	12.00	
Peso_gesta	0	1	57.90	9.04	36.00	52.00	57.00	63.00	140.00	
Talla_madre	0	1	1.53	0.06	1.26	1.49	1.53	1.57	1.95	
IMC	0	1	24.66	3.32	13.89	22.32	24.44	26.58	50.67	
Clas_IMC	0	1	2.67	0.77	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00	
IVU	0	1	1.71	0.45	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	
Anemia	0	1	1.83	0.38	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
HTA	0	1	1.96	0.18	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Con_alcohol	0	1	1.92	0.27	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Control_pren	0	1	5.77	3.72	0.00	2.00	6.00	8.00	17.00	
Curso_ps	0	1	0.47	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	

ico											
Micro_nut	0	1	1.12	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00		
Sem_gestac	1	1	38.72	1.12	36.60	38.00	39.00	39.57	42.43		
Sexo_RN	0	1	1.49	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00		
Peso_nac	0	1	3105.16	422.10	1190.00	2840.00	3100.00	3390.00	5880.00		
BPN	0	1	0.08	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		
N_Sisb	0	1	1.33	0.53	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00		

```
n_miss(data1) #buscamos variables y datos perdidos
```

```
## [1] 1
```

```
imputed_data <- mice(data1, method = "mean")
```

```
##
```

```
## iter imp variable
```

```
## 1 1 Sem_gestac
```

```
## 1 2 Sem_gestac
```

```
## 1 3 Sem_gestac
```

```
## 1 4 Sem_gestac
```

```
## 1 5 Sem_gestac
```

```
## 2 1 Sem_gestac
```

```
## 2 2 Sem_gestac
```

```
## 2 3 Sem_gestac
```

```
## 2 4 Sem_gestac
```

```
## 2 5 Sem_gestac
```

```
## 3 1 Sem_gestac
```

```
## 3 2 Sem_gestac
```

```
## 3 3 Sem_gestac
```

```
## 3 4 Sem_gestac
```

```
## 3 5 Sem_gestac
```

```
## 4 1 Sem_gestac
```

```
## 4 2 Sem_gestac
```

```
## 4 3 Sem_gestac
```

```
## 4 4 Sem_gestac
```

```
## 4 5 Sem_gestac
```

```
## 5 1 Sem_gestac
```

```
## 5 2 Sem_gestac
```

```
## 5 3 Sem_gestac
```

```
## 5 4 Sem_gestac
```

```
## 5 5 Sem_gestac
```

```
## Warning: Number of logged events: 3
```

```
data1 <- mice::complete(imputed_data)
```

```
sum(is.na(data1)) #Aplicamos metodo de imputacion
```

```
## [1] 0
```

Nuestro dataframe está compuesto por 10990 observaciones de 29 variables representando la BPN como el bajo peso al nacer (0 y 1). Eliminamos las variables num y años que no usaran dentro del analisis.

```
data=data1[3:29]
head(data)

## Edad_madre Mun_res Area_res Ocupa N_educ E_civil Etnia Emb_previos
## 1 31.45205 TUMACO 1 4 4 2 1 1
## 2 17.00000 TUMACO 1 1 1 2 5 0
## 3 19.98630 CHACHAGU 1 1 2 3 3 2
## 4 27.39178 TUMACO 2 1 2 3 1 1
## 5 16.00000 TUMACO 2 4 2 3 5 0
## 6 21.00000 LINARES 2 4 2 2 3 1
## Hijos_vivos Peso_gesta Talla_madre IMC Clas_IMC IVU Anemia HTA Con_alcoh
## 1 0 45.0 1.80 13.88889 1 2 2 2 2
## 2 1 40.0 1.65 14.69238 4 2 1 1 2
## 3 0 42.0 1.69 14.70537 1 1 2 2 2
## 4 0 42.0 1.68 14.88095 1 2 2 2 2
## 5 1 40.0 1.60 15.62500 4 1 2 2 2
## 6 0 43.3 1.65 15.90450 1 1 2 2 2
## Control_pren Curso_psico Micro_nut G_sang PTOG Sem_gestac Sexo_RN Peso_nac
## 1 1 0 1 A- NORMAL 38.100 1 3200
## 2 6 1 1 O+ NORMAL 37.000 2 2420
## 3 2 1 1 O+ NORMAL 37.428 2 2810
## 4 2 0 1 O+ NORMAL 37.000 2 3100
## 5 2 1 1 O+ NORMAL 39.000 2 2400
## 6 7 1 1 O- NORMAL 38.500 2 2820
## BPN N_Sisb
## 1 0 1
## 2 1 1
## 3 0 1
## 4 0 2
## 5 1 2
## 6 0 1

str(data)# tipo de variables

## 'data.frame': 10990 obs. of 27 variables:
## $ Edad_madre : num 31.5 17 20 27.4 16 ...
## $ Mun_res : chr "TUMACO" "TUMACO" "CHACHAGU" "TUMACO" ...
## $ Area_res : num 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 ...
## $ Ocupa : num 4 1 1 1 4 4 1 4 4 1 ...
## $ N_educ : num 4 1 2 2 2 2 1 2 2 2 ...
## $ E_civil : num 2 2 3 3 3 2 3 2 2 2 ...
## $ Etnia : num 1 5 3 1 5 3 3 1 3 3 ...
## $ Emb_previos : num 1 0 2 1 0 1 2 1 1 1 ...
## $ Hijos_vivos : num 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 ...
## $ Peso_gesta : num 45 40 42 42 40 43.3 38 40 45 43.6 ...
## $ Talla_madre : num 1.8 1.65 1.69 1.68 1.6 1.65 1.53 1.56 1.65 1.62 ...
## $ IMC : num 13.9 14.7 14.7 14.9 15.6 ...
## $ Clas_IMC : num 1 4 1 1 4 1 1 1 1 1 ...
## $ IVU : num 2 2 1 2 1 1 2 1 1 2 ...
## $ Anemia : num 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
## $ HTA : num 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
## $ Con_alcoh : num 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
## $ Control_pren: num 1 6 2 2 2 7 5 1 6 7 ...
## $ Curso_psico : num 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 ...
## $ Micro_nut : num 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
```

```
## $ G_sang : chr "A-" "O+" "O+" "O+" ...
## $ PTOG : chr "NORMAL" "NORMAL" "NORMAL" "NORMAL" ...
## $ Sem_gestac : num 38.1 37 37.4 37 39 ...
## $ Sexo_RN : num 1 2 2 2 2 1 2 2 2 ...
## $ Peso_nac : num 3200 2420 2810 3100 2400 ...
## $ BPN : num 0 1 0 0 1 0 0 0 0 ...
## $ N_Sisb : num 1 1 1 2 2 1 1 1 1 ...
```

A continuación, vamos a comprobar si todas las observaciones están completas y no falta ningún valor. Si se diera el caso, tendríamos que decidir si omitir las observaciones incompletas o completar las mismas con valores promedio.

DATOS FALTANTES

```
colSums(is.na(data)) #comprobamos que no hay datos faltantes
```

```
## Edad_madre Mun_res Area_res Ocupa N_educ E_civil
## 0 0 0 0 0 0
## Etnia Emb_previos Hijos_vivos Peso_gesta Talla_madre IMC
## 0 0 0 0 0 0
## Clas_IMC IVU Anemia HTA Con_alcoh Control_pren
## 0 0 0 0 0 0
## Curso_psico Micro_nut G_sang PTOG Sem_gestac Sexo_RN
## 0 0 0 0 0 0
## Peso_nac BPN N_Sisb
## 0 0 0
```

Proporción de enfermos y sanos

```
# Proporción Bajo peso y sin Bajo Peso
prop.table(table(data$BPN))*100

##
## 0 1
## 92.211101 7.788899
```

Podemos comprobar como en nuestro dataframe todas las observaciones están completas y por tanto continuar con el análisis.

Observamos como los rangos de valor de cada una de las variables son muy diferentes en magnitud. Esto requerirá que los mismos sean normalizados, acción que llevaremos a cabo en el siguiente apartado.

DESCRIPTIVO

```
summary(data)
```

```
## Edad_madre Mun_res Area_res Ocupa
## Min. :12.00 Length:10990 Min. :1.000 Min. :1.000
## 1st Qu.:20.00 Class :character 1st Qu.:1.000 1st Qu.:1.000
## Median :24.00 Mode :character Median :1.000 Median :1.000
## Mean :25.22 Mean :1.186 Mean :2.393
## 3rd Qu.:29.84 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:4.000
## Max. :49.00 Max. :3.000 Max. :5.000
## N_educ E_civil Etnia Emb_previos
```

```
## Min. :0.000 Min. :1.000 Min. :1.000 Min. :0.000
## 1st Qu.:1.000 1st Qu.:2.000 1st Qu.:3.000 1st Qu.:1.000
## Median :2.000 Median :2.000 Median :3.000 Median :1.000
## Mean :1.717 Mean :2.385 Mean :3.183 Mean :1.604
## 3rd Qu.:2.000 3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:2.000
## Max. :4.000 Max. :5.000 Max. :5.000 Max. :11.000
## Hijos_vivos Peso_gesta Talla_madre IMC
## Min. :0.000 Min. :36.0 Min. :1.260 Min. :13.89
## 1st Qu.:1.000 1st Qu.:52.0 1st Qu.:1.490 1st Qu.:22.32
## Median :2.000 Median :57.0 Median :1.530 Median :24.44
## Mean :1.963 Mean :57.9 Mean :1.532 Mean :24.66
## 3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:63.0 3rd Qu.:1.570 3rd Qu.:26.58
## Max. :12.000 Max. :140.0 Max. :1.950 Max. :50.67
## Clas_IMC IVU Anemia HTA
## Min. :1.000 Min. :1.000 Min. :1.000 Min. :1.000
## 1st Qu.:2.000 1st Qu.:1.000 1st Qu.:2.000 1st Qu.:2.000
## Median :3.000 Median :2.000 Median :2.000 Median :2.000
## Mean :2.673 Mean :1.711 Mean :1.829 Mean :1.965
## 3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:2.000 3rd Qu.:2.000 3rd Qu.:2.000
## Max. :4.000 Max. :2.000 Max. :2.000 Max. :2.000
## Con_alcoh Control_pren Curso_psico Micro_nut
## Min. :1.000 Min. :0.000 Min. :0.0000 Min. :1.000
## 1st Qu.:2.000 1st Qu.:2.000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:1.000
## Median :2.000 Median :6.000 Median :0.0000 Median :1.000
## Mean :1.922 Mean :5.765 Mean :0.4713 Mean :1.124
## 3rd Qu.:2.000 3rd Qu.:8.000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.000
## Max. :2.000 Max. :17.000 Max. :1.0000 Max. :2.000
## G_sang PTOG Sem_gestac Sexo_RN
## Length:10990 Length:10990 Min. :36.60 Min. :1.000
## Class :character Class :character 1st Qu.:38.00 1st Qu.:1.000
## Mode :character Mode :character Median :39.00 Median :1.000
## Mean :38.72 Mean :1.487
## 3rd Qu.:39.57 3rd Qu.:2.000
## Max. :42.43 Max. :2.000
## Peso_nac BPN N_Sisb
## Min. :1190 Min. :0.00000 Min. :1.000
## 1st Qu.:2840 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:1.000
## Median :3100 Median :0.00000 Median :1.000
## Mean :3105 Mean :0.07789 Mean :1.334
## 3rd Qu.:3390 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:2.000
## Max. :5880 Max. :1.00000 Max. :3.000
```

NORMALIZACIÓN

Durante el proceso de normalizado tenemos que abordar dos tareas diferente:

Codificar las variables de categoría. En nuestro caso la que refleja el tipo de vino como 1, 2 ó 3.

Estandarizar las variables numéricas. En nuestro caso son los resultados analíticos cuantitativos que se recogen en el resto de las variables.

Normalización de Categorías Para abordar esta tarea haremos dummy coding con la ayuda del paquete R dummies y crearemos un nuevo dataframe.

Varibales Dummy

```
#Convertimos las categoricas en variables dummy
```



```
data_rn=dummy_cols(data, select_columns = c("Mun_res", "G_sang","PTOG","BPN")) %>%
  select(-c("Mun_res", "G_sang","PTOG","BPN"))
```

Normalización de Variables Numéricas Para la normalización de los valores de la variables definiremos la siguiente función:

```
normaliza <- function(x) {return ((x-min(x))/(max(x)-min(x)))}
```

Ahora aplicaremos la función creada normaliza a cada una de las columna.

```
data_norm <- as.data.frame(lapply(data_rn, normaliza))
```

Por último revisamos los valores normalizados de las variables que se encontrarán en todos los casos entre 0 y 1.

```
summary(data_norm)
```

```
## Edad_madre Area_res Ocupa N_educ
## Min. :0.0000 Min. :0.00000 Min. :0.0000 Min. :0.0000
## 1st Qu.:0.2162 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.2500
## Median :0.3243 Median :0.00000 Median :0.0000 Median :0.5000
## Mean :0.3573 Mean :0.09299 Mean :0.3482 Mean :0.4292
## 3rd Qu.:0.4822 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.7500 3rd Qu.:0.5000
## Max. :1.0000 Max. :1.00000 Max. :1.0000 Max. :1.0000
## E_civil Etnia Emb_previos Hijos_vivos
## Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.00000 Min. :0.00000
## 1st Qu.:0.2500 1st Qu.:0.5000 1st Qu.:0.09091 1st Qu.:0.08333
## Median :0.2500 Median :0.5000 Median :0.09091 Median :0.16667
## Mean :0.3461 Mean :0.5457 Mean :0.14586 Mean :0.16357
## 3rd Qu.:0.5000 3rd Qu.:0.5000 3rd Qu.:0.18182 3rd Qu.:0.25000
## Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.00000 Max. :1.00000
## Peso_gesta Talla_madre IMC Clas_IMC
## Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000
## 1st Qu.:0.1538 1st Qu.:0.3333 1st Qu.:0.2292 1st Qu.:0.3333
## Median :0.2019 Median :0.3913 Median :0.2869 Median :0.6667
## Mean :0.2106 Mean :0.3936 Mean :0.2928 Mean :0.5577
## 3rd Qu.:0.2596 3rd Qu.:0.4493 3rd Qu.:0.3451 3rd Qu.:0.6667
## Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000
## IVU Anemia HTA Con_alcoh
## Min. :0.0000 Min. :0.000 Min. :0.000 Min. :0.0000
## 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:1.000 1st Qu.:1.000 1st Qu.:1.0000
## Median :1.0000 Median :1.000 Median :1.000 Median :1.0000
## Mean :0.7108 Mean :0.829 Mean :0.965 Mean :0.9217
## 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:1.0000
## Max. :1.0000 Max. :1.000 Max. :1.000 Max. :1.0000
## Control_pren Curso_psico Micro_nut Sem_gestac
## Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.0000
## 1st Qu.:0.1176 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.2402
## Median :0.3529 Median :0.0000 Median :0.0000 Median :0.4118
## Mean :0.3391 Mean :0.4713 Mean :0.1242 Mean :0.3645
## 3rd Qu.:0.4706 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:0.0000 3rd Qu.:0.5098
## Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.0000
## Sexo_RN Peso_nac N_Sisb Mun_res_ALBAN
## Min. :0.000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000 1st Qu.:0.3518 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000 Median :0.4072 Median :0.0000 Median :0.000000
## Mean :0.487 Mean :0.4083 Mean :0.1668 Mean :0.002457
## 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:0.4691 3rd Qu.:0.5000 3rd Qu.:0.000000
```

```

## Max. :1.000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.000000
## Mun_res_ALDANA Mun_res_ANCUYA Mun_res_ARBOLEDA Mun_res_BARBACOA
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.002912 Mean :0.001729 Mean :0.002366 Mean :0.01056
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_BELEN Mun_res_BUESACO Mun_res_CHACHAGU Mun_res_COLON.GE
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.002275 Mean :0.00646 Mean :0.009099 Mean :0.002275
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_CONSACA Mun_res_CONTADER Mun_res_CORDOBA Mun_res_CUASPUD
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.00455 Mean :0.002639 Mean :0.006642 Mean :0.006733
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_CUMBAL Mun_res_CUMBITAR Mun_res_EL.CHARC Mun_res_EL.PEÑO
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.002821 Mean :0.001365 Mean :0.000182 Mean :0.0008189
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_EL.TABLO Mun_res_EL.TAMBO Mun_res_FRANCISC Mun_res_FUNES
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.004277 Mean :0.006187 Mean :0.005278 Mean :0.001365
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_GUACHUCA Mun_res_GUAITARI Mun_res_GUALMATA Mun_res_ILES
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.000273 Mean :0.006006 Mean :0.001001 Mean :0.004459
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_IMUES Mun_res_IPIALES Mun_res_LA.CRUIZ Mun_res_LA.FLORI
## Min. :0.000000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.0000 Median :0.0000 Median :0.000000
## Mean :0.001001 Mean :0.1299 Mean :0.0131 Mean :0.005005
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.0000 3rd Qu.:0.0000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.000000
## Mun_res_LA.LLANA Mun_res_LA.UNION Mun_res_LINARES Mun_res_LOS.ANDE
## Min. :0.000000 Min. :0.00000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.00000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.004823 Mean :0.02657 Mean :0.003094 Mean :0.000273
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.00000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_MAGUI Mun_res_MALLAMA Mun_res_MOSQUERA Mun_res_NARIÑO
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000

```

```

## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.001911 Mean :0.008462 Mean :0.000182 Mean :0.00182
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_OLAYA.HE Mun_res_OSPINA Mun_res_PASTO Mun_res_POLICARP
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.0000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.0000 Median :0.000000
## Mean :0.003822 Mean :0.004004 Mean :0.4037 Mean :0.006642
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.0000 Max. :1.000000
## Mun_res_POTOSI Mun_res_PROVIDEN Mun_res_PUERRES Mun_res_PUPIALES
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.00000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.00000 Median :0.000000
## Mean :0.001547 Mean :0.002548 Mean :0.00273 Mean :0.008917
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.00000 Max. :1.000000
## Mun_res_RICAURTE Mun_res_ROBERTO Mun_res_SAMANIEG Mun_res_SAN.BERN
## Min. :0.00000 Min. :0.000000 Min. :0.00000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.00000 Median :0.000000 Median :0.00000 Median :0.000000
## Mean :0.02029 Mean :0.007734 Mean :0.01474 Mean :0.002275
## 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.00000 Max. :1.000000 Max. :1.00000 Max. :1.000000
## Mun_res_SAN.LORE Mun_res_SAN.PABL Mun_res_SAN.PEDR Mun_res_SANDONA
## Min. :0.000000 Min. :0.00000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.00000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.005278 Mean :0.00273 Mean :0.000546 Mean :0.008371
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.00000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_SANTACRU Mun_res_SAPUYES Mun_res_TAMINANG Mun_res_TANGUA
## Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000 Median :0.000000
## Mean :0.005187 Mean :0.001547 Mean :0.005914 Mean :0.006097
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000 Max. :1.000000
## Mun_res_TUMACO Mun_res_TUQUERRE Mun_res_YACUANQU G_sang_A.
## Min. :0.000 Min. :0.00000 Min. :0.000000 Min. :0.00000
## 1st Qu.:0.000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:0.00000
## Median :0.000 Median :0.00000 Median :0.000000 Median :0.00000
## Mean :0.174 Mean :0.01601 Mean :0.004459 Mean :0.03658
## 3rd Qu.:0.000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:0.00000
## Max. :1.000 Max. :1.00000 Max. :1.000000 Max. :1.00000
## G_sang_A..1 G_sang_AB. G_sang_AB..1 G_sang_B.
## Min. :0.0000 Min. :0.00000 Min. :0.00000 Min. :0.00000
## 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.00000
## Median :0.0000 Median :0.00000 Median :0.00000 Median :0.00000
## Mean :0.1247 Mean :0.01056 Mean :0.03358 Mean :0.06369
## 3rd Qu.:0.0000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.00000
## Max. :1.0000 Max. :1.00000 Max. :1.00000 Max. :1.00000
## G_sang_B..1 G_sang_O. G_sang_O..1 G_sang_SIN.DATO
## Min. :0.00000 Min. :0.00000 Min. :0.0000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.00000 1st Qu.:0.0000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.00000 Median :0.00000 Median :1.0000 Median :0.000000
## Mean :0.03412 Mean :0.04886 Mean :0.6477 Mean :0.000273
## 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:0.00000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.00000 Max. :1.00000 Max. :1.0000 Max. :1.000000

```

```
## PTOG_ANORMAL PTOG_NORMAL BPN_0 BPN_1
## Min. :0.000000 Min. :0.0000 Min. :0.0000 Min. :0.000000
## 1st Qu.:0.000000 1st Qu.:1.0000 1st Qu.:1.0000 1st Qu.:0.000000
## Median :0.000000 Median :1.0000 Median :1.0000 Median :0.000000
## Mean :0.007461 Mean :0.9925 Mean :0.9221 Mean :0.07789
## 3rd Qu.:0.000000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:1.0000 3rd Qu.:0.000000
## Max. :1.000000 Max. :1.0000 Max. :1.0000 Max. :1.000000
```

```
colSums(is.na(data_norm))
```

```
## Edad_madre Area_res Ocupa N_educ
## 0 0 0 0
## E_civil Etnia Emb_previos Hijos_vivos
## 0 0 0 0
## Peso_gesta Talla_madre IMC Clas_IMC
## 0 0 0 0
## IVU Anemia HTA Con_alcoh
## 0 0 0 0
## Control_pren Curso_psico Micro_nut Sem_gestac
## 0 0 0 0
## Sexo_RN Peso_nac N_Sisb Mun_res_ALBAN
## 0 0 0 0
## Mun_res_ALDANA Mun_res_ANCUYA Mun_res_ARBOLEDA Mun_res_BARBACOA
## 0 0 0 0
## Mun_res_BELEN Mun_res_BUESACO Mun_res_CHACHAGU Mun_res_COLON.GE
## 0 0 0 0
## Mun_res_CONSACA Mun_res_CONTADER Mun_res_CORDOBA Mun_res_CUASPUD
## 0 0 0 0
## Mun_res_CUMBAL Mun_res_CUMBITAR Mun_res_EL.CHARC Mun_res_EL.PEÑO
## 0 0 0 0
## Mun_res_EL.TABLO Mun_res_EL.TAMBO Mun_res_FRANCISC Mun_res_FUNES
## 0 0 0 0
## Mun_res_GUACHUCA Mun_res_GUAITARI Mun_res_GUALMATA Mun_res_ILES
## 0 0 0 0
## Mun_res_IMUES Mun_res_IPIALES Mun_res_LA.CRUIZ Mun_res_LA.FLORI
## 0 0 0 0
## Mun_res_LA.LLANA Mun_res_LA.UNION Mun_res_LINARES Mun_res_LOS.ANDE
## 0 0 0 0
## Mun_res_MAGUI Mun_res_MALLAMA Mun_res_MOSQUERA Mun_res_NARIÑO
## 0 0 0 0
## Mun_res_OLAYA.HE Mun_res_OSPINA Mun_res_PASTO Mun_res_POLICARP
## 0 0 0 0
## Mun_res_POTOSI Mun_res_PROVIDEN Mun_res_PUERRES Mun_res_PUPIALES
## 0 0 0 0
## Mun_res_RICAURTE Mun_res_ROBERTO Mun_res_SAMANIEG Mun_res_SAN.BERN
## 0 0 0 0
## Mun_res_SAN.LORE Mun_res_SAN.PABL Mun_res_SAN.PEDR Mun_res_SANDONA
## 0 0 0 0
## Mun_res_SANTACRU Mun_res_SAPUYES Mun_res_TAMINANG Mun_res_TANGUA
## 0 0 0 0
## Mun_res_TUMACO Mun_res_TUQUERRE Mun_res_YACUANQU G_sang_A.
## 0 0 0 0
## G_sang_A..1 G_sang_AB. G_sang_AB..1 G_sang_B.
## 0 0 0 0
## G_sang_B..1 G_sang_O. G_sang_O..1 G_sang_SIN.DATO
## 0 0 0 0
## PTOG_ANORMAL PTOG_NORMAL BPN_0 BPN_1
## 0 0 0 0
```

Entrenador y test

En este paso dividiremos nuestro conjunto de datos en dos subconjuntos, una para entrenar la red neuronal que denominaremos train, y otro para testarla que denominamos test. Para llevarlo a cabo haremos uso de la función R sample que nos extraerá una muestra aleatoria de registros para crear cada uno de los conjuntos de entrenamiento y test.

```
data_norm1=data_norm#[1:10000,]  
set.seed(3141592) #necesario si se quiere reproducir de nuevo el mismo código y obtener los mismos resultados  
index <- sample(nrow(data_norm1), round(0.75*nrow(data_norm1)))  
train <- data_norm1[index,] # crea train a partir del índice de la muestra  
test <- data_norm1[-index,] # crea test a partir del resto de la muestra  
#head(train)  
#str(train)
```

ANN: Entrenamiento

Ha llegado el momento de entrenar a nuestra red neuronal. Vamos a probar con la siguiente topología de diseño:

13 neuronas en la capa de entrada (una por cada una de las variables).

2 neuronas en la capa de salida (una por cada categoría de las variables dependientes BPN).

10 capas ocultas de 10 neuronas cada una.

Además, repetiremos el entrenamiento 5 veces con objeto de quedarnos con la versión que obtenga una menor error.

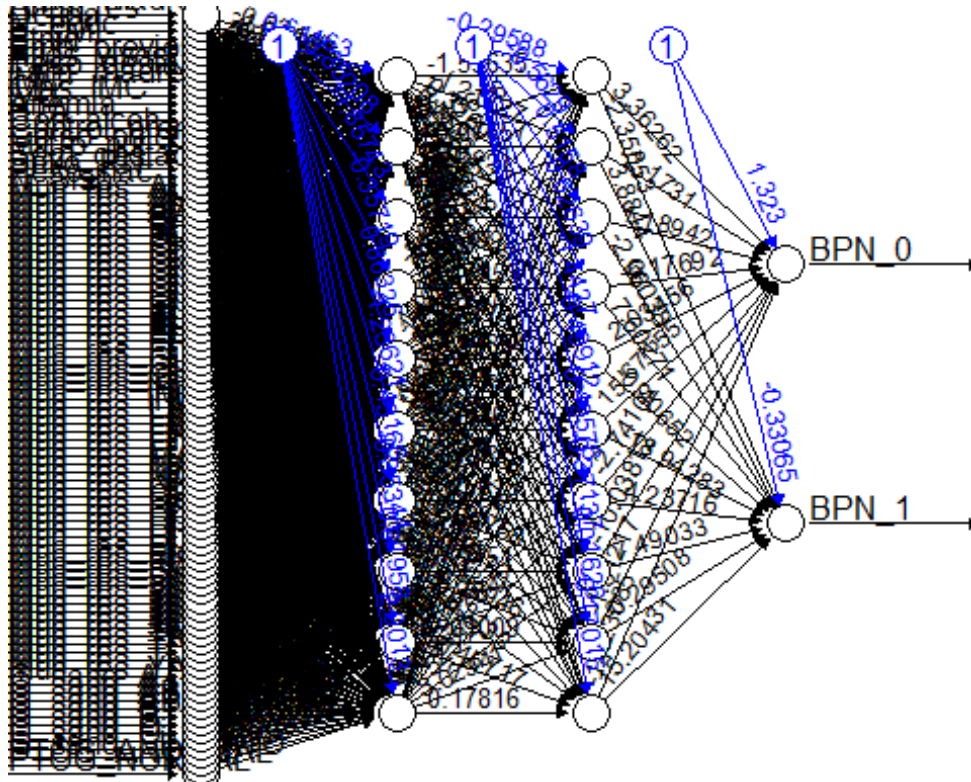
```
set.seed(3141592)
```

```
ann_model <- neuralnet(BPN_0+BPN_1~.  
                        , data=train, hidden=c(10,10),stepmax = 1000000,threshold=0.01, lifesign = "minimal", linear.output = FALSE, rep = 20)
```

```
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 1/20  steps: 323  error: 3.00873  time: 22.59 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 2/20  steps: 490  error: 0.01265  time: 32.73 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 3/20  steps: 289  error: 3.012    time: 19.1 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 4/20  steps: 374  error: 2.01192  time: 24.24 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 5/20  steps: 493  error: 0.00435  time: 33.15 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 6/20  steps: 515  error: 1.00796  time: 32.04 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 7/20  steps: 362  error: 0.00683  time: 22.6 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 8/20  steps: 554  error: 0.00856  time: 34.87 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 9/20  steps: 500  error: 0.00938  time: 31.88 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 10/20 steps: 428  error: 2.01317  time: 27.94 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 11/20 steps: 437  error: 0.0063   time: 27.89 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 12/20 steps: 371  error: 2.00964  time: 23.18 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 13/20 steps: 540  error: 1.00933  time: 34.21 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 14/20 steps: 411  error: 3.00769  time: 25.52 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 15/20 steps: 354  error: 1.01214  time: 22.55 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 16/20 steps: 502  error: 0.01085  time: 35.85 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 17/20 steps: 318  error: 4.01145  time: 21.75 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 18/20 steps: 506  error: 0.00668  time: 31.49 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 19/20 steps: 462  error: 2.00868  time: 29.11 secs  
## hidden: 10, 10  thresh: 0.01  rep: 20/20 steps: 504  error: 0.00967  time: 31.63 secs
```

```
#model <- neuralnet(strength ~ ., data = concrete_train)
#      BPN_0+BPN_1~Edad_madre+Peso_gesta+Talla_madre

plot(ann_model, rep="best")
```



ANN: Test A continuación vamos a determinar la validez del modelo aplicándolo al grupo de datos test y echando un vistazo a los resultados de la predicción.

```
ann_pred <- neuralnet::compute(ann_model,test[1:94])
head(ann_pred$net.result)
```

```
##      [,1]      [,2]
## 9  1.0000000 2.054537e-11
## 11 1.0000000 1.945416e-11
## 13 1.0000000 1.125457e-09
## 15 1.0000000 1.407146e-10
## 20 0.8926234 6.695287e-02
## 21 1.0000000 1.372468e-11
```

Redondeemos los resultados para tener un resultado claro en el clasificador.

```
ann_pred_round <- as.data.frame(round(ann_pred$net.result))
head(ann_pred_round, 10)
```

```
##      V1 V2
## 9      1  0
## 11     1  0
## 13     1  0
## 15     1  0
## 20     1  0
## 21     1  0
```

```
## 25 0 1
## 26 0 1
## 30 1 0
## 34 0 1
```

EVALUACIÓN DEL MODELO

Ahora necesitamos comparar la predicción de la clasificación con la clasificación real del conjunto test. Haremos la correspondiente tabla de contingencia con la ayuda del paquete R gmodels. Primero vamos a convertir en un vector la predicción:

[illegible]

Seguidamente hacemos lo mismo con la clasificación correcta de test

[illegible]

Ambos vectores tienen el mismo número de elementos como cabría esperar. Ahora ya podemos montar la matriz de contingencia.

```
library(gmodels)
CrossTable(x=test_res, y=predic)

##
##
##      Cell Contents
## |-----|
## |                      N |
## | Chi-square contribution |
## |      N / Row Total    |
## |      N / Col Total    |
## |      N / Table Total   |
## |-----|
##
##
## Total Observations in Table:  2748
##
##
##      predic
## test_res  1      2      Row Total
## -----|-----|-----|
##      1      2520      4      2524
##           15.616    186.801
##           0.998      0.002      0.918
##           0.994      0.019
##           0.917      0.001
```

##	-----	-----	-----	-----
##	2	16	208	224
##		175.957	2104.850	
##		0.071	0.929	0.082
##		0.006	0.981	
##		0.006	0.076	
##	-----	-----	-----	-----
##	Column Total	2536	212	2748
##		0.923	0.077	
##	-----	-----	-----	-----
##				
##				

Si queremos ir un poco más allá en la evaluación de nuestra red neuronal podemos recurrir al paquete R caret que nos genera igualmente una matriz de confusión además de otros indicadores más avanzados sobre la bondad del modelo.

MATRIZ DE CONFUSION

`confusionMatrix(table(test_res, predic))` *#usar table para que caret sea capaz de generar la matriz de confusión. Si se omite da error.*

```
## Confusion Matrix and Statistics
##
##      predic
## test_res  1    2
##      1 2520    4
##      2   16  208
##
##              Accuracy : 0.9927
##              95% CI : (0.9888, 0.9955)
##      No Information Rate : 0.9229
##      P-Value [Acc > NIR] : < 2e-16
##
##              Kappa : 0.9502
##
##  Mcnemar's Test P-Value : 0.01391
##
##              Sensitivity : 0.9937
##              Specificity : 0.9811
##              Pos Pred Value : 0.9984
##              Neg Pred Value : 0.9286
##              Prevalence : 0.9229
##              Detection Rate : 0.9170
##              Detection Prevalence : 0.9185
##              Balanced Accuracy : 0.9874
##
##              'Positive' Class : 1
##
```

```
=====
=====
```


CROSS-VALIDATION

Aun podemos profundizar más sobre la precisión del modelo aplicando la técnica cross-validation en la elección de los conjuntos de train y test. De esta manera minimizamos el efecto de la elección del conjunto de datos a la hora de determinar la bondad del modelo.

En primer lugar, creamos 10 sobres de datos folds.

```
set.seed(3141592)
myfolds <- createFolds(data$BPN, k=10)
```

A continuación creamos la función responsable de llevar a cabo la cross_validation sobre cada uno de los subconjuntos de datos folds y devolver la precisión y la kappa del modelo.

```
CV_ANN <- function(x)
{
  train <- data_norm[-x,]
  test <- data_norm[x,]

  ann_model <- neuralnet(BPN_0+BPN_1~, data=train, hidden=c(10,10),stepmax = 1000000,thres
hold=0.01, lifesign = "minimal", linear.output = FALSE, rep =20)

  ann_pred <- neuralnet::compute(ann_model,test[1:94])
  ann_pred_round <- as.data.frame(round(ann_pred$net.result))
  predic<-max.col(ann_pred_round)
  test_res <- max.col(test[,95:96])

  myconfusion <- confusionMatrix(table(test_res, predic))
  return (myconfusion$overall[1:2]) # el rango [1:2] corresponde a los índices donde se enc
uentran las variables Accuracy y Kappa dentro de nuestra matriz de confusión
}
```

Finalmente aplicamos la función a cada uno de los conjuntos de datos folds y guardamos los resultados en una lista.

```
CV_result <- lapply(myfolds, CV_ANN)

## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 1/20   steps:   452   error: 0.00803   time:
35.4 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 2/20   steps:   506   error: 0.00708   time:
38.92 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 3/20   steps:   396   error: 1.00992   time:
32.34 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 4/20   steps:   431   error: 2.00799   time:
32.17 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 5/20   steps:   415   error: 1.00528   time:
31.24 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 6/20   steps:   418   error: 1.00725   time:
33.23 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 7/20   steps:   429   error: 2.00742   time:
34.39 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 8/20   steps:   475   error: 0.00668   time:
36.67 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 9/20   steps:   311   error: 5.0077   time:
23.41 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 10/20  steps:   396   error: 3.00767   time:
```

30.89 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	331	error: 3.00854	time:	
31.22 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	358	error: 3.00932	time:	
28.14 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	392	error: 3.01	time:	
29.95 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	470	error: 2.00847	time:	
35.48 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	451	error: 0.00795	time:	
34 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	428	error: 3.00758	time:	
31.75 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	472	error: 0.00961	time:	
38.77 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	444	error: 2.01194	time:	
33.22 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	399	error: 1.00356	time:	
29.94 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	331	error: 4.0095	time:	
24.82 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	542	error: 1.01906	time:	
41.85 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	369	error: 4.0082	time:	
27.5 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	467	error: 0.00587	time:	
34.64 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	412	error: 2.00922	time:	
30.79 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	548	error: 3.0084	time:	
40.97 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	450	error: 0.00624	time:	
34.24 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	542	error: 1.00864	time:	
47.04 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	658	error: 0.00526	time:	
49.39 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	438	error: 3.00403	time:	
33.61 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	489	error: 2.01073	time:	
39 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	451	error: 0.00906	time:	
33.97 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	411	error: 1.00999	time:	
31.53 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	343	error: 6.00883	time:	
25.54 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	470	error: 2.00599	time:	
35.33 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	470	error: 2.01822	time:	
34.88 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	486	error: 1.00545	time:	
47.49 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	476	error: 0.00407	time:	
36.15 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	474	error: 2.01621	time:	
35.28 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	467	error: 0.01036	time:	
41.24 secs							

## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	463	error: 0.00975	time:
34.67 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	390	error: 0.01206	time:
29.38 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	419	error: 3.01198	time:
31.16 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	597	error: 1.0159	time:
44.89 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	411	error: 2.00979	time:
30.8 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	358	error: 3.00854	time:
27.77 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	326	error: 5.01887	time:
26.75 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	398	error: 3.0086	time:
29.57 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	394	error: 3.00413	time:
29.17 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	406	error: 1.00947	time:
29.81 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	613	error: 0.01299	time:
48.94 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	362	error: 3.00626	time:
35.37 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	393	error: 1.01279	time:
45.79 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	528	error: 1.00912	time:
43.89 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	418	error: 2.00243	time:
37.43 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	369	error: 3.01597	time:
47.04 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	403	error: 2.00809	time:
39.03 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	454	error: 2.00725	time:
43.74 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	464	error: 2.00951	time:
41.78 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	478	error: 2.00515	time:
39.26 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	390	error: 3.01255	time:
31.46 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	405	error: 3.00593	time:
33.81 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	584	error: 0.00835	time:
44.61 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	501	error: 0.00496	time:
43.34 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	463	error: 0.01083	time:
41.63 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	420	error: 2.01393	time:
27.93 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	453	error: 1.00784	time:
29.36 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	412	error: 5.014	time:
26.72 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	371	error: 2.0025	time:
23.95 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	383	error: 3.00707	time:

24.73 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	463	error: 0.01466	time:	
30.19 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	437	error: 3.00491	time:	
28.22 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	331	error: 2.01123	time:	
21.34 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	400	error: 1.00892	time:	
26.57 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	470	error: 0.01889	time:	
36.56 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	511	error: 1.00465	time:	
35.82 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	479	error: 0.00525	time:	
33.17 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	418	error: 1.01052	time:	
27.21 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	366	error: 2.01196	time:	
24.14 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	471	error: 1.00752	time:	
30.46 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	338	error: 2.00801	time:	
21.84 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	468	error: 2.01374	time:	
30.44 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	521	error: 2.00889	time:	
33.48 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	458	error: 4.00595	time:	
29.48 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	491	error: 2.01257	time:	
31.54 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	385	error: 2.01138	time:	
24.87 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	472	error: 2.01348	time:	
30.77 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	313	error: 4.01126	time:	
21.91 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	472	error: 2.00819	time:	
32.16 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	410	error: 3.00879	time:	
26.43 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	485	error: 5.00763	time:	
35.94 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	567	error: 0.01298	time:	
36.7 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	470	error: 2.00766	time:	
30.47 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	483	error: 1.00912	time:	
31.05 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	611	error: 2.00973	time:	
39.27 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	541	error: 3.00917	time:	
34.97 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	490	error: 0.00996	time:	
31.91 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	557	error: 1.00669	time:	
37.98 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	496	error: 1.00695	time:	
34.08 secs							

## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	504	error: 2.01151	time:
32.52 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	411	error: 2.01191	time:
26.63 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	553	error: 3.00675	time:
35.86 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	442	error: 0.00767	time:
28.47 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	463	error: 1.00673	time:
30.14 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	525	error: 0.01375	time:
33.95 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	417	error: 1.00813	time:
26.93 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	486	error: 1.0148	time:
31.33 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	436	error: 2.01014	time:
27.98 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	351	error: 5.01164	time:
23.2 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	382	error: 5.01526	time:
26.38 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	679	error: 1.00873	time:
45.12 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	424	error: 2.0106	time:
27.39 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	534	error: 2.01072	time:
34.38 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	486	error: 2.00761	time:
31.23 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	504	error: 3.00572	time:
32.89 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	475	error: 2.01391	time:
30.78 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	617	error: 1.0056	time:
40.22 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	388	error: 2.00616	time:
25.27 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	500	error: 3.01192	time:
32.87 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	542	error: 1.00902	time:
37.69 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	418	error: 2.01194	time:
27.73 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	404	error: 0.00836	time:
26.29 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	367	error: 3.00946	time:
23.63 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	394	error: 2.00835	time:
26.88 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	458	error: 2.00935	time:
31.06 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	447	error: 2.00815	time:
30.32 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	398	error: 1.01389	time:
26.45 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	356	error: 3.00848	time:
23 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	341	error: 1.01116	time:

22.03 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	452	error: 2.00925	time:	
29.27 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	352	error: 3.00694	time:	
22.65 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	447	error: 1.00632	time:	
30.26 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	409	error: 1.00462	time:	
28.78 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	396	error: 2.00491	time:	
27.08 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	566	error: 0.009	time:	
37.14 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	625	error: 2.00651	time:	
40.32 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	441	error: 0.00952	time:	
28.71 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	464	error: 1.00721	time:	
30.08 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	480	error: 0.00932	time:	
31.21 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	471	error: 1.01625	time:	
30.24 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	473	error: 0.01015	time:	
30.45 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	423	error: 2.01397	time:	
28.25 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	546	error: 0.00547	time:	
38.78 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	434	error: 2.01371	time:	
28.14 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	548	error: 1.01012	time:	
35.79 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	417	error: 1.00784	time:	
26.91 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	599	error: 3.00722	time:	
39.53 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	443	error: 3.0084	time:	
32.5 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	377	error: 1.00796	time:	
24.32 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	274	error: 3.01574	time:	
17.63 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	328	error: 5.00842	time:	
21.66 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	381	error: 3.0171	time:	
24.8 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	364	error: 3.00701	time:	
23.44 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	505	error: 2.0061	time:	
33.61 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	349	error: 4.00797	time:	
24.94 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	493	error: 1.00993	time:	
32.17 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	401	error: 2.00864	time:	
25.83 secs							
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	425	error: 2.00598	time:	
27.49 secs							

## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	516	error: 2.00417	time:
33.72 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	392	error: 1.0098	time:
25.37 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	521	error: 3.01054	time:
33.59 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	403	error: 1.00784	time:
26.19 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	382	error: 3.01391	time:
24.6 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	677	error: 0.00319	time:
43.65 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	459	error: 1.00956	time:
30.5 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	570	error: 0.00699	time:
40.19 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	361	error: 3.01509	time:
23.26 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	519	error: 3.00789	time:
33.37 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 8/20	steps:	429	error: 2.00823	time:
27.51 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 9/20	steps:	514	error: 3.0084	time:
32.99 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 10/20	steps:	374	error: 0.00846	time:
24.08 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 11/20	steps:	400	error: 2.00984	time:
25.66 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 12/20	steps:	415	error: 2.01237	time:
26.84 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 13/20	steps:	402	error: 1.00466	time:
25.83 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 14/20	steps:	623	error: 0.0068	time:
40.12 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 15/20	steps:	458	error: 1.00539	time:
29.69 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 16/20	steps:	390	error: 3.00821	time:
26.03 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 17/20	steps:	446	error: 2.01189	time:
30.09 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 18/20	steps:	480	error: 0.00591	time:
32.55 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 19/20	steps:	507	error: 0.00666	time:
32.65 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 20/20	steps:	562	error: 1.00371	time:
36.41 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 1/20	steps:	440	error: 1.00596	time:
28.87 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 2/20	steps:	414	error: 2.00923	time:
26.7 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 3/20	steps:	509	error: 1.00769	time:
32.76 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 4/20	steps:	490	error: 1.00681	time:
31.54 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 5/20	steps:	575	error: 2.00864	time:
37.2 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 6/20	steps:	594	error: 1.00875	time:
38.78 secs						
## hidden: 10, 10	thresh: 0.01	rep: 7/20	steps:	470	error: 1.01655	time:

```

31.67 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 8/20   steps: 523   error: 2.01117   time:
35.6 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 9/20   steps: 504   error: 2.00507   time:
32.49 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 10/20  steps: 390   error: 0.00506   time:
25.09 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 11/20  steps: 452   error: 1.01098   time:
29.97 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 12/20  steps: 410   error: 3.00672   time:
28.06 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 13/20  steps: 355   error: 3.00744   time:
28.45 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 14/20  steps: 469   error: 1.00793   time:
30.33 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 15/20  steps: 453   error: 2.00622   time:
29.21 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 16/20  steps: 488   error: 3.01215   time:
31.55 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 17/20  steps: 352   error: 2.00626   time:
22.92 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 18/20  steps: 501   error: 1.00868   time:
33.25 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 19/20  steps: 335   error: 1.01112   time:
22.72 secs
## hidden: 10, 10   thresh: 0.01   rep: 20/20  steps: 506   error: 1.00645   time:
33.99 secs

```

```

CV_result_DF <- as.data.frame(CV_result)
CV_result_DF

```

```

##           Fold01   Fold02   Fold03   Fold04   Fold05   Fold06   Fold07
## Accuracy 0.9909008 0.9927207 0.9954504 0.9863512 0.9863512 0.9899909 0.9854413
## Kappa    0.9362462 0.9454482 0.9668683 0.9028173 0.8782757 0.9380994 0.9119999
##           Fold08   Fold09   Fold10
## Accuracy 0.9918107 0.9909008 0.9899909
## Kappa    0.9435326 0.9301735 0.9271207

```

Para finalizar calculamos la media de los valores obtenidos de precisión y kappa.

```

rowMeans(CV_result_DF)

```

```

## Accuracy      Kappa
## 0.9899909 0.9280582

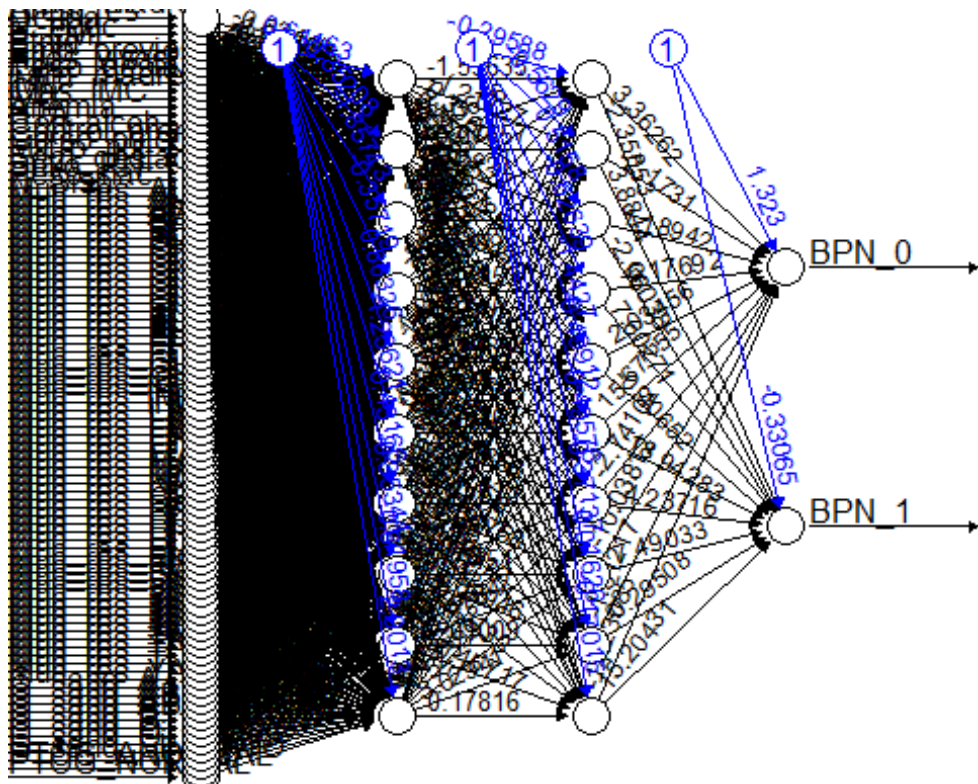
```

Nuestro clasificador ha logrado una precisión del 98,3% y una Kappa del 97,4% que podemos calificar como de muy buen resultado para un sencillo clasificador de vinos. Por tanto, para futuras clasificaciones podremos usar la red neural almacenada en `ann_model` en su version best.

```

plot(ann_model, rep="best")

```

=====

=====

COMPROBAMOS CON TODOS LOS DATOS

```
ann_pred <- neuralnet::compute(ann_model,data_norm1[1:94])
head(ann_pred$net.result)

##           [,1]           [,2]
## [1,] 1.000000e+00 5.974088e-11
## [2,] 4.588999e-06 9.999953e-01
## [3,] 1.000000e+00 1.143184e-10
## [4,] 1.000000e+00 4.920273e-11
## [5,] 2.030753e-07 9.999997e-01
## [6,] 1.000000e+00 2.156562e-11

ann_pred_round <- as.data.frame(round(ann_pred$net.result))
head(ann_pred_round, 10)

##    V1 V2
## 1   1  0
## 2   0  1
## 3   1  0
## 4   1  0
## 5   0  1
## 6   1  0
## 7   1  0
## 8   1  0
```

```
## 9 1 0
## 10 1 0

predic<-max.col(ann_pred_round)
head(predic, 100)

## [1] 1 2 1 1 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1
## [38] 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1
## [75] 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

```
test_res <- max.col(data_norm1[,95:96])
head(test_res, 100)
```

```
## [1] 1 2 1 1 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 2 1 1 2 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1
## [38] 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1
## [75] 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

```
library(gmodels)
CrossTable(x=test_res, y=predic)

##
##
## Cell Contents
## |-----|
## | N |
## | Chi-square contribution |
## | N / Row Total |
## | N / Col Total |
## | N / Table Total |
## |-----|
##
##
## Total Observations in Table: 10990
##
##
##
```

test_res	predic		Row Total
	1	2	
1	10128	6	10134
	64.063	768.152	
	0.999	0.001	0.922
	0.998	0.007	
	0.922	0.001	
2	16	840	856
	758.430	9093.987	
	0.019	0.981	0.078
	0.002	0.993	
	0.001	0.076	
Column Total	10144	846	10990
	0.923	0.077	

```
##
##
```

`confusionMatrix(table(test_res, predic))` *#usar table para que caret sea capaz de generar la matriz de confusión. Si se omite da error.*

```

## Confusion Matrix and Statistics
##
##          predic
## test_res    1    2
##          1 10128    6
##          2    16  840
##
##              Accuracy : 0.998
##              95% CI : (0.997, 0.9987)
##      No Information Rate : 0.923
##      P-Value [Acc > NIR] : < 2e-16
##
##              Kappa : 0.986
##
##  Mcnemar's Test P-Value : 0.05501
##
##      Sensitivity : 0.9984
##      Specificity : 0.9929
##      Pos Pred Value : 0.9994
##      Neg Pred Value : 0.9813
##      Prevalence : 0.9230
##      Detection Rate : 0.9216
##      Detection Prevalence : 0.9221
##      Balanced Accuracy : 0.9957
##
##      'Positive' Class : 1
##

```