



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**IMPACTO NUTRICIONAL DE UN PROYECTO DE
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN
NIÑOS Y NIÑAS DE 6 MESES A 5 AÑOS QUE
RECIBEN FORTIFICACIÓN CASERA CON
MICRONUTRIENTES EN POLVO EN NARIÑO,
COLOMBIA.**

Nathalie Ospina Lizarazo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Instituto de Investigaciones Clínicas
Bogotá, Colombia
2018

**IMPACTO NUTRICIONAL DE UN PROYECTO DE
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN NIÑOS
Y NIÑAS DE 6 MESES A 5 AÑOS QUE RECIBEN
FORTIFICACIÓN CASERA CON MICRONUTRIENTES EN
POLVO EN NARIÑO, COLOMBIA.**

Nathalie Ospina Lizarazo

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Maestría en Epidemiología Clínica

Directora:

ND, Lic., MsC, PhD Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, Sara Eloisa Del Castillo

Matamoros

Codirector:

MD; Esp; MsC; PhD en Salud Pública, Javier Hernando Eslava Schmalbach

Grupos de Investigación:

EQUIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

EQUIDAD EN SALUD

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Instituto de Investigaciones Clínicas

Bogotá, Colombia

2018

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las familias de Nariño por su acogida, calidez y confianza para hacer posible este estudio, al personal de las diferentes instituciones de salud y gobernaciones por el apoyo durante todo el proceso.

De igual manera, a todo el equipo del Proyecto *Papas más nutritivas* por el apoyo brindado y por sus enseñanzas, especialmente a la profesora Teresa Mosquera y al componente de Seguridad Alimentaria y Nutricional, por permitirme trabajar junto a ustedes.

Gracias a la profesora Sara Del Castillo por compartir sus conocimientos, apoyo constante y por la motivación de creer en un cambio. Al profesor Javier Eslava por su asesoría, dedicación, confianza y por su aporte en mi formación. Al profesor Hugo Melgar por su contribución en este trabajo.

A mis compañeros de maestría por sus aportes y apoyo en mi formación.

Agradezco también. al Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC) y al Ministerio de Asuntos Globales (Global Affairs Canada - GAC), instituciones que a través del Canadian International Food Security Research Fund (CIFSRF), en el marco del Proyecto Ampliando la Producción de Papas Amarillas Más Nutritivas en Colombia (Papas Más Nutritivas) No. 108125, financiaron esta investigación junto con la Universidad Nacional de Colombia.

Resumen

Objetivo: Estimar la diferencia en el cambio en la concentración de hemoglobina, ferritina, transferrina, vitamina A y zinc entre los niños y niñas de 6 meses a 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes en polvo (MNP) pertenecientes al Proyecto de *Papas más nutritivas*, comparados con los niños no beneficiarios del Proyecto.

Metodología: Cohorte prospectiva. Se recolectó información de 112 niños habitantes de Nariño, que reciben fortificación con MNP. El primer grupo fueron niños expuestos a las acciones del *Proyecto Papas más nutritivas* y a MNP (Proyecto) y el segundo grupo (Manejo usual) era niños expuestos únicamente a MNP. Las intervenciones fueron para la cohorte Proyecto: actividades concernientes a Soberanía y Seguridad Alimentaria, y la fortificación con MNP. Para el grupo Manejo usual se realizó la fortificación con MNP y seguimiento por crecimiento y desarrollo llevado a cabo rutinariamente por parte del personal de salud. Se analizaron los siguientes parámetros: hemoglobina, ferritina, transferrina, zinc, vitamina A.

Resultados: Los valores de hemoglobina aumentaron en ambos grupos después de la exposición; entre grupos no se encontró una diferencia de hemoglobina estadísticamente significativa. Las diferencias fueron estadísticamente significativas para ferritina ($p=0,007$), transferrina ($p=0,006$) y zinc ($p=0,02$).

Conclusiones: Se presentó un incremento en la proporción de niños sin anemia para ambos grupos y se evidenció una disminución en la deficiencia de ferritina y retinol para el grupo Proyecto, igual para el grupo Manejo usual adicionando en este caso el zinc. Se sugiere que este tipo de Proyectos puedan ser considerados un medio para ejecutar intervenciones nutricionales en la comunidad.

Palabras clave: nutrición, niños, anemia, hemoglobina, micronutrientes, seguridad alimentaria y nutricional, micronutrientes en polvo, MNP, fortificación casera.

Abstract

Objective: To estimate the difference in the change in the concentration of hemoglobin, ferritin, transferrin, vitamin A and zinc among children aged 6 months to 5 years who receive home fortification with micronutrients powder (MNP) belonging to the *More Nutritious Potatoes project*, compared with children who are not beneficiaries of the project.

Methodology: Prospective cohort. Information was gathered from 112 children from the department of Nariño, who received fortification with MNP. The first group included children exposed to the Proyecto and the second, children exposed only to MNP. The interventions were carried out for the Proyecto cohort: project activities related to food Sovereignty and Food Security and nutrition, and MNP-fortification. For the Manejo usual group: MNP fortification and follow-up were carried out by health personnel through the growth and development programme checkups. The following parameters were analyzed: hemoglobin, ferritin, transferrin, zinc, vitamin A.

Results: The hemoglobin values increased in both groups after exposure, but not statistically significant difference in hemoglobin was found between groups. The differences were statistically significant for ferritin ($p = 0.007$), transferrin ($p = 0.006$) and zinc ($p = 0.02$).

Conclusions: There was an increase in the proportion of children without anemia for both groups and there was a decrease in ferritin and retinol deficiency for the Proyecto group, the same for Manejo usual group, additionally for zinc. It is suggested that this type of project can be considered when implementing nutritional interventions in the community.

Keywords: nutrition, children, anemia, hemoglobin, micronutrients, food and nutrition security, micronutrients powders, MNP, home fortification

Contenido

Pág.

1. Introducción	13
2. Marco teórico.....	15
2.1 Proyecto Papas más nutritivas	15
2.2 Contexto sociodemográfico Proyecto <i>Papas más nutritivas</i>	16
2.2.1 Nariño.....	16
2.2.2 Cumbal	17
2.2.3 Guachuca	18
2.2.4 Cuaspucl - Carlosama.....	19
2.2.5 Túquerres	20
2.3 Micronutrientes e indicadores bioquímicos del estado nutricional.....	21
2.3.1 Hierro.....	21
2.3.2 Vitamina A	25
2.3.3 Zinc.....	26
2.4 Estrategias para la superación de las deficiencias de micronutrientes	26
2.5 Micronutrientes en polvo	28
3. Planteamiento del problema y justificación	29
4. Métodos	35
4.1 Pregunta de investigación	35
4.2 Formulación de hipótesis.....	36
4.3 Objetivos	37
4.4 Metodología	37
4.5 Exposición.....	38
4.1 Tamaño de muestra	41
4.2 Procedimiento	43
4.2.1 Indicadores bioquímicos del estado nutricional.....	44
4.2.2 Indicadores antropométricos del estado nutricional	48
4.3 Variables a estudio.....	49
4.4 Análisis estadístico.....	53
4.5 Consideraciones éticas	55
5. Resultados.....	56

6. Discusión	85
7. Conclusiones	94
8. Recomendaciones	96
9. Bibliografía	98
10. Anexos	107
10.1 Anexo A: Instrumento de recolección de información	107
10.2 Anexo B: Consentimiento informado	110
10.3 Anexo C: Pruebas estadísticas.....	111
10.4 Anexo D: Observaciones influyentes.....	114

Lista de figuras

Pág.

Figura 2-1: Mapa: Ubicación geográfica de los cinco municipios participantes en el Proyecto <i>Papas más nutritivas</i>	16
Figura 4-1: Cálculo del poder del tamaño de muestra con $d=0,7$:.....	42
Figura 4-2: Cálculo del poder del tamaño de muestra con $d=0,5$:.....	43
Figura 5-1: Diagrama de flujo de participantes del estudio.	56
Figura 5-2: Región de solapamiento entre grupos después del emparejamiento de Propensity Score	69
Figura 5-3: Valores observados vs. valores predichos modelo reducido delta de hemoglobina.....	74
Figura 5-4: Valores predichos vs. residuos estandarizados modelo reducido delta de hemoglobina.....	75
Figura 5-5: Residuales vs. valores ajustados del modelo reducido delta de hemoglobina	75
Figura 5-6: Valores observados vs. valores predichos modelo reducido hemoglobina post	81
Figura 5-7 Valores predichos vs. residuos estandarizados modelo reducido de hemoglobina post.....	82
Figura 5-8: Residuales vs. valores ajustados del modelo reducido de hemoglobina post.	82

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 2-1: Categorías del diagnóstico de anemia.....	23
Tabla 2-2. Magnitud relativa de las reservas de hierro según la concentración de ferritina en suero	24
Tabla 3-1 Desnutrición crónica y exceso de peso en municipios participantes del Proyecto <i>Papas más nutritivas</i>	30
Tabla 4-1 Estructura PICO de la pregunta de investigación.....	35
Tabla 4-2: Descripción de los componentes FINER de la pregunta de investigación.....	36
Tabla 4-3: Fórmula Múltiple Vitamix 15	39
Tabla 4-4 Descripción de los grupos de estudio	40
Tabla 4-5. Ajustes de las concentraciones de hemoglobina medidas en función de la altitud sobre el nivel del mar.	45
Tabla 5-1 Características de la muestra	59
Tabla 5-2 Frecuencia de consumo por grupo de alimentos reportados en el IDD.....	61
Tabla 5-3 Indicadores del estado nutricional	62
Tabla 5-4 . Diagnóstico del estado nutricional	63
Tabla 5-5 Parámetros bioquímicos para cada uno de los grupos de estudio.	64
Tabla 5-6 Categorías del diagnóstico parámetros bioquímicos.....	65
Tabla 5-7 Diagnóstico de anemia, ferritina y transferrina.....	66
Tabla 5-8 Talla para la edad, diagnóstico de anemia y déficit de micronutrientes.....	67
Tabla 5-9 Deltas de parámetros bioquímicos	68
Tabla 5-10: Diferencias estandarizadas de las características de línea de base antes y después del emparejamiento de <i>Propensity Score</i>	70
Tabla 5-11: Modelo completo con desenlace delta de hemoglobina.....	71
Tabla 5-12: Modelo reducido con desenlace delta de hemoglobina.....	72
Tabla 5-13: Matriz de correlación de las variables incluidas en el modelo	73
Tabla 5-14: Modelo reducido sin puntos influyentes.	76
Tabla 5-15: Modelo completo con variable hemoglobina post.	77
Tabla 5-16: Modelo reducido con hemoglobina post	79
Tabla 5-17. Modelo reducido para hemoglobina post sin variables colineales.	80
Tabla 5-18: Matriz de correlación para las variables del modelo reducido para hemoglobina post.	81
Tabla 5-19: Modelo reducido sin observaciones influyentes	83
Tabla 5-20: Modelo reducido excluyendo niños que consumieron suplementos.....	84

1.Introducción

La deficiencia de micronutrientes es uno de los principales problemas de salud pública en Colombia, especialmente en niños y niñas menores de 5 años. Sus consecuencias en la salud y en el desarrollo se dan tanto a corto como a largo plazo, y son más graves en este curso de vida debido a que sus requerimientos son mayores. Dentro de dichos efectos negativos se pueden destacar afectaciones a nivel de crecimiento y desarrollo, en la formación ósea, alteraciones visuales, malformaciones, infecciones, entre otras (1), lo que representa años de vida saludables perdidos y una carga económica al sistema de salud. Las acciones que se han propuesto para tratar de combatir dicha problemática han tenido dificultades en su implementación (1), por lo cual, el interés en la búsqueda de estrategias que contribuyan a afrontar esta problemática está a la orden del día.

Desde el Observatorio de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia se ha trabajado en la búsqueda de la garantía del derecho a la alimentación y a la seguridad alimentaria y nutricional de la población “a partir de la construcción colectiva, desde la base de la sociedad” (2). Este enfoque fue empleado en las acciones del componente de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) del Proyecto *Papas más Nutritivas*¹ (3), el cual integró la agricultura y nutrición para combatir la problemática de inseguridad alimentaria en el departamento de Nariño, siendo esta una de las expresiones más críticas de las carencias de micronutrientes de la población infantil.

¹ Proyecto *Ampliación de la producción de papa amarilla más nutritiva en Colombia - Papas más nutritivas*, trabaja a través de los componentes de producción, emprendimiento, seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y género, con el objetivo escalar tres variedades de papas amarillas y así abordar de forma integral los problemas de inseguridad alimentaria y malnutrición en Colombia.

El presente trabajo presenta un estudio clínico con el fin de determinar si las acciones complementarias realizadas junto con la fortificación casera con micronutrientes en polvo (fortificación realizada por el Ministerio de Salud y Protección Social a nivel nacional), tiene un impacto nutricional mejor a la estrategia de fortificación como se ha venido realizando normalmente en el país.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue estimar la diferencia en el cambio de la concentración de hemoglobina entre los niños y niñas de 6 meses a 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes en polvo, pertenecientes al Proyecto de *Papas más nutritivas*, y los niños y niñas con fortificación casera con micronutrientes en Polvo (MNP), pero sin pertenecer a dicho proyecto. Así mismo, como desenlaces secundarios se estudiaron los parámetros bioquímicos: ferritina, transferrina, vitamina A y zinc.

La investigación se llevó a cabo en los municipios de Carlosama, Guachucal, Túquerres y Cumbal ubicados en el sur del departamento de Nariño, en la región Andina. Se siguieron dos cohortes, la primera niños y niñas expuestos a las acciones del Proyecto *Papas más nutritivas* + MNP y la segunda, niños y niñas expuestos únicamente a MNP. La población corresponde a niños y niñas de 6 meses a 5 años.

Determinar el impacto nutricional entre una intervención con MNP comparada con otra que, aparte de incluir dicho tipo de fortificación, aborda diferentes acciones desde las dimensiones de la SAN, permitirá contemplar una opción mejorada de intervención que contribuya a hacerle frente a las consecuencias de la deficiencia de micronutrientes y sus efectos.

2.Marco teórico

A continuación, se presenta una contextualización territorial y sociodemográfica de la población en la cual el *Proyecto Papas más nutritivas* llevó a cabo sus acciones. Posteriormente, se resaltarán conceptos importantes en cuanto a micronutrientes, parámetros bioquímicos para la evaluación del estado nutricional de estos, y fortificación casera.

2.1 Proyecto Papas más nutritivas

El Proyecto *Ampliación de la producción de papa amarilla más nutritiva en Colombia - Papas más nutritivas*, trabajó a través de los componentes de producción, emprendimiento, SAN y género, con pequeños productores, con el objetivo de escalar tres variedades de papas amarillas con mejores características de rendimiento, nutricionales y de comercialización.

Se buscó potenciar la producción y comercialización en empresarios rurales, capacitar líderes para lograr incidencia política, establecer sistemas educativos a nivel familiar y comunitario que tuvieran en cuenta el conocimiento local, y promover el desarrollo de la tecnología, la sostenibilidad (ambiental, social y económica) y la calidad de vida. Además de ofrecer atención nutricional para disminuir la malnutrición que, junto a otras estrategias, permitió abordar de forma integral los problemas de inseguridad alimentaria.

Dentro de sus acciones se desarrollaron las Escuelas Comunitarias de la Agricultura Familiar (ECAAF o CSFA), que incorporaron: Educación para la Seguridad Alimentaria y Nutricional; Núcleos de Emprendedores Rurales (NER); Buenas Prácticas Agrícolas, y educación para la equidad de género, liderazgo y gobernanza.

Este Proyecto se desarrolló por parte de la Universidad Nacional de Colombia, en colaboración con la Universidad McGill de Canadá y financiado por Global Affairs Canadá

y el International Development Research Center, a través del Canadian International Food Security Research Fund.

2.2 Contexto sociodemográfico Proyecto *Papas más nutritivas*

El Proyecto Papas más nutritivas hace presencia en el departamento de Nariño, específicamente en la ciudad de Pasto y en los municipios de Carlosama, Cumbal, Guachucal y Túquerres. El presente estudio tuvo lugar en estos últimos cuatro.

Figura 2-1: Mapa: Ubicación geográfica de los cinco municipios participantes en el Proyecto *Papas más nutritivas*



Fuente: Proyecto *Papas más nutritivas* (4)

2.2.1 Nariño

Nariño es un departamento localizado al sur de Colombia, su extensión corresponde a 33.268 Km², se encuentra la región del Pacífico y su capital es la ciudad de San Juan de Pasto (5); este departamento limita al norte con el departamento del Cauca, al sur con la República de Ecuador, al este con Putumayo y al oeste con el Océano Pacífico.

De acuerdo con el DANE, se estima para Nariño una población correspondiente a 1'787.545 personas en total para el año 2017, lo cual representa el 3,7% de la población

colombiana. El 49,8% corresponde a mujeres y el 50,2% a hombres (5). Del total de la población del departamento, se calcula que 892.148 personas habitan en las cabeceras y 895.397 en el resto del territorio (5).

El sector terciario (transporte, almacenamiento y comunicaciones; restaurantes y hoteles; servicios financieros; derechos e impuestos; servicios sociales, comunales y personales) ha sido el que más ha dinamizado la economía, el sector agropecuario ha sido destacado tradicionalmente en este departamento, pero con el tiempo, la contribución se ha disminuido por diferentes factores como altos costo de insumos, déficit en la infraestructura vial, poca asistencia técnica, entre otros (6).

En el departamento de Nariño se reporta para el año 2015 tasas de mortalidad por 100.000 habitantes ajustadas por edad para las primeras causas: enfermedades del sistema circulatorio a 121,6, seguido de las demás causas con 104,4 y las neoplasias con 79,4 (7).

Para ese mismo año, la tasa de mortalidad niños menores de 5 años por 1.000 nacidos vivos fue de 15,09, mayor a la reportada a nivel nacional: 13,23 (7). La tasa de mortalidad por EDA e IRA, por 100.000 nacidos para 2015 fue de 1,22 y 15,20 (Colombia 3,29 y 13,17, respectivamente) (7) y en cuanto a la desnutrición la tasa de mortalidad por desnutrición por 100.000 nacidos vivos, para el mismo periodo fue menor 4,26 vs. 6,83 en Colombia (7).

En el año 2017 se presentaron en el departamento 9 casos de mortalidad por desnutrición en menores de 5 años y 212 de desnutrición para ese mismo año (7). A nivel departamental se reportó para el IV trimestre de 2017 una prevalencia de retraso en el crecimiento del 16,9% y de exceso de peso correspondiente al 5,2% en menores de 5 años (7).

Según datos de la ENSIN 2015, Nariño tiene una prevalencia de Inseguridad Alimentaria en el Hogar del 67,7%, una cifra más alta que la reportada para Colombia, 54,2% (7).

2.2.2 Cumbal

El municipio de Cumbal se localiza al sur occidente de Nariño, cuenta con una extensión de 1.265 Km² (8) aproximadamente y su cabecera municipal se encuentra a una altura promedio de 3.050 m.s.n.m. (9). Según el DANE, su población total corresponde a 39.066

personas (19.598 hombres y 19.468 mujeres) se reporta 3.474 niños entre 0-4 años (7), solamente 8.792 personas viven en la cabecera y 19.689 son población indígena; en este municipio hay cuatro resguardos indígenas.

Dentro de sus actividades económicas se destacan las relacionadas con el sector agropecuario y ganadero, turismo, comercio, confecciones y minería (9). El desarrollo económico del municipio puede verse limitado por factores como el mal uso de la tierra, dificultades con las vías de acceso, poca asesoría técnica y problemas sociales (9).

En cuanto a la cobertura de servicios públicos, se reporta que la cobertura total de acueducto corresponde al 76,6% (8), de energía al 100% (8), de alcantarillado para el 37,1% (10) y no hay cobertura de gas natural (8).

La mayoría de las personas (31.490) se encuentran afiliadas al régimen subsidiado, mientras que en menor proporción está el régimen contributivo (951), seguido por los afiliados al régimen de excepción (493) (8).

Se reporta para este municipio una tasa de mortalidad por EDA e IRA en menores de 5 años, para el año 2014, correspondiente a 0 (11). En 2015 se reportaron dos casos de muerte por desnutrición; en menores de 5 años para el primer trimestre de 2015 se reporta una prevalencia de desnutrición crónica del 28,4%, desnutrición aguda: 0,5% y desnutrición global: 3,2% (11).

2.2.3 Guachucal

Es un municipio ubicado al sur del departamento de Nariño, tiene una extensión de 159 Km² (12) y la cabecera municipal se encuentra a 3.180 m.s.n.m.(13). Las principales actividades económicas son la ganadería, agricultura, transporte y comercio (13).

El DANE, para el año 2017, reporta el total de la población en el municipio correspondiente a 15.410 personas, la mayoría de la población es rural (2.973 población urbana vs. 12.437 habitantes de zona rural) y su distribución por sexo es similar: 7.702 hombres y 7.708 mujeres; se registran 1.003 niños entre 0 y 4 años (7). En este municipio existen tres resguardos indígenas: Guachucal, Muellamués y Colimba, siendo el más poblado el

resguardo de Muellamués, seguido por Guachucal y finalmente Colimba (13). El total de población indígena es de 11.209 (12).

La cobertura de acueducto se reporta para el 81,1%, para el alcantarillado se registra el 38,2% y la totalidad de la población cuenta con energía eléctrica (10).

Para la atención en salud, Guachucal cuenta con la Empresa Social del Estado (E.S.E.) Hospital Guachucal, la I.P.S. Indígena Guachucal y Colimba, y la Institución Prestadora de Salud (I.P.S.) Indígena Muellamués, que ofrecen los servicios de primer nivel (13). La mayoría de la población pertenece al régimen subsidiado, seguido por el contributivo y con menor frecuencia se reporta estar afiliado a régimen de excepción. La tasa de mortalidad en menores de 5 años por 1.000 fue para el 2011 de 0,71 (13).

2.2.4 Cuaspud - Carlosama

Cuaspud está en el suroccidente del departamento de Nariño, tiene una extensión de 48 Km² (14). Está conformada por las veredas de Macas, Chavisnan, Carchi, San Francisco y la cabecera municipal (15) ubicada a 3.050 m.s.n.m (12); además, cuenta con el Resguardo Indígena de Carlosama (15).

Según el DANE, para el año 2017 se estima una población total de 8.689, 4.275 son hombres y 4.414 son mujeres (14) y 875 niños entre cero y 4 años (7). La mayoría de la población habita la zona rural (72,3%) y el 87,2% de la población es indígena (10).

Las principales actividades económicas están relacionadas al sector agrícola, pecuario, manufacturero, de transporte y comercio; este municipio, al ser zona fronteriza con Ecuador, presenta relaciones comerciales y depende del intercambio con el vecino país, por lo tanto, lo que suceda económicamente en Ecuador repercute en la economía de este municipio (15,16)

La cobertura de acueducto reportada es de 42,4%, de alcantarillado es 24,5% y de energía eléctrica es del 96,1%(14). La atención en salud se realiza a través de un centro de Salud, IPS Indígena del Resguardo de Carlosama y la IPS Solidarios, de carácter privado (15); similar a los otros municipios descritos, la mayoría de las personas reportan estar afiliadas

al régimen subsidiado, le sigue el régimen contributivo y por último el régimen de excepción (10).

En cuanto a indicadores de salud del municipio, en 2015 se registra una tasa de mortalidad de menores de 1 año por 1.000 nacidos vivos correspondiente a 1 y 1 caso de mortalidad en menores de 5 años. No se registraron casos de mortalidad por desnutrición (15).

2.2.5 Túquerres

El municipio de Túquerres tiene una extensión de 227 Km² (17), se localiza en la parte suroccidental de Nariño y su cabecera municipal se encuentra a una altura de 3.104 m.s.n.m. (18). La población total es de 40.388 para el año 2017 (hombres 20.454 y mujeres 19.934) (17), en zona urbana habita el 43,5%, mientras que la zona rural es habitada por el 56,5% (10), y se reporta un total de 12.565 de población indígena (17). En este municipio se estima que hay 3.251 niños entre 0 y 4 años (7).

En cuanto a la economía, se destaca principalmente el sector pecuario seguido por el agrícola, también son importantes las actividades del sector terciario concernientes al comercio y servicios (18).

En este municipio la cobertura de acueducto es del 85%, de alcantarillado se registra el 49,7% y en cuanto al servicio de energía eléctrica se cubre a toda la portación (10).

La mayoría de las personas pertenecen al régimen subsidiado (37.823 personas), seguido por el régimen contributivo y de excepción (5.655 y 941 personas respectivamente) (10). Para el año 2014 se reporta para este municipio una tasa de mortalidad infantil por 1.000 nacidos vivos correspondiente a 17,1 siendo un poco menor a la del departamento 19,6, aunque mayor a la de nivel nacional 15,7(17).

2.3 Micronutrientes e indicadores bioquímicos del estado nutricional

2.3.1 Hierro

Es un mineral de mayor importancia en la nutrición humana (19). Este mineral se encuentra en la hemoglobina en glóbulos rojos, mioglobina en los músculos y como ferritina en hígado, bazo y médula ósea. Una menor parte se puede hallar en plasma, ligado a proteínas y en enzimas respiratorias (19). Este elemento es utilizado eficientemente por el cuerpo y solo se elimina pocas cantidades en las uñas, descamación de la piel, el intestino, orina, desprendimiento de cabello, bilis y otras secreciones (19). Debido al crecimiento, los niños tienen altos requerimientos de este mineral, ya que además del aumento del tamaño corporal, se incrementa el volumen sanguíneo (19).

La absorción del hierro se da mayoritariamente en el duodeno y yeyuno, en forma hemo o en forma de sales ferrosas solubles y quelatos. Dependiendo de la forma, su absorción se lleva a cabo por diferentes mecanismos para ser luego enviado a la ferritina (depósito de hierro) o para unirse con la transferrina y ser transportado hacia el tejido hematopoyético y otros tejidos. El hierro circula en la molécula de hemoglobina (20).

Los principales reguladores del hierro son tres proteínas: transferrina, receptor de transferrina y la ferritina, reguladas por la proteína ligadora al elemento de respuesta al hierro (IRE-BP). La transferrina tiene su función principal en el transporte del hierro del plasma a los eritoblastos en la médula, el receptor de transferrina permite el ingreso del hierro unido a la transferrina. Una vez el hierro es liberado, la transferrina se libera para ser reutilizada y el hierro queda en un depósito que será usado para la síntesis de componentes o se deposita como ferritina (20). Se ha descrito por otra parte, que la hepcidina (hormona sintetizada por los hepatocitos) interviene en la homeostasis del hierro, ya que se produce en función al hierro circulante en los sinusoides hepáticos que se activan por microorganismos o por la saturación de transferrina (21). Cuando es liberada en sangre actúa en la inhibición de la absorción de hierro en los enterocitos (21,22).

▪ **Hemoglobina**

La hemoglobina es el principal componente de los eritrocitos, es un pigmento rojo que se encarga del transporte de oxígeno en el cuerpo (20). La hemoglobina es una proteína conjugada, cada molécula se compone por cuatro grupos hemo permitiendo portar hasta cuatro moléculas de oxígeno (20).

El anillo hemo está compuesto por átomos de carbón, hidrógeno y nitrógeno, con un átomo de hierro. Este componente de la hemoglobina puede combinarse con una molécula de oxígeno y es el que le da el color rojo a la sangre. Por otra parte, la globina presenta dos pares de cadenas de polipéptidos y las características de su disposición y de los aminoácidos que las conforman ayudan a mantener el hierro en estado ferroso (20).

La síntesis de esta proteína se ve promovida por la hipoxia en los tejidos la cual hace que el riñón produzca más eritropoyetina, promoviendo la producción de hemoglobina y eritrocitos. Su función principal es llevar oxígeno de los pulmones a los tejidos (20).

▪ **Anemia**

Es una enfermedad donde se presenta una disminución en la cantidad de hemoglobina que afecta la capacidad de intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y células del cuerpo, lo que hace que sea insuficiente para satisfacer las necesidades del organismo (23,24). Dichas necesidades dependen de ciertas características como la edad, sexo, altitud sobre el nivel del mar del lugar de vivienda, tabaquismo, etapa de gestación (24).

Esta patología puede clasificarse en: macrocítica, microcítica o normocítica (de acuerdo con el tamaño de los eritrocitos), e hipocrómica o normocrómica (según su contenido de hemoglobina) (23). Dentro de las causas se describen las carencias de nutrientes necesarios para la formación del hematíe, principalmente de hierro, vitamina B12, ácido fólico (23,24) y vitamina A (24). Otras causas reportadas son hemorragia, inflamación aguda y crónica, las parasitosis y las enfermedades que afecten la formación de hemoglobina, eritrocitos, y su supervivencia (23,24).

La anemia por déficit de hierro es una problemática frecuente (24), este micronutriente tiene un papel importante en la síntesis de hemoglobina. Sin embargo, no se debe usar únicamente la concentración de hemoglobina para determinar ferropenia (24).

Los puntos de corte propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para diagnosticar anemia y los diferentes grados de esta se muestran en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Categorías del diagnóstico de anemia.

Población	Sin anemia*	Anemia*		
		Leve	Moderada	Grave
Niños de 6 a 59 meses de edad	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70
Niños de 5 a 11 años	115 o superior	110-114	80-109	menos de 80
Niños de 12 a 14 años	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres no embarazadas (15 años o mayores)	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres embarazadas	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70
Varones (15 años o mayores)	130 o superior	100-129	80-109	menos de 80

* Hemoglobina en g/L.

Fuente: OMS. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. In Ginebra; 2011. p. 1–7.

▪ Ferritina

La ferritina es una proteína de depósito para el hierro (25), se secreta al plasma en cantidades pequeñas (26). Su concentración se correlaciona positivamente con los depósitos de hierro corporal (26): una concentración baja de ferritina indica carencia de este mineral (aunque no está relacionada con la intensidad del déficit a medida que su concentración disminuye). Esta correlación se evidencia en ausencia de infección (25,26)

(al ser un reactante de fase aguda) los valores pueden verse incrementados (25) en enfermedad inflamatoria intestinal inespecífica, cáncer o hepatopatía crónica (25).

Una forma de facilitar la interpretación de la ferritina en presencia de infección es la medición de otras proteínas de respuesta aguda, como la proteína C reactiva (PCR), la cual permite realizar métodos de ajuste como aumentar el punto de corte de ferritina hasta 30 µg/l o ya sea “excluir de los cálculos de la prevalencia a las personas con concentraciones elevadas de PCR” (26).

Las concentraciones elevadas de ferritina (descartando inflamación o hepatopatía) pueden estar asociado a sobrecarga de hierro (26). En la tabla 2-2, se puede observar los puntos de corte propuestos por la OMS para determinar déficit y exceso de ferritina.

Tabla 2-2. Magnitud relativa de las reservas de hierro según la concentración de ferritina en suero

	Ferritina en suero (µg/l)			
	Menos de 5 años		5 años o más	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Disminución de las reservas de hierro	<12	<12	<15	<15
Disminución de las reservas de hierro en presencia de infección	<30	<30	-	-
Riesgo grave de sobrecarga de hierro (adultos)	-	-	>200	>150

Fuente: OMS. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones 2011;1–5.

- **Transferrina**

La transferrina es una de las tres proteínas reguladores del hierro (20). Es una β globulina sintetizada en el hígado y encargada de la absorción y transporte de hierro. Esta proteína regula la velocidad con la que el hierro es liberado de las células de la mucosa a la circulación general (25). Las mediciones de hierro sérico se usan en conjunto con

mediciones de capacidad de fijación de hierro, la transferrina tiene una considerable capacidad de fijación de reserva de hierro (27), refleja la intensidad de la eritropoyesis y la demanda de hierro.

La transferrina tiene una vida media de ocho a diez días (25). Se incrementa en anemia por deficiencia de hierro, anemia hemolítica y talasemia (28), pérdida crónica de sangre, hepatitis aguda y deshidratación (25). Independientemente al estado nutricional, se pueden observar valores bajos de transferrina, al igual que en condiciones con pérdidas de proteínas (25), desórdenes de inflamación crónica, tumores malignos y hemocromatosis (27). Este parámetro no se ve afectado ni por la altitud ni por el tabaquismo (24).

2.3.2 Vitamina A

La vitamina A es un nutriente que regula funciones importantes como la visión, la integridad de los epitelios, sistema inmunitario y la expresión de genes. La deficiencia de esta vitamina puede provocar resequedad patológica del ojo, xeroftalmia, queratomalacia, ceguera, daños en tejidos epiteliales, queratosis folicular (29) y anemia, ya que se requiere de esta vitamina para la síntesis de transferrina (30).

El retinol es la forma circulante en sangre de esta vitamina en sangre (31). La vitamina A se almacena nivel hepático (29) y se libera del hígado junto a la proteína ligada al retinol (proporción 1:1) (31).

Las concentraciones de retinol en sangre evidencian depósitos agotados o muy altos. El retinol se regula por homeostasis, por eso, el retinol sérico no es útil para evaluar la situación nutricional con respecto a la vitamina A en las personas, y puede que no responda a las intervenciones. La OMS sugiere que la determinación de este parámetro en la población y la estimación de valores bajos al esperado para dar cuenta de la intensidad de su deficiencia como problema de salud pública, usualmente en un grupo vulnerable para esta condición: los niños, para quienes el déficit de esta vitamina se ha reportado como causa principal y evitable de ceguera en esta etapa, al igual que la morbi-mortalidad asociada a infecciones frecuentes (31).

En la dieta de los seres humanos la vitamina A puede presentarse como retinol (el cual tiene mayor actividad biológica que otras formas de vitamina A) o como carotenos, que luego el cuerpo transforma en retinol (29). Las principales fuentes alimentarias pueden ser de origen animal: mantequilla, huevos, leches, carnes (en especial las vísceras), y de origen vegetal: hortalizas de color verde oscuro o color naranja - amarillo intenso como la zanahoria y maíz amarillo (29).

2.3.3 Zinc

El zinc es un elemento traza esencial para el cuerpo humano (32). Este nutriente tiene un papel importante en el metabolismo, ya que hace parte de enzimas (19,32), metabolitos, fluidos y secreciones (32). La deficiencia de zinc puede darse por baja ingesta o poca disponibilidad en la dieta, estados fisiológicos que aumentan sus requerimientos y diarreas, lo anterior puede dar paso a desnutrición proteico - calórica, parasitosis, diarreas prolongadas o a repetición, síndromes de malabsorción intestinal, nefropatías crónicas y dermatitis extensas (32).

Los valores obtenidos en la determinación de la concentración de zinc plasmático se ven afectados cuando las reservas de este nutriente están muy disminuidas (32). Por otra parte, la presencia de infecciones puede disminuir hasta un 10% las concentraciones de este nutriente (32).

El zinc se encuentra en fuentes alimentarias de origen vegetal (cereal, legumbres, nueces y otras semillas) y animal (carne, alimentos de mar, huevos, leche), siendo estas últimas las más importantes (32).

2.4 Estrategias para la superación de las deficiencias de micronutrientes

Desde la Conferencia Internacional sobre Nutrición (CIN) de 1992, la FAO y la OMS han continuado trabajando para lograr el objetivo de eliminar o reducir deficiencias de micronutrientes en especial de hierro, yodo y vitamina A, a través de cuatro estrategias principales propuestas: mejorando la ingesta alimentaria (mediante el aumento

de la producción, la preservación y la comercialización de alimentos ricos en micronutrientes junto a educación nutricional); fortificación de alimentos; suplementación; y la salud pública mundial y otras medidas de control de enfermedades (33). Dentro de la estrategia de fortificación en la categoría de *otros tipos de fortificación*, se incluye la fortificación casera y comunitaria, la cual menciona la utilización de MNP (33), intervención que se detallará más adelante.

Políticas a nivel de Colombia

En Colombia se cuenta con la Estrategia Nacional para la Prevención y Control de las Deficiencias de Micronutrientes 2014-2021, cuyo objetivo es “prevenir y reducir las deficiencias de micronutrientes en la población colombiana, con énfasis en niños y niñas hasta 12 años, gestantes y mujeres en edad fértil” (1), que responde a la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Seguridad Alimentaria y Nutricional y al Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021 en la dimensión de Seguridad Alimentaria y Nutricional (1).

Dentro de esta estrategia se cuenta con cinco líneas de acción: 1. Diversificación de la alimentación. 2. Fortalecimiento de acciones prioritarias; 3. Fortificación; 4. Biofortificación o fortificación biológica de los alimentos y 5. Suplementación con Micronutrientes. Dentro de la línea de acción correspondiente a Fortificación se propone, entre otras acciones, la fortificación casera con MNP (1).

De acuerdo a las cifras nacionales de la ENSIN y los lineamientos de la OMS, en Colombia la anemia y deficiencia de vitamina A y zinc son considerados un problema de salud pública (34,35). En escenarios donde la prevalencia de anemia es superior o igual al 20% en niños menores de 2 o 5 años, la OMS recomienda “la entrega universal de Micronutrientes en Polvo-MNP” (34).

Previamente, Colombia ha tenido experiencias con fortificación casera con MNP, mediante la cooperación internacional con el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y Unicef. En el marco del Convenio 910 de 2013 del MSPS y PMA, se adapta la *Guía práctica para el uso de los micronutrientes en polvo* (34) y durante el 2014 en los departamentos de Bolívar y La Guajira se realizó una prueba piloto que cubrió el 100% de los niños entre 6 a 23 meses, y que se está escalando a nivel nacional (36). Otros departamentos como el Tolima,

Atlántico, Cesar, Boyacá, Guaviare, Córdoba Chocó han sido beneficiados con esta estrategia de fortificación (1).

2.5 Micronutrientes en polvo

La fortificación con micronutrientes en polvo o *Micronutrient Powders* (MNP) fue desarrollada como una alternativa novedosa a la suplementación diaria para la entrega de hierro y otros micronutrientes con los alimentos (1). MNP son paquetes de dosis única de polvo, el cual puede mezclarse con alimentos semisólidos y cuyo contenido son micronutrientes, que en el caso del hierro viene encapsulado (37), evitando cambios en las características organolépticas y molestias gastrointestinales como estreñimiento (1). Su fácil utilización e implementación junto a otras ventajas, como una dificultad en alcanzar dosis tóxicas y la coherencia con la promoción de la lactancia materna, hacen que el uso de MNP sea una alternativa atractiva (1,34). Los micronutrientes no deben ser utilizados para reemplazar la alimentación casera (34).

En cuanto a los efectos de este tipo de intervención, dos revisiones sistemáticas de la literatura (38,39) se han realizado, una en donde se evaluó el impacto nutricional de MNP en niños de dos años. Al compararse contra placebo o ninguna intervención, los MNP muestran una reducción del 51% de deficiencia de hierro (cuatro ensayos, RR 0,49; IC del 95%: 0,35 a 0,67), y de anemia en un 31% (seis ensayos, RR 0,69; IC del 95%: 0,60 a 0,78); la concentración de hemoglobina en niños que recibieron MNP era 5,87g/L más alta (IC 95% 3,25-8,49); y no se encontraron efectos en el crecimiento (38). En la segunda revisión, para el caso de niños entre 2 -12 años se concluyó que era menos probable que tuvieran anemia en el seguimiento que los niños sin intervención (RR 0,66; IC del 95%: 0,49 a 0,88) y de igual manera la concentración de hemoglobina fue mayor en los niños que recibieron la fortificación con MNP (3.37 g/ L, 95% CI 0.94 a 5.80) (39).

3. Planteamiento del problema y justificación

Las vitaminas y minerales son denominados micronutrientes ya que son nutrientes esenciales necesarios en cantidades mínimas (1). Su inadecuada ingesta es preocupante desde el punto de vista de salud pública, ya que además de afectar a un gran número de personas, representa el 7,3% de la carga global de enfermedad al incrementar las tasas de morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas (33,40). Se han descrito efectos en la salud según el nutriente cuya ingesta sea deficiente, tales como afectaciones a nivel de crecimiento y desarrollo, en la formación ósea, alteraciones visuales, malformaciones, entre otras (1).

Para el departamento Nariño, específicamente para deficiencia de micronutrientes, se reporta que el 25,9% de niños de 2 a 5 años, pertenecientes a un estudio en los municipios anteriormente descritos, presentan deficiencia de ferritina (frente el 14,6% reportado para Nariño y Cauca sin litoral en niños de 1 a 4 años) (43) y el 20% presenta deficiencia de zinc (44) (en comparación con el 56,5% reportado para Nariño y Cauca sin litoral en niños de 1 a 4 años). La prevalencia de anemia a nivel departamental reportada corresponde al 39,4% en niños de 6 a 59 meses (41), siendo mayor a la prevalencia nacional.

Específicamente los municipios de Cuaspud, Cumbal, Guachucal, Pasto, y Túquerres, se ha reportado una prevalencia de retraso en el crecimiento correspondiente a 35,2% (42), que resulta ser mayor a la cifra reportada para el departamento (16,9% de retraso en el crecimiento o baja talla para la edad reportada en ENSIN 2010 en niños de 0 a 4 años) y se ha referenciado una baja frecuencia de bajo peso para la talla (1,2%) (42). En la tabla 3-1 se referencian las frecuencias del diagnóstico de talla baja para la edad y exceso de peso de los municipios mencionados anteriormente.

Tabla 3-1 Desnutrición crónica y exceso de peso en municipios participantes del Proyecto *Papas más nutritivas*.

Talla baja para la edad	Rango de edad	Pasto	Cuaspud	Cumbal	Guachucal	Túquerres	Total
	0-4 años	32,60%	32,9%	44,1%	37,5%	42,40%	35,2%
	5-17 años	31%	32%	34,5%	26,6%	29,2%	30,8%
Exceso de peso	0-4 años	13,40%	6,8%	12%	9,10%	11,3%	12,5%

Fuente: Del Castillo SE, Vásquez Mosquera T, Suárez Higuera EL, Heredia Vargas AP. Nutritional Situation of Rural Communities in Nariño, Colombia 2013. Food Nutr Sci. 2014;5:1521–8.

A nivel nacional según la ENSIN 2010 (41), se registra en el caso del hierro su deficiencia en el 23,7% de los niños de 1 año y disminuye con la edad siendo el 5,5% para los niños de cuatro años. La prevalencia de anemia en niños y niñas de 6 a 59 meses es del 27,5%, los niños entre 6 a 11 meses son los más afectados (60%), dicha frecuencia tiende a disminuir a medida que se aumenta la edad (4 años: 11,1%). En población indígena la prevalencia de anemia se registró en un 32,6% y fue estadísticamente mayor en el área rural (30,8%) que en la urbana (26,1%) (41).

En cuanto a la vitamina A, la prevalencia de su deficiencia en niños entre 1 y 4 años de edad fue del 24,3%, siendo mayor en niños entre 1 (27,6%) y 2 años (27%) y tendiendo a disminuir en edades mayores (22% en niños de 4 años), en la población indígena se registró una frecuencia del 34,1%. No se encontraron diferencias significativas entre área rural y urbana.

Para el caso de la deficiencia de zinc, el 43,3% de los niños menores de 5 años presentaron deficiencia de este micronutriente. En la población indígena se encontró la prevalencia más alta correspondiente al 56,3%, los niños más afectados fueron los del área rural (47,8%).

En el mundo, la deficiencia de hierro afecta alrededor de dos billones de personas. Se ha encontrado que la anemia asociada al déficit de este mineral es responsable de una quinta parte de la mortalidad neonatal temprana y la décima parte de la mortalidad materna. Alrededor de 800.000 muertes pueden ser atribuidas a la deficiencia de hierro anualmente, así como 2,4% de los AVAD globales (25 millones AVAD perdidos) (33,40)

La deficiencia de vitamina A se ha relacionado con daño ocular, aumento de mortalidad infantil y materna. El 21% de los niños en el mundo tienen deficiencia de vitamina A y aproximadamente 800.000 muertes en niños y mujeres en edad reproductiva son

atribuibles a ésta. La deficiencia de vitamina A resulta en 18 millones de AVAD perdidos, o el 1,8% del total mundial (33,40).

La deficiencia de zinc se relaciona con retraso en el crecimiento, disminución de la resistencia a las enfermedades infecciosas, dermatitis, diarrea y retraso en la maduración sexual (33). En total, cerca de 800.000 muertes infantiles por año son atribuibles a la deficiencia de zinc. Estas muertes y aumento de las tasas de enfermedades infecciosas atribuidas a la deficiencia de este micronutriente resultan en 1,9% de los AVAD globales (40).

Con relación a las acciones para afrontar esta situación, FAO y OMS han aconsejado que las estrategias propuestas (descritas anteriormente 2.4), deben combinarse y realizarse en equilibrio con el fin de lograr el máximo impacto, para garantizar “el acceso al consumo y la utilización de una variedad y cantidad adecuada de alimentos seguros y de buena calidad para todas las personas del mundo” (33).

Comprendiendo que cuando hay un déficit dietario de algún nutriente es probable que se presenten otras carencias, se considera que las medidas para la prevención y el control de las deficiencias de micronutrientes deben fundamentarse en lograr que las personas tengan una dieta diversificada, y orientando la educación alimentaria a la correcta elección de alimentos para lograr una dieta equilibrada (33).

Se ha referenciado que las intervenciones eficaces para mejorar la nutrición de las personas vulnerables requieren un enfoque holístico, dada la necesidad de identificar los déficits nutricionales, su relación con los factores sociales, ambientales y culturales, presentando entonces, diferentes puntos de intervención (45).

De acuerdo con la revisión de literatura donde se evalúa la fortificación con MNP junto a otras intervenciones, se ha encontrado que la fortificación con MNP presenta mejores resultados cuando se realiza juntamente con otras intervenciones, por ejemplo, educación. Inayati (46) al comparar niños entre ≥ 6 a < 60 meses a quienes se les asignó aleatoriamente por clúster para recibir Educación Nutricional Intensiva (INE), o INE+ MNP, o No Educación Nutricional Intensiva (NNE) o NNE+MNP, reporta que el aumento de peso de los niños (g / kg de peso corporal / día) fue más alto en el grupo INE +MNP (2.2 ± 2.1) que el grupo INE ($1,1 \pm 0,9$), NE + MNP ($0,3 \pm 0,5$) o NE ($0,3 \pm 0,4$). Además, la prevalencia de

anemia disminuyó significativamente en el INE + MNP (64,3% a 35,7%; $p < 0,001$) y el grupo INE (62,3% hasta 37,7%; $p < 0,001$), pero no de forma significativa en NNE + MNP (53,7% a 51,2%) y NNE (63,6% a 56,8%).

En Colombia se realizó un ensayo aleatorizado por clúster (47) cuyo objetivo era evaluar la efectividad de una intervención integrada de desarrollo temprano del niño; se compararon cuatro grupos: estimulación psicosocial, MNP, la combinación de las dos anteriores y un grupo control. Los desenlaces principales estaban relacionados al lenguaje desarrollo motor, crecimiento y niveles de hemoglobina de los niños entre 1 y 2 años de diferentes departamentos del país. Luego de un seguimiento de 18 meses, no se encontró un efecto significativo de los MNP sobre la hemoglobina. Dentro de las limitaciones en este estudio se referencia la ausencia de medición del estado del hierro (47).

Cuando la educación se compara contra ella misma, pero reforzada con el uso de MNP, se ha reportado disminución de la deficiencia de hierro y de anemia (48). En el caso de comparar distintos niveles en la intensidad de la educación (49) se reportó un estudio donde se incluyeron 302 niños entre 8 y 20 meses, donde se compararon 3 grupos: en el primero las madres de control recibieron 12 sesiones informativas sobre salud y nutrición, el segundo recibió 6 sesiones adicionales impartidas por educadores que incluyeron demostraciones y la práctica en la autoalimentación y la capacidad de respuesta verbal con el niño durante el juego; y el tercer grupo de intervención recibió, junto con las sesiones, 6 meses de un polvo enriquecido con minerales y vitaminas. Aparte de mejores resultados en variables del desarrollo del lenguaje, se encontró un incremento de peso significativo para el grupo que consumió MNP frente al otro grupo de intervención con educación únicamente.

Por otra parte, un estudio (50) donde se incluyeron niños entre 6 meses y 30 meses, se analizó la entrega de alimentos suplementarios, micronutrientes en sobre y el aumento de monitorización del programa, frente al programa usual (solo alimentos suplementarios listos para consumir) se encontró que el programa mejorado significativamente incrementó el peso y talla para la edad en niños inicialmente de 12-18 meses, peso para la edad y peso para la talla en niños 9-11 y 19-24 meses.

A parte de la educación se han referenciado otras intervenciones, algunas basadas en la agricultura para afrontar las deficiencias de micronutrientes específicos, como jardinería basada en la comunidad o en el hogar, para el aumento de la ingesta de vitamina A (8); y la biofortificación de cultivos con micronutrientes, que ha estado en desarrollo y está empezando a mostrar impacto en determinados nutrientes (45).

Con relación a otras intervenciones junto al uso de MNP, un estudio aleatorizado por clúster (51), reporta el análisis de 306 niños de 6-9 meses de edad que se llevó a cabo en zonas rurales de Nepal, para evaluar si la administración de MNP adicional a un programa mejorando la producción doméstica de alimentos (EHFP) se obtuvo una reducción marginal de anemia en los grupos EHFP + MNP y EHFP comparados con el grupo de control, aunque no fue estadísticamente significativa.

Proyecto Papas más nutritivas

Este proyecto se desarrolló en el departamento de Nariño teniendo en cuenta la situación de inseguridad alimentaria y características potenciales de esta región para hacerle frente a dicha problemática. El Proyecto “*Papas más nutritivas*” fue desarrollado en 5 municipios: Cuaspud (Carlosama), Cumbal, Guachucal, Pasto, y Túquerres, del departamento de Nariño, región rural y campesina donde la inseguridad alimentaria y nutricional es potencialmente causada por los altos niveles de pobreza, afectando de manera importante la población infantil (44) como se caracterizó anteriormente.

Adicional a la búsqueda de la ampliación de la producción de nuevas variedades de papas, se llevaron a cabo otras actividades por medio de componentes: producción, emprendimiento, equidad de género, y Soberanía y SAN.

Con la integración de la agricultura y nutrición en este proyecto, se pretende contribuir a mejorar la calidad de vida y el estado nutricional de las familias de los productores de papa para el alcance de la SAN. En el componente de Soberanía y SAN se llevaron a cabo acciones que incluyeron: Escuelas Comunitarias de Agricultura Familiar, escuelas de formación de líderes gestores en Soberanía y SAN, fortificación casera con MNP (52), y la estrategia *Shagras para la vida*. La última, con el fin de promover la diversidad de la dieta, incluye acciones como: recuperación de semillas nativas, producción de vegetales y frutas para el consumo en el hogar, producción de especies menores nativas, visitas

domiciliarias, promoción del consumo de una dieta diversa, recuperación de recetas tradicionales y educación nutricional en dichos hogares.

Dado el potencial incremento en el beneficio de intervenciones nutricionales con enfoque integral, que incluyen actividades dirigidas a los diferentes factores que afectan el estado nutricional; la escasa información encontrada con respecto al impacto en el estado de micronutrientes con este tipo de intervenciones que incluyan la utilización de MNP, es necesario plantearse la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe diferencia en el cambio de la concentración de hemoglobina entre los niños de 6 meses y 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes en polvo pertenecientes al Proyecto de *Papas más nutritivas*, y los niños con fortificación casera, pero sin pertenecer a dicho Proyecto?

4. Métodos

4.1 Pregunta de investigación

¿Existe diferencia en el cambio de la concentración de hemoglobina entre los niños de 6 meses y 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes en polvo pertenecientes al proyecto *Papas más nutritivas*, y los niños con fortificación casera, pero sin pertenecer a dicho proyecto?

La estructura PICO de la pregunta de investigación de este estudio se expone en la tabla 4-1.

Tabla 4-1 Estructura PICO de la pregunta de investigación.

Estructura PICO	
Población	Niños de 6 meses y 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes con polvo, habitantes de los municipios de Carlosama, Guachucal, Túquerres y Cumbal
Intervención	<i>Papas más nutritivas</i> y fortificación casera con micronutrientes en polvo (MNP)
Comparador	Manejo usual
Outcome-Desenlace	Principal: hemoglobina Secundarios: ferritina, transferrina, zinc, vitamina A. Desenlaces determinados como se describe en el numeral 4.2.1

Fuente: autores

En la tabla 4-2 se definen la aplicación de los componentes FINER para la pregunta de investigación.

Tabla 4-2: Descripción de los componentes FINER de la pregunta de investigación.

Componentes FINER	
Factibilidad	Se realizaría en el marco de un Proyecto en marcha donde la intervención y la medición de los desenlaces cuentan con financiación.
Interés	La deficiencia de micronutrientes es una problemática de interés de salud pública a nivel nacional e internacional. El desarrollo de estrategias que hagan frente a sus efectos en este grupo de edad es de gran importancia a corto y largo plazo.
Novedad	La efectividad del uso de MNP como estrategia de prevención de deficiencia de micronutrientes se ha descrito en la literatura. Sin embargo, son pocos los estudios que han mostrado el impacto de la inclusión de diferentes acciones sobre otras dimensiones de la seguridad alimentaria, que ayuden a mejorar el estado nutricional obteniendo mayores beneficios.
Ética	Se considera que este estudio cumpla con lo determinado en la Resolución 8430 de 1993 (Oct. 4) que de acuerdo con su artículo 11 se clasifica este estudio en la categoría b, riesgo ético mínimo. Para la toma de muestras biológicas se pedirá el consentimiento informado de los padres o representantes legales del niño.
Relevancia	Determinar el impacto nutricional diferencial entre una intervención con MNP y otra que aparte de incluir dicho tipo de fortificación, aborda diferentes dimensiones de la seguridad alimentaria, permitirá contemplar una opción mejorada de intervención que contribuya a hacerle frente a las consecuencias de este problema nutricional y sus efectos.

4.2 Formulación de hipótesis

Ho: delta de hemoglobina pre -post exposición de Proyecto = delta de hemoglobina pre -post exposición Manejo usual.

Ha= delta de hemoglobina pre -post exposición Proyecto \neq delta de hemoglobina pre -post exposición Manejo usual.

Se define como delta la diferencia entre los valores de hemoglobina post y preexposición.

4.3 Objetivos

Objetivo general

Estimar la diferencia en el cambio de la concentración de hemoglobina entre los niños y niñas de 6 meses a 5 años que reciben fortificación casera con micronutrientes en polvo, pertenecientes al Proyecto de *Papas más nutritivas* comparados con los niños y niñas con fortificación casera con MNP, no beneficiarios del proyecto.

Objetivos específicos

- 1.1 Describir las características sociodemográficas, alimentarias y nutricionales de los niños incluidos en el estudio.
- 1.2 Determinar las diferencias de los parámetros bioquímicos de micronutrientes antes y después de la exposición.
- 1.3 Estimar la diferencia del cambio de los parámetros bioquímicos entre el grupo vinculado al Proyecto de *Papas más nutritivas* comparado con quienes no pertenecen al mismo.
- 1.4 Identificar el aporte de las acciones de un proyecto que integra agricultura y nutrición en el contexto de familias que reciben fortificación casera.

4.4 Metodología

Diseño del estudio

Estudio analítico de cohorte prospectiva.

Población a estudio

Criterios de inclusión

Niños y niñas de 6 meses a 5 años habitantes de los municipios de Carlosama, Guachucal, Túquerres y Cumbal en el departamento de Nariño, que reciben fortificación casera con MNP.

Criterios de exclusión

Niños o niñas que estén consumiendo complementos o suplementos nutricionales.

Niños o niñas en tratamiento por diagnóstico de anemia u otras deficiencias de micronutrientes.

4.5 Exposición

Cohorte de expuestos a proyecto Papas más nutritivas + MNP (Proyecto)

Niños y niñas de 6 meses a 5 años habitantes de Carlosama, Cumbal, Guachucal y Túquerres, familiares de los integrantes de Escuelas Comunitaria de Agricultura Familiar (ECAAF), que hacen parte del Proyecto *Papas más nutritivas*, en las cuales se trabajaron temas correspondientes a equidad y género, producción y emprendimiento, y SAN.

La fortificación casera con MNP se realizó según el protocolo del Ministerio de Salud, el cual es de 12 meses en total. Se realizó 2 entregas de 60 dosis: el primer periodo consiste en la toma de MNP por 2 meses, seguido de un periodo de descanso de 4 meses y continúa nuevamente por otra toma de MNP por 2 meses y descanso por 4 meses. Cada 6 meses se lleva a cabo desparasitación (34).

Adicionalmente, junto a la entrega de MNP se les realizó asesoramiento y acompañamiento inicialmente vía telefónica y luego presencial (aproximadamente cada mes), donde se hace toma de peso y talla, aclaración de dudas con respecto a la fortificación con MNP y educación nutricional.

Cohorte de expuestos a MNP (Manejo usual)

Niños y niñas de 6 meses a 5 años que recibieron MNP entregados a través de las IPS y ESE de los municipios de Guachucal y Carlosama, siguiendo el protocolo anteriormente descrito (2 entregas de 60 dosis, primer periodo: toma de MNP por 2 meses, seguido de un periodo de descanso de 4 meses y continúa nuevamente por otra toma de MNP por 2 meses y descanso por 4 meses. Cada 6 meses se llevaría a cabo desparasitación). Adicionalmente, se realizó difusión de información básica con respecto a los MNP y el seguimiento por crecimiento y desarrollo que se realiza rutinariamente por parte del personal de salud. Se compararon los dos grupos descritos anteriormente.

La formulación de vitaminas y minerales de los MNP (53) se presenta a la tabla 4-3 y la descripción de ambos grupos se resume en la tabla 4-4.

Tabla 4-3: Fórmula Múltiple Vitamix 15

Micronutriente	Fuente	Cantidad	Unidad de medida
Vitamina A	Vitamina A Acetato	300	µg
Vitamina B1	Tiamina B-1 Hydrochloride	0,5	mg
Vitamina B2	Riboflavina base	0,5	mg
Vitamina B3	Nicotinamida	6	mg
Vitamina B6	Piridoxina HCl	0,5	mg
Vitamina B9	Ácido fólico	160	mcg
Vitamina B12	Cianocobalamina	0,9	µg
Vitamina C	Ácido Ascórbico recubierto	30	mg
Vitamina D3	Colecalciferol	200	µg
Vitamina E	Vitamina E acetato	6	mg
Cobre	Sulfato de cobre	0,3	mg
Yodo	Yoduro de Potasio	90	µg
Hierro	Fumarato Ferroso	12,5	mg
Zinc	Gluconato de zinc	5	mg
Selenio	Selenito de sodio	17	µg

Fuente: NUTREO (53)

Tabla 4-4 Descripción de los grupos de estudio

Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia fortificación casera con MNP, según protocolo de Ministerio de Salud (34). • Acciones del Proyecto de <i>Papas más nutritivas</i>: participación en las Escuelas de Agricultura Familiar (temas: equidad y género, producción y emprendimiento, y Seguridad Alimentaria y Nutricional). <ul style="list-style-type: none"> ○ Estrategias <i>Shagras para la vida</i> (recuperación de semillas nativas, producción de vegetales y frutas para el consumo en el hogar, producción de especies menores nativas, visitas domiciliarias, promoción del consumo de una dieta diversa, recuperación de recetas tradicionales y educación nutricional en dichos hogares). ○ Educación nutricional con respecto a la fortificación con MNP y visitas domiciliarias con toma de peso y talla/longitud.
Manejo usual	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia fortificación casera con MNP, según protocolo de Ministerio de Salud. • Seguimiento por los controles de crecimiento y desarrollo en los centros de salud como se hace normalmente.

Fuente: autores

Por otra parte, las intervenciones del estudio que se utilizó como referencia (9) para la determinación del poder del tamaño de muestra, en el apartado de *Tamaño de muestra*, se definen a continuación:

INE+ MNP

Los niños y niñas de este grupo recibieron semanalmente siete sobre de MNP con sus instrucciones de uso, adicionalmente de un programa de educación intensivo en el cual las madres o cuidadoras de los niños recibían una vez a la semana información relacionada con la importancia de las comidas saludables de la familia, la seguridad alimentaria, alimentación de lactantes y niños pequeños, alimentación de los niños enfermos y la prevención/tratamiento de la desnutrición de manera participativa por funcionarios especialmente capacitados de salud y nutrición, y trabajadores comunitarios. Las madres o cuidadores fueron aconsejadas para adicionar un sobre de MNP por día a una porción pequeña de la comida del niño y ofrecérsela al niño (9).

Semanalmente se tomó el peso, el cumplimiento de la porción para llevar a casa del MNP, y recordatorio de morbilidad. Mensualmente se tomó la talla (9).

NNE+MNP

Los niños y niñas de este grupo recibieron semanalmente siete sobres de MNP con sus instrucciones de uso, el programa educativo no intensivo se realizaba una vez al mes e incluía un monitoreo del crecimiento infantil dentro de las actividades del centro de servicios integrados de salud. Este programa se llevó a cabo como parte de los servicios rutinarios del Gobierno de la India y las ONG (9).

Similar al anterior, semanalmente se tomó peso, se reportaba cumplimiento de la porción para llevar a casa del MNP, y recordatorio de morbilidad. Mensualmente se tomaba la talla (9).

4.1 Tamaño de muestra

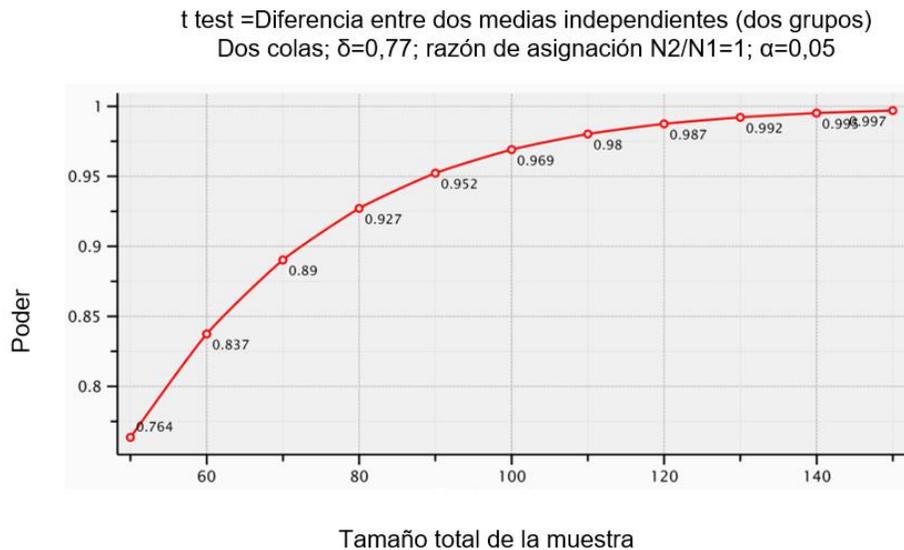
Teniendo en cuenta que el tamaño de muestra es fijo, dada la factibilidad por parte del Proyecto *Papas más nutritivas*, se plantearon diferentes escenarios del poder, que se describen a continuación, con los 140 niños y niñas que se esperaban incluir en el estudio.

Para el cálculo del poder del tamaño de muestra se utilizó el software G* Power 3.1.9.2 y se tuvo en cuenta una hipótesis a dos colas, con un error tipo I $\alpha= 5\%$ y un $\delta= (0.5; 0.77)$ Los escenarios planteados se basaron en los siguientes valores:

-Una diferencia reportada en la literatura (9): niños y niñas ≥ 6 a <60 meses, diferencia de hemoglobina NNE (no educación nutricional intensiva) + MNP= 0,3 g/dL (DE:8.0) e INE (educación nutricional intensiva) + MNP= 10.0 (DE:10.0). (Estas intervenciones son definidas en el apartado de Exposición). Se calculó a partir de esta información $\delta= 0.7$.

En la Figura 4-1 se muestra los diferentes escenarios de poder con un $d=0,7$ y distintos tamaños de muestra total.

Figura 4-1: Cálculo del poder del tamaño de muestra con $d=0,7$:

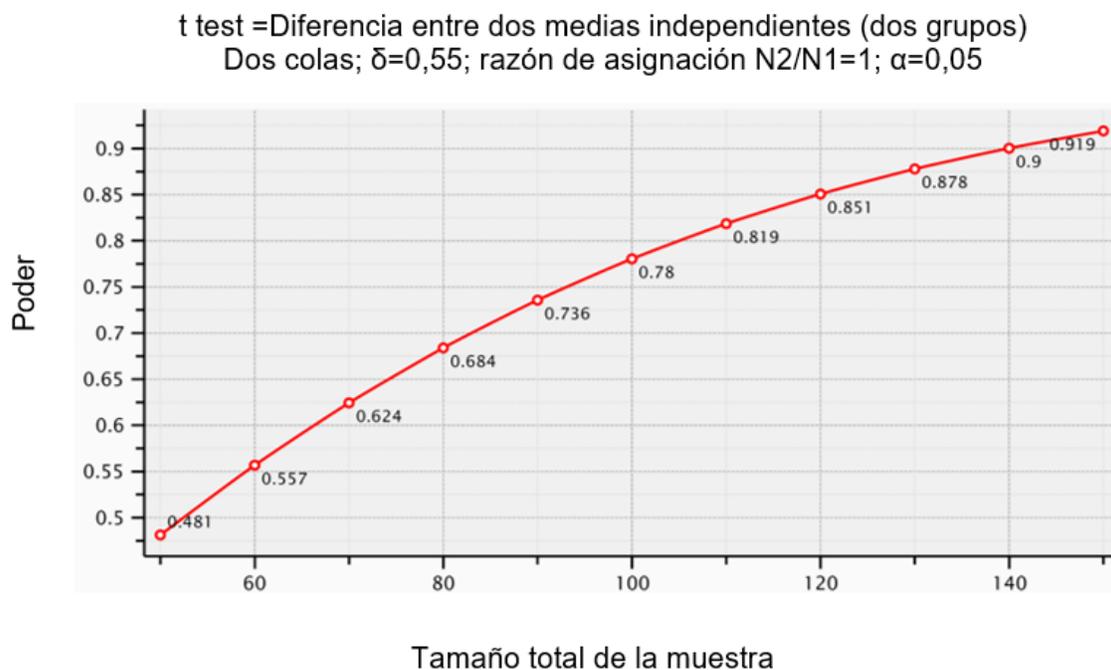


Fuente: autores.

En este caso se evidencia en la figura 4-1 que el poder obtenido es el 99%, el 80% sería el poder si la muestra resulta ser aproximadamente 60 participantes.

-El escenario para la estimación del poder con una diferencia menor a la anterior $\delta= 0.5$ (con las mismas desviaciones) se presenta en la figura 3-2.

Figura 4-2: Cálculo del poder del tamaño de muestra con $d=0,5$



Fuente: autores.

En este escenario el poder obtenido es del 90% con los 140 niños y niñas. Con una pérdida alrededor del 21% de la muestra, se obtendría un poder del 80% aproximadamente.

Finalmente, el escenario con una diferencia menor a la reportada en la literatura ofrece un poder del 90%, considerado suficiente para alcanzar el objetivo de este estudio.

4.2 Procedimiento

Se incluyeron niños y niñas que cumplieron con los criterios de selección. Bajo el marco de la fortificación casera de micronutrientes en sobre, se obtuvieron muestras de sangre para evaluar los parámetros bioquímicos: hemoglobina, ferritina, transferrina, zinc, vitamina A, proteína C reactiva- ultrasensible, antes de la fortificación con MNP y después de la misma (aproximadamente 12 meses). La información recolectada de las muestras de sangre se obtuvo por parte de Instituto Nacional de Salud encargado de la toma y procesamiento de las muestras.

Se recolectó información de las características sociodemográficas y nutricionales por medio de fuentes primarias (mediante encuestas realizadas en la segunda toma de muestra de sangre (Anexo A) y secundarias (registros de datos antropométricos e información de línea de base recolectados a través de los instrumentos diseñados para el Proyecto *Papas más nutritivas* de IDRC- McGill – Canadá, Universidad Nacional de Colombia).

4.2.1 Indicadores bioquímicos del estado nutricional

Se realizó la medición del estado nutricional por parámetros bioquímicos: hemoglobina, ferritina, transferrina, zinc y vitamina A. La toma de muestras y análisis de las mismas se realizaron por una profesional idónea designada por el Instituto Nacional de Salud (INS), quien siguió el protocolo establecido por el INS para dichos procedimientos (54–59). En el caso de que los padres o representantes legales asintieran la toma de la muestra de sangre, fue posible extraer entre 6 a 9 mL para ser analizados en el laboratorio.

Hemoglobina

La concentración de hemoglobina se determinó mediante el sistema *HemoCue*® cuyo método está basado en el de referencia, cianometahemoglobina, es estable y duradero en terreno, y ha sido recomendado por la OMS para establecer la prevalencia de anemia en la población (24).

El sistema *HemoCue*® Hb 201+ emplea el fotómetro y microcubetas las cuales son llenadas con una gota de sangre (puede usarse sangre capilar venosa o arterial), la cual reacciona con desoxicalato de sodio, hemoliza los eritrocitos y libera la hemoglobina, la cual gracias la reacción con el nitrito de sodio y a la azida sódica se convierte en metahemoglobina azídica (54). La concentración se determinó inmediatamente posterior a la extracción de la muestra, los valores son expresados en g/dL.

Se realizó la corrección por altura sobre el nivel del mar, sugerida por la OMS (24), según el lugar donde se realizó la toma de la muestra, ya que vivir a determinada altitud aumenta las concentraciones de hemoglobina y por lo tanto, se puede subvalorar la prevalencia de anemia. Las altitudes de los municipios donde se llevó a cabo el estudio se encuentran entre 3.050 y 3180 m.s.n.m. aproximadamente y los valores que se presentan en los

resultados ya cuentan con esta corrección. El ajuste se realiza entonces restando una constante al valor de hemoglobina obtenido. A continuación, se presenta la ecuación 3-1. empleada para la obtención de dicha constante y la tabla 3-5 de la OMS sobre el ajuste de hemoglobina en función a la altitud:

$$Hb_{CONSTANTE} = \frac{\{-0.32 \times [\text{altitud (mts)} \times 0.0033] + 0.22 \times [\text{altitud (mts)} \times 0.0033]\}^2}{10}$$

Ecuación 4-1. Cálculo de constante para el ajuste de hemoglobina por altitud.

Tabla 4-5. Ajustes de las concentraciones de hemoglobina medidas en función de la altitud sobre el nivel del mar.

Altitud (metros sobre el nivel del mar)	Ajuste de la hemoglobina medida (g/L)
<1000	0
1000	-2
1500	-5
2000	-8
2500	-13
3000	-19
3500	-27
4000	-35
4500	-45

Tomado de: OMS. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. In Ginebra; 2011

Para el diagnóstico de anemia, se consideraron los valores de referencia propuestos por la OMS:

- Sin anemia si el valor de hemoglobina era >11 g/dL
- Anemia leve entre 10-10,9 g/dL
- Anemia moderada 7-9,9 g/dL
- Anemia grave < 7 g/dL

Ferritina

La concentración de ferritina se determinó mediante el método de referencia por quimioluminiscencia en el ADVIA Centaur® XP, este método corresponde a “un inmunoensayo de tipo sándwich de dos puntos que utiliza tecnología quimioluminométrica directa, que usa cantidades constantes de dos anticuerpos antiferritina” (59).

El tipo de muestra utilizado fue el plasma obtenido luego de centrifugar la muestra de sangre a 3500 rpm por 10 minutos y cuando se obtiene el plasma se transfiere a un vial identificado con un código. Los valores se expresan en μ g/L. Para la población de estudio se definió como punto de corte para deficiencia: < 12 μ g/L. Para ajustar el aumento de la concentración de ferritina por infección se excluyeron del análisis (cuando se utilizó como variable continua) los niños con valores superiores a PCR $< 0,5$ mg/dL. Sin embargo, para la determinación de la proporción por categoría de diagnóstico de ferritina, se aumentó el punto de corte > 30 μ g/L para aquellos participantes con valores de PCR altos.

Proteína C Reactiva (PCR)

La concentración de PCR en plasma se determinó por turbidimetría utilizando reactivos de SIEMENS® en el equipo Dimension RxL. La PCR de la muestra hace que las partículas sintéticas recubiertas con anticuerpos a la PCR (AbPR) se formen inmunocomplejos precipitantes que aumentan la turbidez, la cual es directamente proporcional a la concentración de PCR (41,56).

Se emplea sangre venosa recolectada en tubo con heparina, la cual es centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos y el plasma obtenido se transfiere a un vial identificado con un código. Los valores se expresan en mg/dL. Se estableció presencia de infección aquellos valores mayores a 0,5 mg/dL.

Transferrina

Dentro de los métodos más comunes usados para medir transferrina sérica están basado en la prueba de ELISA, no hay un método estándar disponible para su medición ni un acuerdo universal para los valores de referencia (28,60).

La determinación de concentración de transferrina se emplea la técnica de inmunoensayo turbidimétrico mejorado de partículas (PETIA) con cartuchos multiprueba Flex de SIEMENS® y cubetas de reacción desechables y el equipo Dimension RxL Max. La transferrina del plasma forma inmunocomplejos al reaccionar con el anticuerpo policlonal, dicha reacción es acelerada dada la adición de polietilenglicol. La turbidez es entonces directamente proporcional a la concentración de transferrina en la muestra (58).

Se utiliza muestra de sangre venosa recolectada en tubo con heparina, la cual es centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos y el plasma obtenido se transfiere a un vial identificado con un código. La concentración se expresa en mg/dL y como valor de referencia del laboratorio se utiliza: 200- 400 mg/dL.

Vitamina A

La vitamina A en su forma de retinol plasmático se determinó utilizando cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en el equipo PROMINENCE (55), método preferido por sus elevadas sensibilidad y especificidad (31). Esta técnica se utiliza para cuantificar los componentes de una mezcla con base a las interacciones químicas o físicas con la fase estacionaria (cilindro con partículas de características específicas en su superficie) y la columna cromatográfica la cual es adelantada mediante una fase móvil (bombeo de líquido a alta presión). El tiempo de retención, el cual es el tiempo que tarda un compuesto a ser extraído de la columna, se considera una propiedad que ayuda a identificar el compuesto en una fase móvil y estacionaria (55).

Se emplea muestra de sangre venosa, la cual se recolecta en un tubo con heparina envuelto con papel aluminio con el fin de proteger la muestra de la luz para evitar la degradación del retinol. Las unidades utilizadas son $\mu\text{g/dL}$. Valores $< 20 \mu\text{g/dL}$ se consideraron deficiencia de este micronutriente (55).

Zinc

El zinc sérico se estableció por espectrofotometría de absorción atómica, técnica utilizada para la determinación de metales pesados, por medio de la emisión y absorción de luz según el átomo y la longitud de onda (57). La atomización se realizó en horno de grafito, técnica preferida, por ser eficiente y permite el uso directamente de muestras pequeñas. Se utilizó el equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica serie AA-7000 (57).

Se utilizó muestra de sangre venosa recolectada en un tubo seco para determinación de metales o metaloides con recubrimiento interior de silicona y tapón lubricado de silicona. Luego de dejar coagular la muestra, esta es centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos y el plasma obtenido se transfiere a un vial con un código designado para el paciente. El punto de corte definido es 65 µg/dL (57).

4.2.2 Indicadores antropométricos del estado nutricional

Se evaluó el estado nutricional de los niños y niñas menores de 5 años de ambos grupos en los meses de julio y noviembre de 2016, por mediciones antropométricas de peso y talla/longitud tomadas con báscula electrónica marca Seca® 876, estadiómetro portátil Seca® 217 e infantómetro Seca® 147 respectivamente. El diagnóstico nutricional se realiza con base en los parámetros de la Resolución No. 2465 del 14 de junio de 2016 vigente para Colombia, conforme con los patrones de crecimiento publicados por la Organización Mundial de la Salud (61), la cual maneja los siguientes indicadores del estado nutricional:

Peso para la edad (P/E): indicador antropométrico que relaciona el peso con la edad sin considerar la talla (61).

Peso para la longitud/talla (P/T): un indicador de crecimiento que relaciona el peso con longitud o con la talla. Da cuenta del estado nutricional actual del individuo (61).

Talla para la Edad (T/E): un indicador de crecimiento que relaciona la talla o longitud con la edad. Da cuenta del estado nutricional histórico o acumulativo (61).

IMC para la Edad (IMC/E): índice de Masa Corporal es un indicador que correlaciona de acuerdo con la edad, el peso corporal total en relación con la talla. Se obtiene al dividir el peso expresado en kilogramos entre la talla expresada en metros al cuadrado (61).

Se calculó el puntaje z (z score), de los indicadores: P/T, P/E, T/E e IMC/E.

El análisis del estado nutricional se realizó con el software WHO Anthro y WHO AnthroPlus, este último en los casos que se requerían para las mediciones de seguimiento en ambos grupos.

4.3 Variables a estudio

A continuación, se presentan las variables que se tendrán en cuenta en este estudio de investigación:

Variable	Definición	Tipo	Nivel Operativo
VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS			
Sexo	Sexo biológico del niño	Nominal	1. Masculino 2. Femenino
Edad	Número de años al momento del inicio de la suplementación con micronutrientes teniendo en cuenta la fecha de nacimiento del paciente.	Cuantitativa continua	Un dígito y un decimal
Municipio de Residencia	Municipio donde vive el niño	Cualitativa nominal	1. Carlosama 2. Guachucal 3. Túquerres 4. Cumbal
Nivel educativo de la persona a cargo del niño	Último grado de educación formal aprobado de la persona a cargo del niño.	Cualitativa ordinal	1. Sin escolarización 2. Básica Primaria 3. Básica Secundaria 4. Media Secundaria 5. Técnico o tecnológico 6. Universitario 7. Posgrado
Estrato socioeconómico	Clasificación de nivel de una sociedad, según sus recursos. Se identifica en los recibos de servicios públicos.	Cualitativa ordinal	1. Estrato 1 2. Estrato 2 3. Estrato 3 4. Estrato 4 5. Estrato 5

Variable	Definición	Tipo	Nivel Operativo
Ingreso familiar	Entrada de dinero en la familia al mes	Cualitativa ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menos de 1 salario mínimo 2. Entre 1 y 2 salarios mínimos 3. Entre 2 a 3 salarios mínimos 4. Entre 3 a 4 salarios mínimos 5. Más de 4 salarios mínimos
Categorías de ruralidad	Clasificación para la ruralidad colombiana	Cualitativa nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ciudades y aglomeraciones 2. Intermedios 3. Rural 4. Rural disperso
Afiliación al sistema de salud	Tipo de afiliación al sistema de salud	Cualitativa nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contributivo 2. Subsidiado 3. Régimen especial 4. Ninguno
Pertenencia étnica	Grupo étnico declarado al cual pertenece	Cualitativa nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indígena 2. Afro 3. Ninguno 4. Otra
Tipo de tenencia de vivienda	Modalidad de tenencia de vivienda	Cualitativa nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Propia 2. Arriendo 3. Arriendo habitación 4. Otro
Acceso a servicios públicos	Servicios públicos disponibles en el lugar de vivienda	Cualitativa nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acueducto 2. Energía eléctrica 3. Gas 4. Alcantarillado 5. Recolección de basuras
Inadecuada disposición de excretas	<p>Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de alcantarillado.</p> <p>Hogar rural: se considera como privado si tiene inodoro sin conexión, bajamar o no tiene servicio sanitario.</p>	Cualitativa dicotómica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si 2. No
Viviendas inadecuadas	Viviendas móviles, o ubicadas en refugios naturales o bajo puentes, o sin paredes o con paredes de tela o de materiales de desecho o con pisos de tierra (en zona rural el piso de tierra debe estar asociado a paredes de material	Cualitativa dicotómica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si 2. No

	semipermanente o perecedero).		
Variable	Definición	Tipo	Nivel Operativo
Servicios inadecuados	Zona Urbana.- Carencia de servicios sanitario o carencia de acueducto y aprovisionamiento de agua de río, nacimiento, carro tanque o de lluvia. Zona rural.- Carencia de servicio sanitario y de acueducto que se aprovisionan de agua de río, nacimiento o lluvia.	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Hacinamiento crítico	Más de tres personas por cuarto (incluyendo en estos todas las habitaciones con excepción de cocinas, baños y garajes).	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Inasistencia escolar	Hogares en donde uno o más niños entre 7 y 11 años de edad, parientes del jefe, no asisten a un centro de educación formal.	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Alta dependencia económica	Hogares con más de tres personas por miembro ocupado y cuyo jefe ha aprobado, como máximo, dos años de educación primaria.	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	Número de carencias básicas: Viviendas inadecuadas, hacinamiento crítico, servicios inadecuados, alta dependencia económica e inasistencia escolar.	Cualitativa ordinal	1. Ninguna 2. Una 3. Dos o más
Agua para la preparación de los alimentos	Fuente del agua a utilizar en la preparación de los alimentos	Cualitativa nominal	1. Acueducto con suministro continuo 2. Acueducto con suministro intermitente 3. Pozo con bomba o sin bomba, jagüey, aljibe, barreno 4. Agua lluvia 5. Pila pública

			6. Carro tanque, aguatero 7. Río, quebrada, manantial, nacimiento 8. Agua embotellada 9. Otro
Variable	Definición	Tipo	Nivel Operativo
Tratamiento al agua para beber	Tipo de tratamiento que le hacen al agua que utilizan para beber		1. Ninguna, la usan tal como la obtienen 2. La hierven 3. Aplicación de cloro 4. Utilizan filtro 5. La decantan o usan filtros naturales (arena/plantas) 6. Otro
VARIABLES ALIMENTARIAS Y NUTRICIONAL			
Peso corporal	Suma de los compartimentos corporales de un individuo.	Cuantitativa continua	Kilogramos. Hasta tres dígitos y un decimal
Estatura	Altura o talla de los individuos.	Cuantitativa continua	Centímetros. Tres dígitos y un decimal
IMC (índice de masa corporal)	Relación entre el peso en kilos y la talla en metros elevado al cuadrado	Cuantitativa continua	Dos dígitos y un decimal
El Puntaje de Diversidad Dietética (IDD)	<p>Recuento de los grupos de alimentos consumidos durante las últimas 24 horas por los individuos encuestados (nivel hogar: 8 grupos: 1. Cereales, 2. Tubérculos andinos (<i>Papas más nutritivas</i>) 3. Raíces, otros tubérculos y plátano, 4. Carne, huevos, legumbres y mezclas de vegetales, 5. Vegetales, 6. Frutas, 7. Lácteos, leche y / o productos lácteos, 8. Grasas, azúcares y condimentos.</p> <p>Individual: 1. Cereales, 2. Raíces y tubérculos blancos, 3. Verduras de hoja verde oscuro, 4. Tubérculos y verduras ricos en vitamina A, 5. Otras verduras, 6. Frutas ricas en vitamina A, 7. Otras frutas, 8. Carne de vísceras,</p>	Cuantitativa discreta	Un dígito

	9. Carnes, 10. Huevos, 11. Pescado y mariscos, 12. Legumbres, nueces y semillas, 13. Leche y productos lácteos, 14. Aceites y grasas, 15. Dulces, 16. Especias, condimentos y bebidas.		
Variable	Definición	Tipo	Nivel Operativo
VARIABLES DESENLACE			
Hemoglobina	Componente proteico del glóbulo rojo que permite el transporte de O ₂ y eliminación de CO ₂	Cuantitativa continua	Dos dígitos y un decimal
Anemia	Valores de hemoglobina <11g/dL (teniendo en cuenta el ajuste por altitud (22))	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Ferritina	Proteína de alto peso molecular cuya función es actuar como depósito de hierro	Cuantitativa continua	Dos dígitos y un decimal
Deficiencia de hierro	Valores de zinc sérico <12µg/dL	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Transferrina	Proteína transportadora de hierro	Cuantitativa discreta	Tres dígitos
PCR	Proteína C Reactiva. Marcador de inflamación	Cuantitativa continua	Un dígito y 2 decimales
Zinc sérico	Concentración plasmática de zinc	Cuantitativa continua	Dos dígitos y un decimal
Deficiencia de zinc	Valores de zinc sérico <65µg/dL	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Vitamina A (retinol sérico)	Forma circulante de vitamina A que predomina en la sangre	Cuantitativa continua	Dos dígitos y un decimal
Deficiencia de vitamina A	Valores de retinol sérico < 20 µg/dL	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Adherencia	Proporción de sobres consumidos de los sobres entregados.	Cuantitativa continua	Porcentaje, hasta un decimal

4.4 Análisis estadístico

1. Se realizó un análisis descriptivo de ambos grupos Proyecto y Manejo usual de las variables sociodemográficas, alimentarias y del estado nutricional. Las variables

continuas se expresan con sus medidas de tendencia central y dispersión: media y desviación estándar (DS) o mediana y rango intercuartílico (IQR) dependiendo de la distribución de los datos, para las variables categóricas se utilizaron frecuencias absolutas y relativas.

2. Se analizó la hipótesis de igualdad de diferencias pre y post tratamiento de hemoglobina entre los grupos (Proyecto vs. Manejo usual) mediante una prueba t Student o test de Mann Whitney, dependiendo si los datos siguieron o no una distribución normal, según la prueba de Shapiro Wilk. Se considera un valor p significativo estadísticamente correspondiente a 0.05. Se analizarán de manera similar las otras variables de desenlace secundario (vitamina A, zinc, ferritina, transferrina).
3. Con el fin de controlar las diferencias sistemáticas en las características de base entre los grupos de Proyecto y Manejo usual, se utilizó la metodología de inferencia causal de *Propensity Score*, donde se incluyeron las variables de NBI, disposición de excretas al alcantarillado, nivel educativo de la persona, edad, z-score de IMC, vitamina A, zinc y la interacción de estos dos micronutrientes con el z-score de IMC.
4. El puntaje del modelo de *Propensity Score*, se utilizaría como covariable en un modelo de regresión lineal donde se ajustaría adicionalmente por los valores pretest de la exposición. Como se expondrá más adelante el uso de esta metodología se vio limitado, por lo que la confusión se controló usando las variables como covariables de la regresión lineal.

En la regresión lineal, para la validación de supuestos se utilizó para determinar colinealidad el factor de inflación de varianza, para evaluar la especificación del modelo el test *RESET* de Ramsey y el *Link* test. Como indicadores de valores influyentes el estadístico DfFit, las distancias de Cook y puntos de apalancamiento – *Leverage*. La ampliación de la información de la regresión lineal y los estadísticos relacionados se encuentra en el Anexo C.

Para el caso de la variable ferritina se excluyeron del análisis (cuando se utilizó como variable continua) los niños con valores superiores a $PCR < 0,5$ mg/dL. Para la

determinación de la proporción por categoría de diagnóstico de déficit de ferritina, se aumentó el punto de corte $> 30 \mu\text{g/L}$ de ferritina para aquellos participantes con valores de PCR altos (26).

4.5 Consideraciones éticas

Este estudio cuenta con la aprobación por el Comité de Ética de la Universidad Nacional de Colombia por medio del acta No. 022-289-16 y registro en Clinical Trials NCT03313089. Se considera que este estudio cumple con lo determinado en la Resolución 8430 de 1993 (oct. 4) que de acuerdo con su artículo 11 se clasifica este estudio en la categoría b, riesgo ético mínimo; en la resolución 2378 del 2008 que adopta las normas de Buena Prácticas Clínicas (BPC), estas últimas con aplicación a nivel internacional de calidad científica y ética. Además de tener en cuenta la declaración de Helsinki.

Para la inclusión de los niños del estudio los padres firmaron el consentimiento informado (Anexo B) comunicado a quien ejerza la patria potestad o representación legal del niño (de acuerdo con el artículo 25 de la Resolución 8430 de 1993 del 4 de octubre) y se obtuvo el asentimiento de los niños antes de tomar la muestra. Posterior a la firma de dicho documento, se diligenció la ficha básica de identificación, se realizó la valoración antropométrica y se realizó la toma de muestra de sangre. Los participantes dispusieron de una copia del consentimiento informado.

En el caso de encontrarse casos de malnutrición se informó a los acudientes y personal de atención en salud correspondiente con el fin de realizar la intervención pertinente. No se excluyeron del estudio.

En los casos donde se identificó baja adherencia al consumo de MNP, se realizaron las recomendaciones pertinentes por parte del personal del Proyecto *Papas más nutritivas* en el caso de los expuestos a Proyecto y del personal de salud del programa de crecimiento y desarrollo para los expuestos únicamente a Manejo usual.

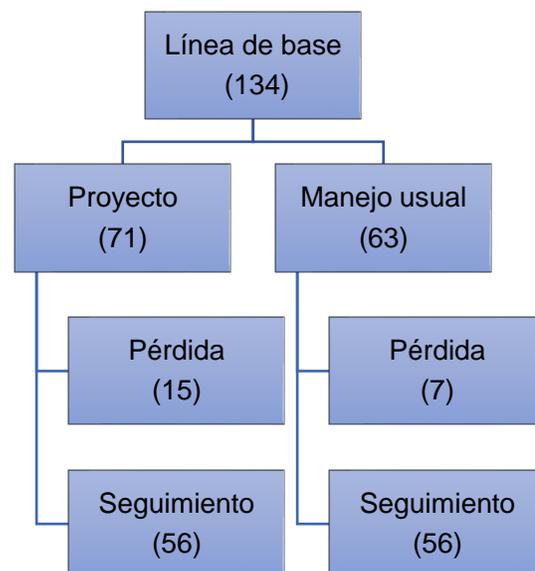
Se emplearon códigos para el registro y análisis de la información con el fin de cuidar la confidencialidad de la información de los participantes.

5.Resultados

Características sociodemográficas

La muestra inicial correspondió a 134 niños (71 grupo Proyecto; y 63 grupo Manejo usual). Sin embargo, en el momento de la medición de seguimiento del desenlace hubo pérdidas en ambos grupos debido a desplazamientos de las familias a otros departamentos, dificultad para contactar a las familias de participantes, o negación a participar por parte de los acudientes (Figura 4-1).

Figura 5-1: Diagrama de flujo de participantes del estudio.



Fuente: autores.

La muestra final correspondió a 112 niños y niñas entre los 6 meses y 5 años, pertenecientes, en su mayoría, al municipio de Guachucal, quienes se auto reconocen como indígenas y cuya persona a cargo (generalmente la madre) alcanzó la básica primaria o media secundaria de nivel educativo. En este estudio se presentó para el grupo Proyecto que el 5,4% de los participantes tienen entre 6 meses y 1 año; 19,6% entre 1 y 2 años; 26,8% entre 2 y 3 años; 30,4% entre 3 a 4 años; y 17,9% entre 4 y 5 años. Las frecuencias para el grupo Manejo usual fueron 10,7% ,17,9%, 14,3%, 23,2% y 34% niños para los mismos rangos de edad respectivamente.

En cuanto a la situación económica de los hogares a los cuales pertenecían los niños, en su totalidad reportaban pertenecer al estrato 1 y predomina un ingreso económico familiar menor a un salario mínimo². Generalmente, las familias viven en casa propia o prestada, el piso de la vivienda es en cemento y cuentan con servicios de acueducto y energía.

Aproximadamente, se registra que de los hogares el 5,4% de Proyecto y el 8,9% del grupo Manejo usual tienen servicios inadecuados; el 16,1% de las familias del grupo Proyecto y el 12,5% del grupo Manejo usual reportan vivir en hacinamiento crítico; el 7,1% de los hogares de los niños pertenecientes a Proyecto reportan inasistencia escolar, mientras que en el grupo de Manejo usual no se presenta esta situación. Por otra parte, el 5,4% y el 1,8% de los hogares refieren tener dependencia económica en el grupo de Proyecto y Manejo usual respectivamente, y el hecho de habitar en una vivienda inadecuada se registra en el 3,6% de los hogares de Manejo usual, siendo ausente esta característica en el otro grupo.

Según el índice de NBI se registra que el 22% del total de familias tienen una necesidad básica insatisfecha mientras que el 3,6% tienen dos o más. La tabla 5-1 registra las características sociodemográficas y alimentarias de los participantes del estudio.

² El salario mínimo legal vigente fijado para Colombia en el decreto 2209 de 2016 corresponde a \$737.717 COP.

Tabla 5-1 Características de la muestra

Variables	Proyecto n=56	Manejo usual n=56	Valor p
	n (%)	n (%)	
Sexo			0,85
Femenino	30 (53,6%)	29 (51,8%)	
Edad Mediana (IQR)	2,9 (1,7)	3,5 (2,4)	0,19
Municipio			0,0001*
Cumbal	32 (57,1%)	0	
Guachucal	16 (28,6%)	48 (85,7%)	
Carlosama	6 (10,7%)	8 (14,3%)	
Túquerres	2 (3,6%)	0	
Categoría de ruralidad			0,0001*
Rural disperso	32 (57,1%)	0	
Rural	16 (28,6%)	47 (83,9%)	
Intermedios	8 (14,3%)	9 (16,1%)	
Pertenencia étnica			0,14
Indígena	54 (96,4%)	50 (89,3%)	
Ninguno	2 (3,6%)	6 (10,7%)	
Afiliación al sistema de salud			
Subsidiado	56 (100%)	56 (100%)	
Estrato			
Estrato 1	56 (100%)	56 (100%)	
Ingreso familiar mensual			0,78
Menos de 1 salario mínimo	50 (89,3%)	48 (85,7%)	
Entre 1 y 2 salarios mínimos	6 (10,7%)	7 (12,5%)	
Más de 4 salarios mínimos	0	1 (1,8%)	
Tenencia de la vivienda			0,001*
Propia	50 (89,3%)	36 (64,3%)	
Arriendo	0	7 (12,5%)	
Prestada	6 (10,7%)	13 (23,2%)	
Servicios			
Acueducto	52 (92,9%)	49 (87,5%)	0,34
Energía	51 (91,1%)	56 (100%)	0,06
Recolección de basuras	10 (17,9%)	40 (71,4%)	0,0001*
Alcantarillado	9 (16,1%)	36 (64,3%)	0,0001*
Gas	6 (10,7%)	0	0,03*
Ninguno	1 (1,79%)	0	1,00

Variable	Proyecto	Manejo usual	Valor p
Nivel educativo de la persona a cargo del niño			0,20
Básica primaria	24 (42,9%)	25 (44,6%)	
Básica secundaria	2 (3,6%)	8 (14,3%)	
Media secundaria	23 (41,1%)	19 (33,9%)	
Técnico o Universitario	7 (12,5%)	4 (7,1%)	
Servicio sanitario en el hogar			
Al alcantarillado	10 (17,9%)	28 (50%)	0,0001*
A un pozo séptico	42 (75%)	21 (37,5%)	0,0002*
A un hoyo seco o letrina	1 (1,8%)	5 (8,9%)	0,09
A la quebrada o al río	0	2 (3,6%)	0,50
Al campo abierto	3 (5,4%)	0	0,24
Inadecuada disposición de excretas			0,19
Si	3 (5,4%)	7 (12,5%)	
Material del suelo de la vivienda			
Tierra	2 (3,6%)	6 (10,7%)	0,14
Cemento	37 (66,1%)	44 (78,6%)	0,14
Baldosa	17 (30,4%)	16 (28,6%)	0,84
Madera	2 (3,6%)	6 (10,7%)	0,14
NBI			0,79
Ninguna	40 (71,4%)	43 (76,8%)	
Una	14 (25%)	11 (19,6%)	
Dos o más	2 (3,6%)	2 (3,6%)	
Fuente de agua para consumo			
Acueducto con suministro continuo	47 (83,9%)	40 (71,4%)	0,11
Acueducto con suministro intermitente	2 (3,6%)	1 (1,8%)	0,56
Pozo con bomba o sin bomba, jagüey, aljibe, barreno	7 (12,5%)	10 (17,9%)	0,43
Río, quebrada, manantial, nacimiento	1 (1,8%)	5 (8,9%)	0,09
Tratamiento agua para consumo			
Ninguno	0	1 (1,8%)	1,00
Hervir el agua	53 (94,6%)	53 (94,6%)	1,00
Aplicación de cloro	8 (14,3%)	8 (14,3%)	1,00
Puntaje IDD hogar			0,004**
Baja diversidad (4-6)	18 (32,1%)	33 (58,9%)	
Diversidad adecuada (>7)	38 (68%)	23 (41%)	

*Valor p <0,05 test exacto de Fisher ***Valor p <0,05 Chi²

Fuente: autores

Características alimentarias

En cuanto a variables alimentarias, el agua que utilizan para cocinar y para beber se obtiene usualmente del acueducto y el principal tratamiento para el consumo que refieren es hervirla. La mediana del Índice de Diversidad de la Dieta (IDD) individual corresponde a 10,5 (IQR= 3) el valor mínimo reportado fue 5 y el máximo 14; la mediana del IDD del hogar es 7 (IQR=1), siendo 4 y 8 los valores correspondientes al mínimo y máximo reportados. En la tabla 5-1 se reporta la frecuencia por categorías de la diversidad alimentaria con el puntaje IDD a nivel hogar (relacionado al acceso de los alimentos) y en la tabla 5-2 la frecuencia de consumo por grupo de alimentos a nivel individual (relacionado a la calidad de la dieta) en cada una de las cohortes del estudio, y se evidencia que la mayoría de las familias en el grupo Proyecto tienen mejor diversidad en su dieta.

Tabla 5-2 Frecuencia de consumo por grupo de alimentos reportados en el IDD

Grupo de alimentos puntaje IDD individual	Proyecto n (%)	Manejo usual n (%)
Cereales	56 (100%)	56 (100%)
Raíces y tubérculos blancos	55 (98,2%)	56 (100%)
Tubérculos y verduras ricos en vitamina A	46 (82,1%)	25 (44,6%)
Verduras de hoja verde oscuro	46 (82,1%)	23 (41,1%)
Otras verduras	32 (57,1%)	11 (19,6%)
Frutas ricas en vitamina A	17 (30,4%)	24 (42,9%)
Otras frutas	44 (78,6%)	35 (62,5%)
Carne de vísceras	0	0
Carnes	20 (35,7%)	15 (26,8%)
Huevos	51 (91,1%)	51 (91,1%)
Pescado y mariscos	3 (5,4%)	1 (1,8%)
Legumbres, nueces y semillas	44 (78,6%)	46 (82,1%)

Grupo de alimentos puntaje IDD individual	Proyecto n (%)	Manejo usual n (%)
Leche y productos lácteos	51 (91,1%)	52 (92,9%)
Aceites y grasas	44 (78,6%)	47 (83,9%)
Dulces	54 (96,4%)	53 (94,6%)
Espicias, condimentos y bebidas	39 (69,6%)	55 (98,2%)

Fuente: autores

Estado nutricional

Para el momento del final de la exposición, los niños en promedio presentaron aumento de peso y talla. A pesar de un ligero aumento en el z-score, se sigue presentando riesgo de talla baja para la edad.

Los valores de cada indicador por grupos de estudio se presentan en la tabla 5-3 y las categorías del diagnóstico nutricional entre grupos en la tabla 5-4

Tabla 5-3 Indicadores del estado nutricional

Estado nutricional	Línea de base			Seguimiento		
	Proyecto Promedio (SD)	Manejo usual Promedio (SD)	Valor p	Proyecto Promedio (SD)	Manejo usual Promedio (SD)	Valor p
Peso (kg)	12,7 (2,6)	13,0 (3,1)	0,55	15,1 (2,5)	15,4 (3,1)	0,53
Talla (cm)	87,3 (9,8)	89,7 (11,3)	0,22	96 (8,7)	97,5 (9,6)	0,38
IMC (kg/m ²)	16,5 (1)	16,1 (1,1)	0,02*	16,3 (0,8)	16,1 (0,9)	0,19
Peso para la talla (Z-score)	0,4 (0,7)	0,2 (0,7)	0,08	0,5 (0,6)	0,2 (0,5)	0,096
Talla para la edad (Z-score)	-1,7 (0,9)	-1,4 (0,8)	0,08	-1,6 (0,7)	-1,3 (0,9)	0,046*
Peso para la edad (Z-score)	-0,6 (0,8)	-0,6 (0,7)	0,98	-0,6 (0,6)	-0,5 (0,7)	0,49
IMC para la edad (Z-score)	0,6 (0,7)	0,3 (0,7)	0,02*	0,6 (0,5)	0,4 (0,6)	0,19

*Valor p <0,05 prueba t

Fuente: autores

Tabla 5-4 . Diagnóstico del estado nutricional

Indicador	Línea de base		Seguimiento	
	Proyecto n (%)	Manejo usual n (%)	Proyecto n (%)	Manejo usual n (%)
P/T				
Riesgo de sobrepeso	9 (16,1)	7 (12,5)	9 (16,1)	
Riesgo DNT aguda	2 (3,6)	3 (5,4)	1 (1,8)	
DNT aguda				1 (1,8)
Sobrepeso	1 (1,8)			3 (5,4)
No aplica			12 (21,4)	18 (32,1)
Sin información		1 (1,8)	1 (1,8)	1 (1,8)
Total	56 (100)	56 (100)	56 (100)	56 (100)
T/E				
Riesgo de talla baja	26 (46,4)	33 (58,9)	30 (53,6)	32 (57,1)
Talla baja para la edad	22 (39,3)	11 (19,6)	(16) 28,6	7 (12,5)
Sin información		1 (1,8)	1 (1,8)	1 (1,8)
Total	56 (100)	56 (100)	56 (100)	56 (100)
P/E				
DNT global	3 (5,4)	1 (1,8)	2 (3,6)	1 (1,8)
Riesgo de DNT global	8 (14,3)	17 (30,4)	4 (7,1)	8 (14,3)
No aplica		1 (1,8)	12 (21,4)	18 (32,1)
Sin información			1 (1,8)	1 (1,8)
TOTAL	56 (100)	56 (100)	56 (100)	56 (100)
IMC/E				
Riesgo de sobrepeso	15 (26,8)	8 (14,3)	12 (21,4)	4 (7,1)
Sobrepeso	1 (1,8)		2 (3,6)	5 (8,9)
No aplica	40 (71,4)	47 (83,9)	30 (53,6)	33 (58,9)
Sin información		1 (1,8)	1 (1,8)	1 (1,8)
Total	56 (100)	56 (100)	56 (100)	56 (100)

P/T: Peso para la talla; T/E: Talla para la edad; P/E: Peso para la edad; IMC/E: Índice de masa corporal para la edad; DNT: Desnutrición; No Aplica: El indicador no aplica para el grupo de edad o los resultados no son interpretables y se debe verificar con otro indicador. En el caso del IMC el diagnóstico IMC adecuado no aplica en menores de 5 años, el % restante en la medición de seguimiento, corresponden a este diagnóstico en los niños que para ese momento habían superado esa edad.

Fuente: autores.

Parámetros bioquímicos

Los resultados de los parámetros bioquímicos para el inicio del estudio, se registró en el total de la muestra la mediana de hemoglobina de 11,4 (IQR:1,5), ferritina de 22,3 (IQR:17,6), transferrina 266 (IQR:52), la vitamina A 22,2 (IQR:7,9), y el zinc 81,6 (IQR:17,9). Posterior a la exposición se registraron para los mismos parámetros:11,7 (IQR:1,5), 25,1 (IQR:13,7),246 (IQR:56), 26,1 (IQR:8,1), 83,7 (IQR:18,5), respectivamente. En la tabla 5-5 se presentan los valores de cada parámetro antes y después de la exposición en los diferentes grupos.

Tabla 5-5 Parámetros bioquímicos para cada uno de los grupos de estudio.

Parámetros bioquímicos Mediana (IQR)	Línea de base			Seguimiento		
	Proyecto Promedio(SD)	Manejo usual Promedio(SD)	valor p	Proyecto Promedio(SD)	Manejo usual Promedio(SD)	valor p
Hemoglobina (g/dL)	11,7 (1,7)	11,2 (1,35)	0,07	11,8 (1,2)	11,7 (0,75)	0,3
Ferritina (µg/L)	20,05 (14,7)	25,2 (18,2)	0,44	25,9 (11,9)	21,8 (9,2)	0,02*
PCR (mg/dL)	0,13 (0,23)	0,08 (0,23)	0,06	0,09 (0,13)	0,14 (0,18)	0,07
Vitamina A (µg/dL)	20 (6)	24,8 (7,3)	0,001*	24,1 (9,4)	27,8 (7,4)	0,008*
Transferrina (mg/dL)	255 (44)	277 (57)	0,08	251 (55)	242 (46)	0,02*
Zinc (µg/dL)	84,2 (16,6)	80,6(18,3)	0,29	77,9 (21,6)	85,9 (16,2)	0,04*

*Valor p <0,05 test Mann Whitney

Fuente: autores

En la línea de base, se observa que, para los parámetros de hemoglobina y zinc, sin ser estadísticamente significativo, se encuentra mayores valores en el grupo Proyecto, contrario al resto de parámetros donde el Manejo usual se encontró con mejores niveles. Luego de la exposición los valores superiores en Proyecto vs. Manejo usual correspondieron a ferritina y transferrina y con significancia estadística para los dos últimos.

Teniendo en cuenta los puntos de corte para determinar deficiencia en cada parámetro, en la tabla 5-6 se presentan las frecuencias por cada categoría:

Tabla 5-6 Categorías del diagnóstico parámetros bioquímicos

Línea de base					Seguimiento					
Variables	Proyecto		Manejo usual		valor p	Proyecto		Manejo usual		valor p
Anemia	n	%	n	%	p	n	%	n	%	p
Sin anemia	40	71,4%	30	53,6%	0,07	42	75%	45	80,4%	0,2
Anemia leve	10	17,9%	21	37,5%		12	21,4%	6	10,7%	
Anemia moderada	6	10,7%	5	8,9%		2	3,6%	5	8,9%	
Total	56		56			56		56		
PCR										
>= 0.5	9	17,6%	10	18,2%	0,013*	10	18,9%	8	17,4%	0,018*
Total	51		55			53		46		
Déficit de ferritina										
Disminución reservas de hierro	14	27,4%	10	18,1%	0,4	4	7,5%	9	19,6%	0,1
Total	51		55			53		46		
Déficit de transferrina										
Niveles disminuidos	2	3,9%	1	1,8%	0,3	5	9,4%	7	15,2%	0,5
Niveles incrementados	0	0	3	5,5%		0	0	0	0	
Total	51		55			53		46		
Déficit de retinol										
Déficit	25	49%	13	23,6%	0,008*	12	22,6%	1	2,2%	0,003*
Total	51		55			53		45		
Déficit de Zinc										
Déficit	0	0	7	12,7%	0,01*	9	17,3%	1	2,2%	0,02*
Total	52		55			52		45		

*valor p del test exacto de Fisher

Fuente: autores

En la línea de base se presentó simultáneamente anemia leve, niveles bajos ferritina y de transferrina en 1 caso del grupo Manejo usual; anemia moderada, déficit de ferritina, y altos niveles de transferrina en 3 niños del grupo Manejo usual. Para el momento del seguimiento, la primera situación se siguió presentando en 1 niño, mientras que anemia

moderada, niveles bajos ferritina y de transferrina en 1 caso del grupo Manejo usual. Las frecuencias de los diagnósticos de anemia frente al de ferritina y el de transferrina se presentan en la tabla 5-7.

Tabla 5-7 Diagnóstico de anemia, ferritina y transferrina

Línea de base					
Proyecto			Manejo usual		
Anemia	Ferritina	Transferrina	Ferritina	Transferrina	
	Disminución reservas de hierro	Niveles disminuidos	Disminución reservas de hierro	Niveles disminuidos	Niveles incrementados
Sin anemia	6	2	1	0	0
Anemia leve	3	0	5	1	0
Anemia moderada	5	0	4	0	3
Total	14	2	10	1	3
Seguimiento					
Proyecto			Manejo usual		
Sin anemia	1	5	6	5	--
Anemia leve	2	0	2	1	--
Anemia moderada	1	0	1	1	--
Total	4	5	9	7	--

Deficiencias simultáneas en la línea de base en cuanto anemia leve y déficit de retinol fue registrado en 7 niños en cada uno de los grupos, con anemia moderada 2 en grupo Manejo usual y 5 en Proyecto. Se presentó 1 caso en el grupo Manejo usual, que adicional a las dos deficiencias anteriores, tenía deficiencia de zinc. En el seguimiento, se presentaron en el grupo Proyecto: anemia y deficiencia de vitamina A en 6 niños, de los cuales 2 niños tenían adicionalmente deficiencia de zinc; deficiencia de vitamina A y zinc se presentaron en 3 niños.

Al inicio del estudio se presentó infección ($PCR \geq 0,5$) junto a la deficiencia de vitamina A en 6 niños del grupo Proyecto, y en 4 niños del grupo Manejo usual. En el seguimiento se presentó la misma situación en 6 niños Proyecto y en ninguno del otro grupo. Deficiencia

de vitamina A y de zinc en la línea de base fue registrado para 1 caso del grupo Manejo usual únicamente y para el seguimiento en 3 niños del grupo Proyecto.

En cuanto la presencia de anemia junto a un diagnóstico de talla baja o al riesgo de esta se encuentra que fue mayor para el grupo Manejo usual en cuanto anemia leve en la línea de base. Esta situación se encuentra descrita en la tabla 5-8.

Tabla 5-8 Talla para la edad, diagnóstico de anemia y déficit de micronutrientes

Línea de base								
Proyecto					Manejo usual			
T/E	Anemia leve	Anemia moderada	Déficit de vitamina A	Déficit de zinc	Anemia leve	Anemia moderada	Déficit de vitamina A	Déficit de zinc
Riesgo de talla baja	7	4	15	--	14	4	8	4
Talla baja para la edad	2	1	6	--	3	0	2	1
Seguimiento								
Proyecto					Manejo usual			
T/E	Anemia leve	Anemia moderada	Déficit de vitamina A	Déficit de zinc	Anemia leve	Anemia moderada	Déficit de vitamina A	Déficit de zinc
Riesgo de talla baja	6	--	7	3	4	4	--	1
Talla baja para la edad	5	--	5	4	1	1	--	--

Análisis de los deltas o diferencias post-pre

Los análisis iniciales de los deltas mediante la prueba de Mann Whitney sugieren que no existe diferencia entre grupos para el delta de hemoglobina ni para el caso de vitamina A. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros de ferritina, transferrina y zinc. En la tabla 5-9 se presentan los deltas por cada parámetro en cada grupo de estudio.

Tabla 5-9 Deltas de parámetros bioquímicos

Variables	Proyecto Mediana (IQR)	Manejo usual Mediana (IQR)	Valor p*
Hemoglobina	0,3 (1,1)	0,55 (1,2)	0,51
Ferritina	3,85 (12,9)	-2,1 (10,9)	0,007*
Transferrina	3,5 (60,5)	-35 (46)	0,006*
Vitamina A	3,1 (7,2)	4,2 (8,5)	0,51
Zinc	-5,2 (20,4)	7,9 (25,2)	0,02*

*valor p <0,05 del test Mann Whitney

Fuente: autores

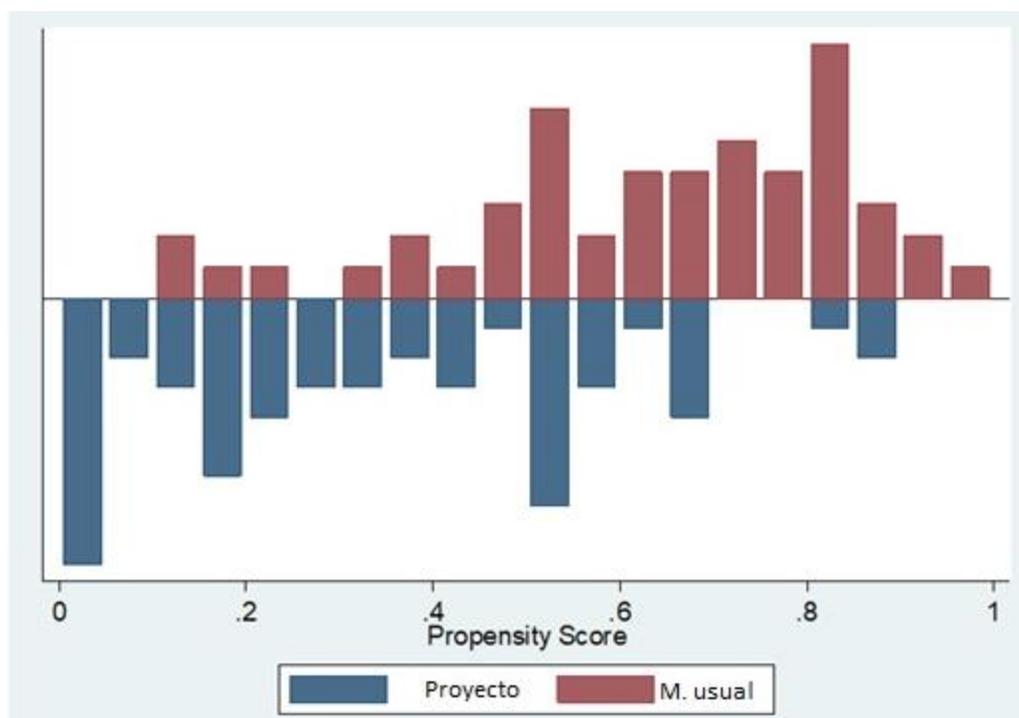
Control de confusión

Se utilizó el *Propensity Score* como alternativa de controlar la confusión por variables sociodemográficas, alimentarias y nutricionales (62).

En la figura 4-2, se presenta las características del modelo de estimación de *Propensity Score* con las mejores características de balance, que muestra que no es suficiente para permitir su uso, y por este motivo se propone utilizar las variables potencialmente confusoras como covariables dentro de una regresión lineal multivariada.

A continuación, se presenta la verificación gráfica de la región de solapamiento entre los grupos obtenidos por emparejamiento por vecino más cercano estipulando la distancia de radio como el 0,2 de la desviación estándar del logit del *Propensity Score* de acuerdo a lo reportado por Austin (63).

Figura 5-2: Región de solapamiento entre grupos después del emparejamiento de Propensity Score



Las variables que en este caso se incluyeron para la estimación del *Propensity Score* corresponden a: NBI, disposición de excretas al alcantarillado, nivel educativo de la persona, edad z-score de IMC, vitamina A, zinc y la interacción de estos dos micronutrientes con el z-score de IMC.

Rubin (64) recomienda que el valor de B sea menor que 25 y que R esté entre 0.5 y 2 para que las muestras se consideren suficientemente equilibradas. En este caso se obtuvo valores de 67.5 y 2.06. Se determina con este estadístico que no hay balance.

Austin (62) recomienda para la comparación de la similitud de los tratados y no tratados en la muestra emparejada, el uso de las diferencias estandarizadas de promedios o proporciones según la naturaleza de la variable. Aunque no hay un consenso universal sobre un criterio para determinar desbalance, se recomienda que dichas diferencias deben ser menor a 0,1. La siguiente tabla presenta las diferencias estandarizadas, en donde se evidencia que se siguen presentando diferencias grandes entre los grupos después del emparejamiento.

Tabla 5-10: Diferencias estandarizadas de las características de línea de base antes y después del emparejamiento de *Propensity Score*.

	Diferencias estandarizadas	
	Crudo	Emparejado
<i>Necesidades Básicas Insatisfechas</i>		
Ninguna	-0,17	0,02
una	0,17	-0,02
<i>Disposición de excretas</i>		
Al alcantarillado	-0,69	-0,12
<i>Nivel educativo</i>		
Básica secundaria	-0,33	-0,04
Media secundaria	0,16	0,06
Técnico o Universitario	0,21	0,12
Edad	-0,23	-0,06
Z score de IMC	0,38	0,01
Z score de IMC*Vitamina A	0,30	0,02
Z score de IMC*Zinc	0,41	0,04
Vitamina A	-0,57	0,18
Zinc	0,23	0,29
Observaciones expuestas Proyecto	50	103
Observaciones expuestas a Manejo usual	53	103
Total de observaciones	103	206

Fuente: autores

Regresión lineal multivariada

La estimación del modelo más parsimonioso se realizó utilizando el método *backward* con el fin de establecer la asociación entre la exposición y los valores del delta de hemoglobina ajustado por potenciales variables confusoras y luego un modelo cuya variable desenlace fueron los valores hemoglobina después de la exposición.

Modelo con variable desenlace delta

El modelo completo se presenta a en la tabla 5-11:

Tabla 5-11: Modelo completo con desenlace delta de hemoglobina

Delta de hemoglobina	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,31	0,53	0,60	0,56	-0,76	1,38
Básica secundaria	0,73	0,76	0,96	0,34	-0,81	2,28
Media secundaria	-0,20	0,38	-0,53	0,60	-0,97	0,56
Técnico o Universitario	0,38	0,56	0,67	0,51	-0,76	1,51
Cumbal	-0,60	0,62	-0,97	0,34	-1,85	0,65
Guachucal	-0,68	0,49	-1,39	0,17	-1,68	0,31
Túquerres	0,00	omitida				
Femenino	-0,15	0,40	-0,38	0,71	-0,97	0,66
Menos de 1 salario mínimo	0,29	0,45	0,63	0,53	-0,63	1,20
Más de 4 salarios mínimos	0,00	omitida				
Acueducto	-0,19	0,79	-0,25	0,81	-1,79	1,40
Energía eléctrica	0,38	0,72	0,53	0,60	-1,07	1,83
Gas	-0,15	0,61	-0,25	0,81	-1,38	1,08
Alcantarillado	0,21	0,76	0,27	0,79	-1,34	1,75
Recolección de basuras	0,82	0,54	1,51	0,14	-0,28	1,92
Hacinamiento crítico	-0,63	0,96	-0,66	0,52	-2,56	1,31
Dependencia económica	-2,64	1,36	-1,93	0,06	-5,40	0,13
Ninguna	-0,97	1,43	-0,68	0,50	-3,87	1,92
Una	-0,05	1,07	-0,05	0,96	-2,23	2,13
Pertenencia étnica: ninguna	1,13	0,95	1,19	0,24	-0,80	3,05
Acueducto con suministro continuo	1,55	1,05	1,47	0,15	-0,58	3,68
Acueducto con suministro intermitente	0,00	omitida				
Pozo con bomba o sin bomba	0,39	1,06	0,37	0,71	-1,75	2,53
Río quebrada manantial	1,22	1,09	1,11	0,27	-1,00	3,43
Ninguno (la usan tal como la obtienen)	-1,64	1,59	-1,03	0,31	-4,87	1,58
La hierven	-0,74	0,81	-0,91	0,37	-2,38	0,90
Aplicación de cloro	0,32	0,50	0,65	0,52	-0,69	1,33
Tierra	-1,35	0,79	-1,70	0,10	-2,96	0,26
Cemento	-0,41	0,65	-0,64	0,53	-1,72	0,90
Baldosa	-0,20	0,59	-0,34	0,74	-1,39	0,99
Madera	-1,14	0,75	-1,51	0,14	-2,66	0,39
Al alcantarillado	-0,11	1,52	-0,07	0,95	-3,18	2,97
A un pozo séptico	0,45	1,63	0,28	0,78	-2,84	3,75

Delta de hemoglobina	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
A un hoyo seco o letrina	-0,87	1,72	-0,51	0,62	-4,36	2,62
Al campo abierto	0,71	1,90	0,37	0,71	-3,15	4,57
Puntaje IDD familiar >7	0,16	0,33	0,48	0,63	-0,51	0,82
Puntaje IDD individual	0,01	0,10	0,09	0,93	-0,20	0,21
Edad1	0,23	0,30	0,77	0,45	-0,37	0,83
Peso	1,02	0,55	1,87	0,07	-0,09	2,13
Talla	-0,31	0,15	-2,15	0,04	-0,61	-0,02
Z score Peso para la edad	-2,56	4,14	-0,62	0,54	-10,96	5,83
Z score Talla para la edad	2,15	2,64	0,81	0,42	-3,20	7,50
Zscore IMC para la edad	0,07	3,48	0,02	0,99	-6,98	7,11
Ferritina	-0,02	0,02	-1,29	0,21	-0,06	0,01
Transferrina	0,01	0,01	1,49	0,14	0,00	0,02
Vitamina a	-0,04	0,02	-1,85	0,07	-0,08	0,00
Zinc	0,01	0,01	0,40	0,69	-0,02	0,03
Z score IMC*FERRITINA	0,03	0,02	1,70	0,10	-0,01	0,06
Z score IMC*TRANSFERRINA	0,00	0,01	-0,67	0,51	-0,02	0,01
Z score IMC*Vitamina A	-0,02	0,01	-1,73	0,09	-0,05	0,00
Z score IMC*Zinc	0,02	0,02	0,90	0,37	-0,02	0,05
constante	17,83	8,04	2,22	0,03	1,54	34,11

Fuente: autores

El tamaño de muestra utilizado por la regresión corresponde a 86 niños. Se obtuvo un modelo reducido (Tabla 5-12), con un valor AIC mayor al modelo completo (280,2 vs. 264,1) y BIC menor (293,5 vs. 384,4) que incluyen las siguientes variables descritas a continuación:

Tabla 5-12: Modelo reducido con desenlace delta de hemoglobina

Delta de hemoglobina	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,11	0,18	0,58	0,56	-0,26	0,47
Talla	-0,02	0,01	-1,90	0,06	-0,04	0,00
Transferrina	0,01	0,001	3,62	0,001	0,001	0,01
Z score de Talla para la Edad	0,25	0,11	2,22	0,03	0,03	0,48
Constante	0,34	1,24	0,27	0,79	-2,12	2,79

Fuente: autores

El tamaño de muestra utilizado por la regresión corresponde a 105 niños. El valor de hemoglobina aumentó en 0,1 g/dL, aunque no es estadísticamente significativo. Las variables asociadas estadísticamente son: transferrina y z score de talla para la edad.

De acuerdo con el factor de inflación de varianza no hay colinealidad. La estimación de los coeficientes de correlación se presenta en la tabla 5-13:

Tabla 5-13: Matriz de correlación de las variables incluidas en el modelo

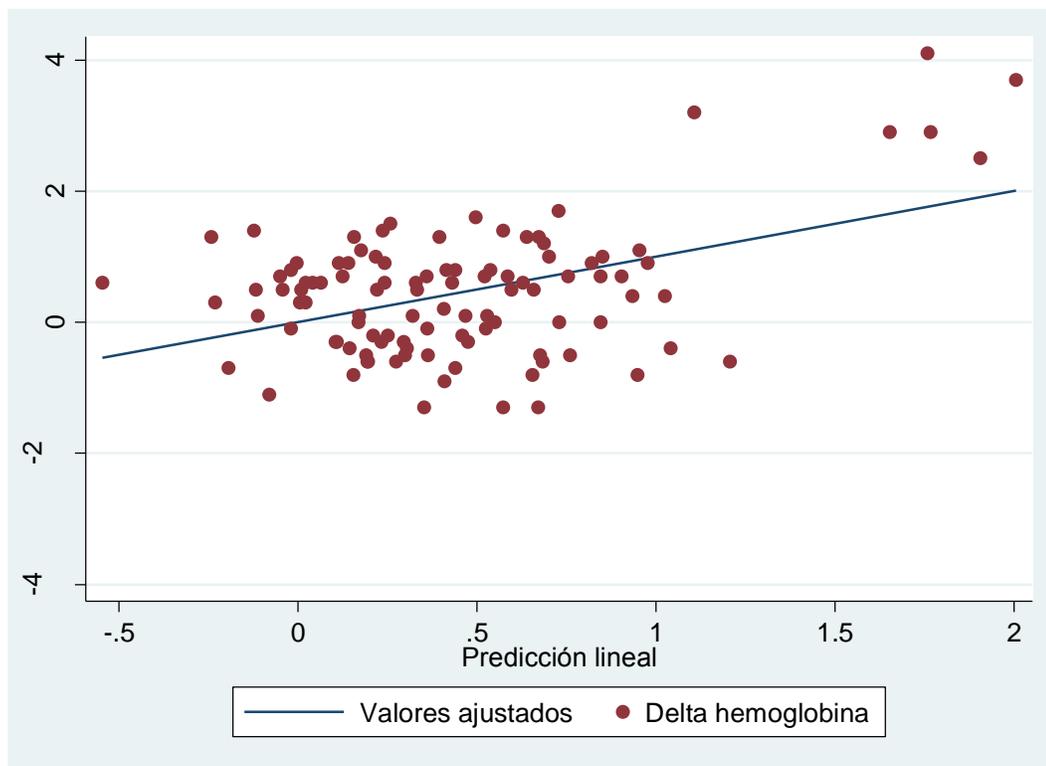
	Delta hemoglobina	Exposición Proyecto	Talla	Transferrina	Z score de IMC
Delta hemoglobina	1				
Exposición Proyecto	-0,0412	1			
Talla	-0,0963	-0,1522	1		
Transferrina	0,0942	-0,1839	-0,205	1	
Z score de IMC	0,0876	-0,1273	0,3245	-0,0004	1

Fuente: autores

Los residuos del modelo presentan distribución normal de acuerdo con la prueba swilk ($p: 0,8$).

Evaluando los valores predichos con los observados gráficamente en la figura 5-3 no se evidencia un patrón de 45° que permita establecer que los valores predichos sean similares a los observados.

Figura 5-3: Valores observados vs. valores predichos modelo reducido delta de hemoglobina

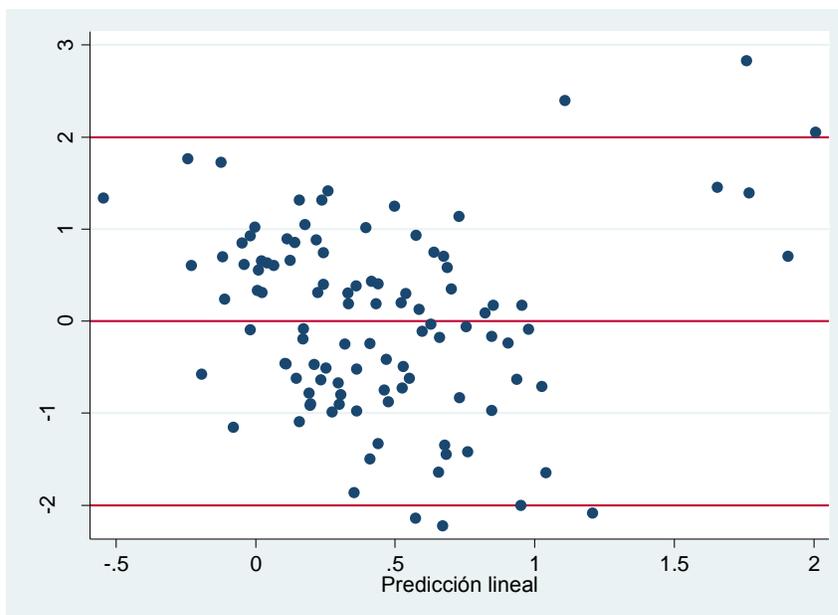


Fuente: autores

Homocedasticidad

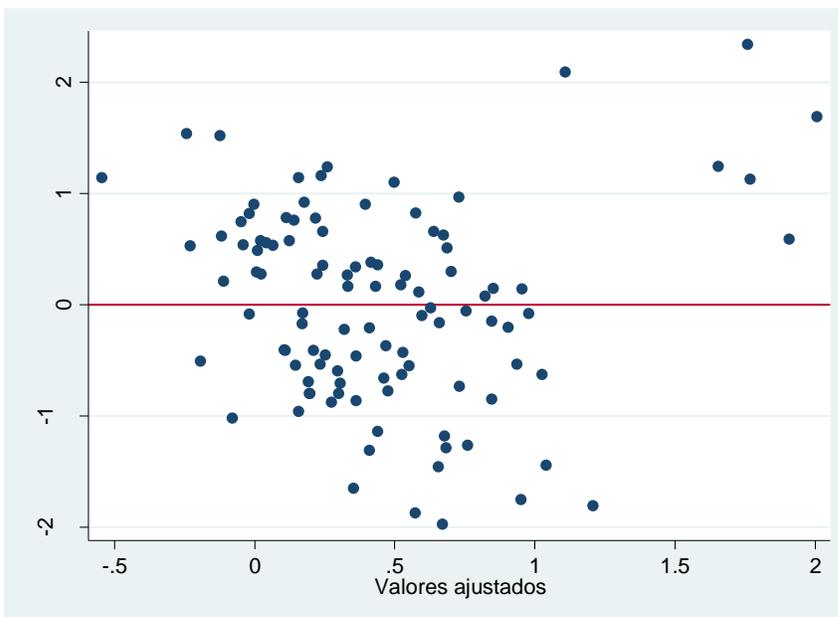
De acuerdo con las figuras 4-4 y 4-5, en conjunto con la interpretación del test Breusch-Pagan/cook-Weisberg ($p=0,0006$), se concluye que los residuales no se presenta homocedasticidad.

Figura 5-4: Valores predichos vs. residuos estandarizados modelo reducido delta de hemoglobina



Fuente: autores

Figura 5-5: Residuales vs. valores ajustados del modelo reducido delta de hemoglobina



Fuente: autores

Especificación del modelo

De acuerdo con el test RESET de Ramsey ($p=0,00001$) en la especificación del modelo se están omitiendo variables y en el test Link se rechaza la hipótesis nula ($p=0,0001$), por lo que el modelo no está correctamente especificado.

Indicadores de influencia

De acuerdo con el estadístico DfFit se determina que los valores influyentes son MAIQ133 CGCC159 JDAC150 LMTT146 KDCT106 JITC055 HAQC070 EECV002 (Ver anexo D).

En cuanto a las distancias de Cook no se encuentran valores influyentes. Así como en cuanto a puntos de apalancamiento o *Leverage*, no se encontraron valores que se consideren influyentes en los coeficientes según este test (Ver anexo D).

De acuerdo con lo anterior, se estimó nuevamente los coeficientes (Tabla 5-14) para el modelo sin tener en cuenta los puntos de alta influencia identificados con los valores del estadístico DfFit.

Tabla 5-14: Modelo reducido sin puntos influyentes.

Delta de hemoglobina	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	-0,16	0,15	-1,01	0,31	-0,46	0,15
Talla	-0,01	0,01	-1,32	0,19	-0,03	0,01
Transferrina	0,00	0,00	0,57	0,57	0,00	0,01
Z score de IMC	0,19	0,10	1,88	0,06	-0,01	0,39
constante	1,40	1,08	1,29	0,20	-0,75	3,55

Fuente: autores

Al omitir los puntos influyentes previamente identificados, la dirección de la asociación de la exposición en los valores de hemoglobina cambia y continúa sin ser estadísticamente significativo.

Modelo con variable desenlace valor de hemoglobina después de la exposición

El modelo completo trabaja la regresión corresponde a 86 niños y se presenta en la tabla 5-15.

Tabla 5-15: Modelo completo con variable hemoglobina post.

Hemoglobina post (g/dL)	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	-0,06	0,42	-0,15	0,88	-0,91	0,79
Básica secundaria	1,13	0,60	1,89	0,07	-0,09	2,35
Media secundaria	-0,05	0,30	-0,18	0,86	-0,65	0,55
Técnico o Universitario	0,50	0,44	1,15	0,26	-0,39	1,39
Cumbal	0,38	0,52	0,74	0,47	-0,67	1,44
Guachucal	0,11	0,42	0,28	0,78	-0,73	0,96
Túquerres	0,00	omitida				
Femenino	-0,29	0,31	-0,91	0,37	-0,92	0,35
Menos de 1 salario mínimo	0,06	0,35	0,17	0,86	-0,66	0,78
Más de 4 salarios mínimos	0,00	omitida				
Acueducto	-0,16	0,61	-0,26	0,80	-1,40	1,09
Energía eléctrica	0,21	0,56	0,38	0,71	-0,93	1,35
Gas	0,77	0,51	1,53	0,14	-0,25	1,80
Alcantarillado	-0,16	0,60	-0,28	0,79	-1,38	1,05
Recolección de basuras	0,51	0,43	1,19	0,24	-0,36	1,38
Hacinamiento crítico	-0,54	0,74	-0,73	0,47	-2,05	0,96
Dependencia económica	-0,62	1,14	-0,55	0,59	-2,93	1,69
Ninguna	-0,28	1,12	-0,25	0,80	-2,56	1,99
Una	0,10	0,84	0,12	0,91	-1,60	1,80
Pertenencia étnica: ninguna	0,90	0,74	1,22	0,23	-0,60	2,41

Acueducto con suministro continuo	1,06	0,82	1,29	0,21	-0,61	2,73
Acueducto con suministro intermitente	0,00	omitida				
Hemoglobina post (g/dL)	Coficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Pozo con bomba o sin bomba	0,57	0,82	0,69	0,50	-1,10	2,24
Río quebrada manantial	1,09	0,85	1,29	0,21	-0,63	2,82
Ninguno (la usan tal como la obtienen)	-1,68	1,24	-1,36	0,18	-4,20	0,83
La hierven	-0,35	0,64	-0,54	0,59	-1,64	0,94
Aplicación de cloro	0,10	0,39	0,25	0,81	-0,69	0,89
Tierra	-0,09	0,67	-0,14	0,89	-1,45	1,26
Cemento	-0,32	0,50	-0,63	0,53	-1,34	0,71
Baldosa	-0,21	0,46	-0,45	0,65	-1,13	0,72
Madera	-0,56	0,60	-0,93	0,36	-1,77	0,65
Al alcantarillado	0,19	1,18	0,16	0,88	-2,22	2,59
A un pozo séptico	0,38	1,27	0,30	0,77	-2,19	2,95
A un hoyo seco o letrina	-0,45	1,35	-0,34	0,74	-3,18	2,28
Al campo abierto	0,77	1,48	0,52	0,61	-2,24	3,78
Puntaje IDDfamiliar >7	0,20	0,26	0,78	0,44	-0,32	0,72
Puntaje IDD individual	0,02	0,08	0,27	0,79	-0,14	0,18
Edad1	0,14	0,23	0,62	0,54	-0,33	0,62
Peso	0,25	0,45	0,55	0,58	-0,67	1,17
Talla	-0,09	0,12	-0,74	0,46	-0,34	0,16
Z score peso para la edad	-3,72	3,24	-1,15	0,26	-10,28	2,84
Z score talla para la edad	2,87	2,06	1,39	0,17	-1,32	7,05
Z score IMC para la edad	0,62	2,71	0,23	0,82	-4,88	6,12
Ferritina	-0,01	0,01	-0,69	0,49	-0,04	0,02
Transferrina	0,00	0,00	0,61	0,55	-0,01	0,01
Vitamina a	-0,02	0,02	-1,19	0,24	-0,05	0,01
Zinc	0,01	0,01	1,36	0,18	-0,01	0,03

Z-score IMC*FERRITINA	0,03	0,01	2,33	0,03	0,00	0,06
Z-score IMC*TRANSFERRINA	0,00	0,01	-0,53	0,60	-0,01	0,01
Hemoglobina post (g/dL)	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Z-score IMC*Vitamina A	-0,01	0,01	-0,96	0,34	-0,03	0,01
Z-score IMC*Zinc	0,02	0,01	1,46	0,15	-0,01	0,05
Hemoglobina basal	0,28	0,14	1,91	0,06	-0,02	0,57
constante	12,89	6,34	2,03	0,05	0,03	25,74

Fuente: autores

Se obtuvo un modelo reducido como se muestra en la tabla 5-16, con 106 niños, un valor AIC mayor que el modelo completo (229,3 vs. 220,8) y BIC menor (343,5 vs. 256) que incluyen las variables descritas a continuación:

Tabla 5-16: Modelo reducido con hemoglobina post

Hemoglobina post (g/dL)	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,01	0,14	0,10	0,92	-0,27	0,29
Gas	0,71	0,33	2,12	0,04	0,05	1,37
Hemoglobina basal	0,34	0,07	5,15	0,00	0,21	0,46
Z score IMC*Zinc	0,02	0,01	2,29	0,02	0,00	0,03
Z score IMC	-1,38	1,13	-1,22	0,22	-3,61	0,86
Zinc	0,00	0,01	0,41	0,69	-0,01	0,01
Z score talla para la edad	0,33	0,85	0,39	0,70	-1,36	2,03
Sexo	-0,29	0,14	-1,99	0,05	-0,57	0,00
Z score peso para la edad	-0,15	1,32	-0,11	0,91	-2,76	2,47
constante	8,23	0,81	10,13	0,00	6,62	9,84

Fuente: autores

Revisando los supuestos en este modelo reducido se halla que existe colinealidad con las variables z score peso para la edad, z score de IMC para la edad y z score de talla para la edad, al igual que la interacción del IMC con valores de zinc, razón por la cual, se decide retirar la primera variable que fue la de mayor colinealidad y

la interacción del modelo y las variables que la componen. El modelo sin estas variables se presenta en la tabla 5-17.

Tabla 5-17. Modelo reducido para hemoglobina post sin variables colineales.

Hemoglobina post (g/dL)	Coeficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,05	0,14	0,38	0,71	-0,23	0,34
Gas	0,74	0,32	2,34	0,02	0,11	1,36
Hemoglobina basal	0,33	0,06	5,41	0,001	0,21	0,45
Z score talla para la edad	0,22	0,08	2,73	0,01	0,06	0,39
Sexo	-0,27	0,14	-1,99	0,049	-0,54	0,001
constante	8,39	0,72	11,67	0,00	6,96	9,81

El tamaño de muestra utilizado por la regresión corresponde a 111 niños. El valor de hemoglobina aumentó en 0,05 g/dL, aunque no es estadísticamente significativo. Las variables asociadas estadísticamente son: tener servicio de gas, el valor basal de hemoglobina, el z score de talla para la edad y el sexo.

Los valores de AIC y BIC corresponden a 245 y 261,2. En este modelo estar en el grupo de expuestos aumenta en 0,05 g/dL el valor de hemoglobina, aunque similar al modelo anterior, para esta variable la estimación no es estadísticamente significativa.

A continuación, en la tabla 5-18 se presentan los valores de correlación para las variables seleccionadas en el modelo reducido:

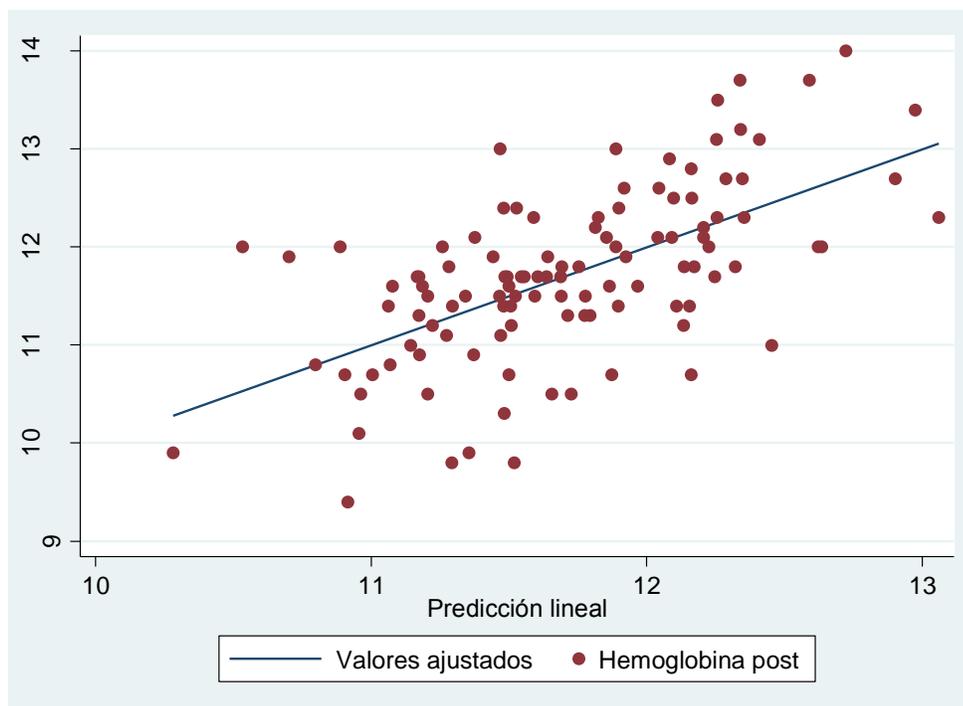
Tabla 5-18: Matriz de correlación para las variables del modelo reducido para hemoglobina post.

	Hemoglobina post (g/dL)	Exposición Proyecto	Gas	Hemoglobina basal	Zscore talla para la edad	Sexo
Hemoglobina post (g/dL)	1					
Exposición Proyecto	0,09	1				
Gas	0,28	0,24	1			
Hemoglobina basal	0,56	0,17	0,22	1		
Zscore talla para la edad	0,29	-0,16	0,09	0,17	1	
Sexo	-0,19	-0,03	0,09	-0,10	-0,11	1

Fuente: autores

En la figura 4-6 se puede observar un patrón 45°, lo que puede sugerir que el modelo especificado predice los valores de hemoglobina.

Figura 5-6: Valores observados vs. valores predichos modelo reducido hemoglobina post

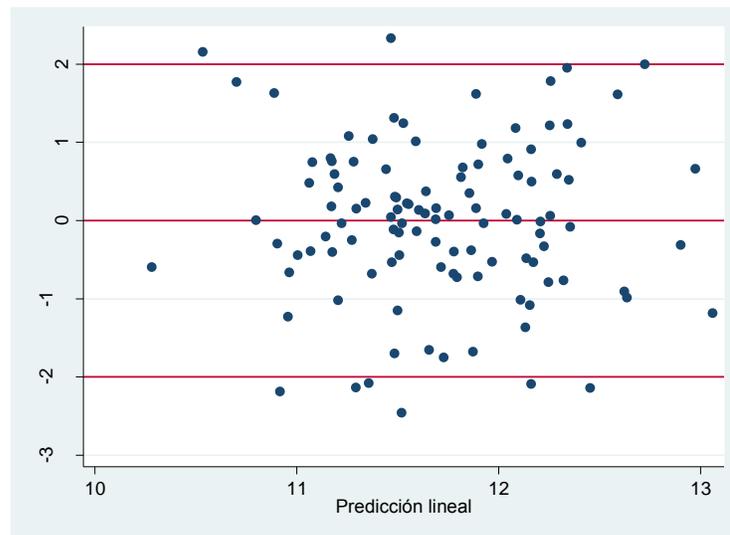


Fuente: autores

- **Homocedasticidad**

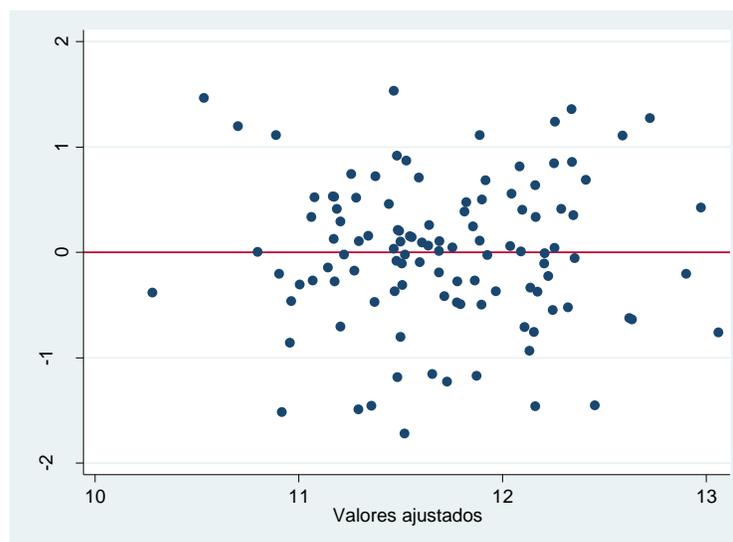
De acuerdo con las figuras 4-7 y a la interpretación del test Breusch-Pagan/cook-Weisberg ($p=0,92$), se determina que no hay heterocedasticidad.

Figura 5-7 Valores predichos vs. residuos estandarizados modelo reducido de hemoglobina post.



Fuente: autores

Figura 5-8: Residuales vs. valores ajustados del modelo reducido de hemoglobina post.



Fuente: autores

Especificación del modelo

De acuerdo con el test RESET de Ramsey ($p=0,46$) no hay variables omitidas en la especificación del modelo de regresión, y según el test *Link* se concluye que el modelo está correctamente especificado al no rechazar la hipótesis nula ($p=0,77$).

Indicadores de influencia

De acuerdo con el estadístico DfFit se determina alta influencia por parte de las siguientes observaciones CGCC159, KDCT106, LVQN124, EVCC054, JITC055, DATC012, HAQC070, JAPT039 y WSCT044 en el modelo de regresión (Ver anexo D). En cuanto a las distancias de Cook no hay observaciones con alta influencia en el modelo general o los valores predichos y tampoco hay puntos de apalancamiento o *Leverage* que se consideren influyentes en los coeficientes de correlación según este test (Ver anexo D).

Se estima nuevamente los coeficientes para el modelo sin tener en cuenta los puntos de alta influencia identificados con los valores del estadístico DfFit. Este modelo se presenta en la tabla 5-19.

Tabla 5-19: Modelo reducido sin observaciones influyentes

Hemoglobina post (g/dL)	Coeficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,04	0,13	0,33	0,74	-0,21	0,29
Gas	0,56	0,32	1,75	0,08	-0,08	1,19
Hemoglobina basal	0,46	0,06	7,53	0,00	0,34	0,58
Zscore talla para la edad	0,18	0,07	2,40	0,02	0,03	0,33
Sexo	-0,26	0,12	-2,15	0,03	-0,50	-0,02
constante	6,83	0,73	9,37	0,00	5,38	8,28

Fuente: autores

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que al omitir los puntos influyentes previamente identificados el tamaño del efecto de la exposición en los valores de hemoglobina disminuye, mantiene la misma dirección y continúa sin ser estadísticamente significativo.

Análisis de sensibilidad sin niños que tomaron suplementos nutricionales

El modelo especificado anteriormente se utilizó excluyendo los niños que tomaron suplemento nutricional, trabajando entonces con 99 observaciones. En este, la magnitud de la asociación con el tratamiento aumenta, aunque sigue sin tener significancia estadística como se puede ver en la tabla 5-20:

Tabla 5-20: Modelo reducido excluyendo niños que consumieron suplementos

Hemoglobina post (g/dL)	Coefficiente	Error estándar	t	Valor p	(IC 95%)	
Exposición Proyecto	0,08	0,15	0,54	0,59	-0,21	0,38
Gas	0,68	0,31	2,15	0,03	0,05	1,30
Hemoglobina basal	0,38	0,06	5,93	0,00	0,26	0,51
Zscore talla para la edad	0,18	0,09	2,04	0,05	0,00	0,35
Sexo	-0,35	0,14	-2,41	0,02	-0,64	-0,06
constante	7,75	0,76	10,20	0,00	6,25	9,26

Fuente: autores

Adherencia

En el presente estudio, la adherencia reportada fue del 90,2% para el grupo de expuestos y 80,1% para el grupo de no expuestos, La mediana de sobres consumidos fue 90 para los no expuestos y 120 para los expuestos.

6. Discusión

En cuanto a la anemia se determinó una reducción en su prevalencia para ambos grupos, principalmente de anemia moderada. En el grupo Proyecto pasó de tener 10,7% de anemia moderada a tener 3,6% al final del estudio y de 17,9% de anemia leve a tener 21,4%. La exposición no demostró tener un impacto estadísticamente significativo en la mejoría de los niveles de hemoglobina al final del estudio y las diferencias del delta de hemoglobina como variable continua no tuvieron diferencia entre los grupos. El delta de hemoglobina obtenido para el grupo Proyecto fue de 0,3 y para el grupo Manejo usual de 0,55.

Estos resultados son similares a lo reportado por Osei en un estudio aleatorizado por clúster (51), en el cual se analizó de 306 niños de 6-9 meses de edad que se llevó a cabo en zonas rurales de Nepal, para evaluar si la administración de MNP, adicional a un programa de producción doméstica de alimentos *Enhanced Homestead Food Production Programme* (EHFP) diseñado para incrementar la producción y el consumo de los vegetales, frutas, y productos animales a través de jardines domésticos -homegardens, aves de corral, y respaldado con *Behavioural Change Communication* (BCC): comunicación comprensiva del cambio de comportamiento para una ingesta dietética mejorada, que podría conducir a una mayor reducción de la anemia en comparación con sólo EHFP o vs. ninguna intervención. El consumo de MNP fue de dos entregas de 60 sobres para un consumo flexible al inicio y 6 meses más tarde, para un período total de 11 meses. Aunque no fueron estadísticamente significativas las diferencias entre diferencias del promedio de hemoglobina ni la frecuencia de anemia entre los grupos, se reportó que hubo un incremento en los valores de hemoglobina, siendo mayor en el grupo EHFP + MNP al compararse con el control y con el grupo de EHFP.

Inayati (46) en su estudio, donde se compara niños entre ≥ 6 a < 60 meses a quienes se les asignó aleatoriamente por clúster para recibir INE (educación nutricional intensiva), o INE+MNP, o NNE (no educación nutricional intensiva) o NNE+MNP, quienes consumían MNP

lo hacían con una frecuencia de un sobre al día y con una duración variable ya que dependía hasta el momento que el niño saliera del programa de acuerdo a unos criterios estipulados de antropometría (INE+MNP: 35 ± 14 días y NNE+MNP: 83 ± 19 días), reporta que la prevalencia de anemia disminuyó significativamente en el INE + MNP (64,3% a 35,7%; $p < 0,001$) y el grupo INE (62,3% hasta 37,7%; $p < 0,001$), pero no de forma significativa en NNE + MNP (53,7% a 51,2%) y NNE (63,6% a 56,8%). En cuanto los niveles de hemoglobina, se observó que hubo un incremento en el grupo INE, INE+MNP seguido por NNE+MNP, en los grupos de MNP con significancia estadística, con lo cual los autores sugieren que la intervención con MNP tendría resultados óptimos con adecuados mensajes educativos, posiblemente por la baja adherencia a los MNP en ausencia de dicha educación.

Un estudio realizado también en Colombia (47) cuyo objetivo era evaluar la efectividad de una intervención integrada de desarrollo temprano del niño, se compararon 4 grupos: estimulación psicosocial, MNP, la combinación de las dos anteriores y un grupo control. Dentro de los dos grupos con MNP se hizo educación en el uso de este tipo de fortificación de MNP, en el grupo de ambas intervenciones se realizó en el marco del programa de estimulación psicosocial, lo que permitió un contacto más frecuente con dichas familias. Los MNP eran entregado cada quince días para consumir un sobre diario por 18 meses. Entre los desenlaces principales estaban relacionados al lenguaje, desarrollo motor, crecimiento y niveles de hemoglobina de los niños entre 1 y 2 años de diferentes departamentos del país. Luego de un seguimiento de 18 meses, no se encontró un efecto significativo de los MNP sobre la hemoglobina, los investigadores atribuyen este resultado a un probable reporte de cumplimiento de MNP poco preciso, o la posibilidad de que altos niveles de anemia de las características basales no se relacionaran a deficiencia de micronutrientes sino a otros factores, como por ejemplo infecciones crónicas y hemoglobinopatías (47), y también se hace referencia al grupo de edad del estudio, se incluyeron a partir del primer año y no a partir de los 6 meses donde posiblemente sea más efectiva la intervención (65).

En el presente estudio, la distribución de frecuencia por rangos de edad es menor para el grupo de niños más pequeños y en menor proporción pertenecientes a Proyecto: 5,4% vs. 10,7%. Aproximadamente la mitad (51,8%) de la población de este grupo son menores de 3 años y para el caso de Manejo usual corresponde ser el 42%, por lo que resulta ser

similar, a pesar de que en Manejo usual es ligeramente mayor la frecuencia de niños mayores de 3 años.

En cuanto al reporte de adherencia cabe la posibilidad de que no sea preciso dado al sesgo que pudo presentarse al reportarse la información por parte de las familias al tratar de responder correctamente a las profesionales. Aun así, la falta de adherencia en el grupo de los no expuestos pudo haber ocurrido por el insuficiente acompañamiento y resolución de dudas oportunamente, ya que quienes lo suspendían, lo hacían generalmente por efectos secundarios usuales de este tipo de fortificación: episodios de diarrea, estreñimiento o por cambios físicos en los alimentos como cambio de sabor o aversión hacia ciertos alimentos, situaciones que pueden ser evitadas siguiendo recomendaciones pertinentes en cuanto a manejo de tiempos y diversificación de alimentos usados para la administración de los micronutrientes.

Otro estudio donde se compararon dos grupos de niños de 6 meses: educación de alimentación de lactantes y niños pequeños junto a MNP ofrecidos diariamente por 6 meses, y el control solo de educación, reporta reducción estadísticamente significativa en la prevalencia de anemia en 20,6% a los 12 meses y específicamente en anemia moderada se reportó una reducción del 27,1% del grupo intervención comparado con el control. En cuanto a la deficiencia de hierro se ha descrito que en seguimientos de 12 meses la prevalencia se redujo en 23,5% y en 11,6% de diferencia a los 18 meses (48). En ese estudio, la prevalencia de deficiencia de hierro (determinada por ferritina) es baja a los 6 meses e incrementa a los 12 meses al igual que en otros estudios, comportamiento atribuido al aumento de requerimientos y la disponibilidad insuficiente hierro en alimentos no lácteos (48).

Uno de los aspectos a tener en cuenta y por el cual puede explicarse que la hemoglobina a diferencia de la ferritina y transferrina no haya dado diferencias significativas, es el tiempo de vida de los diferentes parámetros: los eritrocitos tienen una vida media de 120 días, mucho mayor a la transferrina (8-10 días) y ferritina (5h), por lo cual puede que la hemoglobina, como tal, no haya demostrado un aumento por el hecho de estar dando cuenta de su estado 4 meses atrás.

En ambos grupos se presentó deficiencia de ferritina y anemia leve en 2 casos para cada grupo en el seguimiento, y 1 caso por grupo para anemia moderada. Es decir, que la anemia relacionada por déficit de hierro con este indicador es de baja frecuencia.

Para el caso de anemia y déficit de transferrina se halla que para Manejo usual hay 1 caso que tiene valores inferiores a los esperados de transferrina y presenta anemia moderada, para Proyecto no se reportan casos con déficit de transferrina y anemia. En la línea de base los valores elevados de transferrina se presentan en el grupo Manejo usual, 3 casos con anemia moderada.

En cuanto a las proporciones en las categorías de diagnóstico de anemia, se puede observar que la frecuencia de no tener anemia aumenta en ambos grupos y con mayor proporción en el grupo de no expuestos, la prevalencia de anemia leve es el doble en el grupo de no expuestos frente a los expuestos en la línea de base y en el seguimiento, dicha proporción en el primer grupo desciende de manera importante (lo cual puede estar relacionado al aumento de proporción en la categoría sin anemia) y en el segundo grupo se incrementa ligeramente. En cuanto a la anemia moderada, en el grupo Manejo usual se mantiene su frecuencia, mientras que en el caso del grupo Proyecto disminuye, posiblemente lo que puede explicar el incremento de anemia leve.

Estos cambios, a pesar de que como variable continua la hemoglobina no tenga diferencias estadísticamente significativas, puede sugerir que existe una importancia clínica tras la exposición.

Por otra parte, la dieta en los hogares del grupo Proyecto reporta ser más diversa que los hogares del grupo Manejo usual, dicha diversidad teóricamente refleja que se están incluyendo más grupos de alimentos y por lo tanto alimentos fuente de diferentes nutrientes. El puntaje de diversidad de dieta en el hogar da cuenta del acceso a los alimentos (66) y de acuerdo con esto, se esperaría que el grupo Proyecto tuviera mejores niveles en sangre de los micronutrientes estudiados.

Específicamente por grupo de alimentos, a nivel individual, se refleja que los niños que consumen alimentos fuentes de hierro y zinc como carnes son apenas el 35,7% para Proyecto superior a Manejo usual con un 26,8%; principalmente estos alimentos no eran incluidos por falta de acceso económico, ya que se reportaba que se consumía

generalmente 1 vez a la semana o con menor frecuencia. Sin embargo, es común que sea reemplazado por el consumo de huevo, el cual fue similar entre grupos.

Otras fuentes de hierro y vitamina A, como las hojas de color verde oscuro, era consumido por parte del grupo Proyecto por el doble que lo reportado el grupo Manejo usual. A pesar de que la forma química del hierro en este tipo de alimentos sea menos biodisponible que los alimentos de origen animal, se considera una fuente importante por el acceso que esta población tiene a este tipo de alimentos, ya sea porque lo cultivan en su hogar, lo intercambian o son más económicos. Los tubérculos y verduras ricas en vitamina A se consumieron más frecuentemente en Proyecto que en Manejo usual, siendo el caso opuesto para las frutas ricas en vitamina A. En la categoría de otras frutas y otras verduras, en el grupo Proyecto fueron donde se encontraron mayores frecuencias, siendo especialmente mayor en el caso de las verduras. Sin embargo, los valores en sangre de hierro, vitamina A y zinc pudieron haber sido afectados por otras causas distintas al déficit en su ingesta alimentaria.

Para el caso del retinol, la frecuencia de diagnóstico de deficiencia disminuyó para ambos grupos y la mediana para ambos grupos aumentó, sin diferencias estadísticamente significativas. Puede que las concentraciones de este nutriente hayan sido afectadas por infecciones, deficiencia de otros micronutrientes como el zinc, desnutrición grave o proteico calórica, que reducen los niveles circulantes de dicha vitamina (31).

En nuestra muestra, después de la exposición, se presentó infección (niveles de PCR altos) en el 18% del total Proyecto y el 14% del total del grupo de Manejo usual, siendo en el primer grupo diagnosticados con déficit de vitamina A el 60% y en el segundo grupo ningún caso. En cuanto a la deficiencia de zinc, el 33% de los casos también presentaban deficiencia de retinol en el grupo Proyecto, el único caso reportado para el grupo Manejo usual no presentó deficiencia de retinol paralelamente. Por otra parte, la desnutrición crónica se presentó simultáneamente en el 42% de los casos de deficiencia de vitamina A, el único caso de deficiencia de este micronutriente en el grupo de Manejo usual presentó talla adecuada para su edad.

De acuerdo con lo anterior, estos factores alternos se presentaron con mayor frecuencia en el grupo Proyecto, lo cual posiblemente pudo haber afectado el impacto nutricional de la exposición en estos indicadores.

Jack reportó en su estudio, que para vitamina A y zinc las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre grupos de estudio (48). A pesar de que la prevalencia de deficiencia de zinc era alta en la línea de base de este estudio se da una baja respuesta en este parámetro, aunque consistente a otros resultados reportados para estudios cereales fortificados con este mineral (48). Nuestros resultados para este mineral no fueron consistentes entre grupos.

Para el caso del zinc, no se presentaron niños con deficiencia en la línea de base en el grupo de expuestos, en el caso del grupo no expuestos se presentó en el 13%, contrario a la prevalencia esperada según registros de la ENSIN 2010, donde se reporta una cifra cerca del 43% para este tipo de deficiencia. Paradójicamente, para la segunda medición en el grupo de expuestos se presentó una cifra más alta de déficit de zinc y caso contrario en el grupo control donde disminuyó. Esta situación posiblemente pudo estar determinada por una distribución de condiciones de salud de manera diferente entre grupos, por ejemplo, de infecciones, ya que, de manera similar al retinol, también pueden disminuir las concentraciones de este micronutriente hasta un 10% (32). En este estudio, la deficiencia de zinc reportada después de la exposición en niños con PCR alta fue del 30% en el grupo Proyecto, mientras que en el grupo control no se reportó ninguno.

Otro factor que posiblemente pudo afectar los valores de micronutrientes en especial de zinc y de hierro es la posible parasitosis que pudieron haber tenido los niños, ya que la asociación entre estas y la deficiencia de micronutrientes ha sido reportada (67). Se han descrito distintos mecanismos por los cuales pueden ocurrir: utilización de los tejidos del hospedero como alimento, malabsorción y competencia, por ejemplo con la vitamina A (67). La ingesta insuficiente de estos nutrientes puede aumentar la susceptibilidad de padecer parasitosis y así mismo, el déficit de micronutrientes puede desarrollarse también como consecuencia de la parasitosis, ya que se ha referenciado que puede causar pérdida de apetito y otros síntomas gastrointestinales como diarrea (67).

Se ha reportado que en niños prescolares infectados con helmintos sus niveles de hierro, zinc y vitamina A eran significativamente más bajos que aquellos que no tenían parásitos (67). A pesar de que dentro de la estrategia de fortificación se resaltó que debía cumplirse con la desparasitación, y por su parte, el personal del Proyecto indagó a cada una de las madres o acudiente sobre este tema cuando eran entregados los sobres de MNP, cabe la posibilidad de que los padres en ambos grupos no la hayan cumplido o que se haya realizado con una frecuencia insuficiente. A pesar de que dentro de la información recolectada no se haya medido esta condición, debe considerarse que relacionado a esto el grupo Manejo usual tiene mejores condiciones de salubridad en cuanto a la recolección de basuras, y disponibilidad de alcantarillado para la disposición de excretas, lo cual hace más probable para el grupo Proyecto haber presentado esta condición.

La OMS recomienda la fortificación con MNP “para mejorar la dotación de hierro y reducir la anemia en lactantes y niños de 6 a 23 meses de edad”, al igual que se ha referido que los MNP son eficaces para el tratamiento de anemia (37).

El aporte de hierro, zinc y vitamina A de una dosis de MNP corresponde a 12,5 mg, 5 mg y 300 µg. Según los requerimientos de nutrientes establecidos para la población colombiana (68), en el caso del hierro la dosis supera el EAR y RDA para lactantes mayores a 7 meses y niños entre 1 a 8 años, a excepción del RDA de los niños entre 4 y 8 años (15mg/día). La dosis de vitamina A está por debajo de la AI de los lactantes (500 µg/día ER), y RDA de los niños entre 4 y 8 años (400 µg/día ER respectivamente), pero por encima del EAR de los niños entre 1 y 3 años, y niños entre 4 y 8 años (210 y 275 µg/día ER). Para el zinc, la dosis de MNP está por encima de todos los requerimientos de lactantes y niños de estas edades (entre 2 y 4 mg/día).

Los valores basales de los parámetros fueron diferentes para los valores de hemoglobina, que era mayor en el grupo Proyecto (11,7 vs. 11,2), y vitamina A (20 vs. 24,8) donde se presentó una mediana mayor en el grupo Manejo usual, siendo esta última estadísticamente significativa. Para ferritina y transferrina los valores eran mayores en Manejo usual (25,2 y 277), contrario para el caso de zinc (84,2 para Proyecto vs. 80,6). Estos valores basales fueron tenidos en cuenta dentro del modelo de regresión lineal, disminuyendo su efecto en los valores posteriores a la exposición.

Debe tenerse en cuenta que el tiempo de la estrategia de fortificación casera no fueron los mismos ya que por aspectos administrativos, se observó que en el grupo Manejo usual los sobres de la fortificación no fueron entregados a los seis meses sino en meses posteriores o no entregados, diferente al caso del grupo de expuestos a quienes se les entregaron las dosis en los tiempos estipulados. La mayoría de los niños (73%) del total de la muestra recibieron 120 sobres, gran parte de los cuales pertenecían al grupo de Proyecto, seguido a esto, el 21% del total de niños recibieron únicamente 60 dosis (19 para el grupo de no expuestos y 4 del grupo de expuestos). La situación anterior puede sugerir que la ejecución de estrategias de este tipo de fortificación utilizando plataformas como este Proyecto de SAN, podría garantizar que las comunidades las reciban de manera oportuna cumpliéndose los protocolos establecidos internacionalmente buscando la efectividad descrita para este tipo de intervenciones.

Se debe tener en cuenta que no hubo posibilidad de contaminación entre grupos, ya que se indagó explícitamente si conocían sobre el Proyecto de *Papas más nutritivas* en el grupo Manejo usual y ninguno de ellos mencionó hacerlo.

Al no ser un estudio aleatorio, se intentó controlar la confusión con información de variables sociodemográficas y alimentarias. Sin embargo, se presentaron dificultades para lograr una región de soporte óptima entre los grupos, lo cual pudo deberse al tamaño de muestra, que posiblemente no es suficiente para lograr un emparejamiento adecuado.

Es importante tener en cuenta que al trabajar con familias vinculadas a un Proyecto que requiere tiempo, organización y empoderamiento de las temáticas relacionadas a la agricultura y la SAN es posible que presenten características particulares, por ejemplo, dentro del grupo Proyecto se pudo determinar que hay mayor cantidad de madres o acudientes con niveles educativos superiores (educación media, técnico y profesional), contrario a lo que sucedió en el grupo Manejo usual, siendo una posibilidad, que por esta razón, las madres hayan sido más conscientes de los beneficios de ser adherentes a los MNP y a las actividades propuestas dentro del Proyecto.

En cuanto al estado nutricional, en el grupo de Proyecto de base tenían mayor prevalencia de retraso en el crecimiento (39,3% vs. 19,6%) y exceso de peso (riesgo de sobrepeso

26,8% vs. 14,3%) variables que pudieron influir en la utilización de los micronutrientes y favoreciendo la frecuencia de enfermedades durante el periodo de exposición. Teniendo en cuenta lo anterior, y junto a las condiciones de ruralidad y servicios públicos en la vivienda, de las familias en el grupo de Proyecto, se considera que hay situaciones de mayor vulnerabilidad haciendo más susceptible a déficits y enfermedades. En este contexto es probable que la intervención haya sido un factor que evitó que este grupo empeorara sus condiciones de salud a pesar de estar en una situación menos favorable frente al grupo de Manejo usual.

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentra que el tamaño de muestra limitó los análisis propuestos. El poder estimado con $\delta = 0.19$, obtenido con los datos obtenidos de este estudio (Proyecto+ Manejo usual $n=56$; diferencia $0.3\text{g/dL} \pm 1.1$ y MNP $n=56$; diferencia $0.55\text{ g/dL} \pm 1.2$) corresponde al 20%, fue menor a lo estimado posiblemente debido a que el delta obtenido en esta muestra fue más pequeño y la variabilidad fue mayor respecto a la información utilizada reportada por la literatura. Por otro lado, no se midieron variables como lactancia materna, suplementación de la madre en el embarazo, hemoglobinopatías y otras enfermedades, las cuales no pudieron ser controladas en el análisis.

7. Conclusiones

En general, los participantes del estudio fueron niños que habitaban áreas rurales, predominantemente autoreconocidos como indígenas y con condiciones económicas limitadas, según el ingreso familiar reportado y algunas condiciones de la vivienda. En cuanto a la dieta se encontró que hay mayor diversidad en el grupo Proyecto posiblemente promovida por las acciones de la estrategia *Shagras para la vida* al permitir acceso y disponibilidad de los alimentos, y promover especialmente el consumo de frutas y verduras en preparaciones tradicionalmente aceptadas. En ambos grupos se encontró que hay riesgo de riesgo de talla baja para la edad evidenciando un problema de déficit calórico proteico crónico.

En este estudio, los valores de hemoglobina aumentaron en ambos grupos después de la exposición, al comparar entre grupos no se encontró una diferencia de hemoglobina estadísticamente significativa. Sin embargo, en cuanto a las categorías de diagnóstico de anemia se evidenció mejoría en cuanto al aumento de proporción de niños sin anemia y en el grupo de Proyecto específicamente, disminución de la anemia moderada.

En relación con los otros parámetros bioquímicos se encuentra que hay resultados diferentes entre ellos; para el grupo Proyecto, los niveles séricos aumentaron al final del estudio a excepción del zinc. En el grupo Manejo usual se aumentaron los niveles de vitamina A y de zinc. Las diferencias fueron estadísticamente significativas para ferritina, transferrina y zinc. De igual manera, se evidenció una disminución en la deficiencia de ferritina y retinol para el grupo Proyecto, igual para el grupo Manejo usual junto al zinc.

En el grupo de Proyecto se logró una mayor adherencia frente al grupo Manejo usual, lo cual puede sugerir que este tipo de proyectos en la comunidad pueden ser un medio por el cual se puedan desarrollar estas estrategias de fortificación, que permita no solo educar a la comunidad sino también hacer un acompañamiento que permita un mejor cumplimiento y obtener el beneficio esperado.

Es posible que uno de los aspectos que pudo haber limitado encontrar significancia estadísticamente significativa y usar los análisis propuestos inicialmente, es el tamaño de muestra, por lo que se recomienda en futuros estudios emplear tamaños de muestra más grandes. Otra limitación importante es la entrega atrasada en tiempos al grupo Manejo usual, por lo cual los resultados obtenidos pudieron ser afectados por dicha situación

8.Recomendaciones

Se recomienda realizar futuros estudios experimentales donde se incluyan acciones que intervengan sobre diferentes componentes de la SAN, pues a pesar de que como estrategia profiláctica la fortificación de micronutrientes sea una alternativa para asistir lo nutricional de manera importante, no es suficiente. Se propone entonces, contribuir a diferentes aspectos, especialmente desde la promoción de una dieta diversa, donde se eduque a las personas a la importancia del consumo de todos los grupos de alimentos, lo que permite ofrecer tanto a niños como al resto de la familia, los nutrientes necesarios en cantidad y calidad.

Lo anterior, debe acompañarse de igual manera del hecho de garantizar el acceso a los alimentos y a condiciones de salud que permitan la utilización biológica de estos macro y micronutrientes, por ejemplo, el acceso al agua potable y adecuadas alternativas de disposición de excretas entre otros.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, y resaltando que el problema de la inseguridad alimentaria y nutricional no se limita a asistir temporalmente, se recomienda realizar este tipo de estrategias de fortificación casera vinculadas a Proyectos que a través de la educación, acompañamiento e integralidad de sus acciones (orientadas a ser sostenibles en el tiempo) permitan una mayor adherencia, mejor uso las mismas y empoderamiento de las comunidades para que ellas mismas gestionen, lideren y permitan que estos esfuerzos sean sostenibles en el tiempo.

9. Bibliografía

1. León A, Moreno C, Ochoa L, Velosa Y. Estrategia Nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014-2021. Minist Salud y Protección Soc [Internet]. 2015;53(9):1689–99. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Estrategia-nacional-prevencion-control-deficiencia-micronutrientes.pdf>
2. Chacón Barliza OA, Gordillo ÁM. Construyendo caminos hacia la garantía de la seguridad alimentaria y nutricional en Colombia. 10 años Obsan. 2016. 170 p.
3. Universidad Nacional de Colombia; McGill University. Proyecto Papas más nutritivas [Internet]. Universidad Nacional de Colombia. Available from: <http://www.papasmasnutritivas.unal.edu.co/>
4. Contreras M. Map of Municipalities participating in the study 'Improving potato production as a food security contribution of native communities in Nariño, Colombia' [Internet]. 2014. Available from: http://file.scirp.org/Html/7-2701306_49218.htm
5. Departamento Nacional del Planeación. Fichas de caracterización territorial Nariño [Internet]. Departamento Nacional del Planeación-Gobierno de Colombia. 2017 [cited 2001 Aug 20]. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#!/perfiles>
6. Gobernación de Nariño. Plan Participativo de Desarrollo Departamental "Nariño Corazón del Mundo" 2016-2019. In: Plan de Desarrollo Departamental de Nariño [Internet]. 2016. p. 255. Available from: https://xn--nario-rta.gov.co/inicio/files/PlanDesarrollo/Plan_de_Desarrollo_Narino_Corazon_del_Mundo_2016-2019.pdf
7. Instituto Departamental de Salud de Nariño. ASIS Nariño 2017. Análisis de la situación de salud del departamento de Nariño con el modelo de los determinantes sociales. 2017;347. Available from: http://idsn.gov.co/site/web2/images/documentos/epidemiologia/asis/ASIS_Departamento_2017_Nariño.pdf

-
8. Departamento Nacional del Planeación. Fichas de caracterización territorial Cumbal [Internet]. Departamento Nacional del Planeación-Gobierno de Colombia. 2017. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>
 9. Alcaldía Municipal de Cumbal Nariño. Alcaldía Municipal de Cumbal Nariño [Internet]. 2018 [cited 2018 Jan 10]. Available from: <http://www.cumbal-narino.gov.co/>
 10. Departamento Nacional de Planeación., Gobierno de Colombia. TerriData. Sistema de estadísticas territoriales. [Internet]. 2018 [cited 2018 Jan 20]. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#/>
 11. Alcaldía municipal de Cumbal. Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019. :461.
 12. Departamento Nacional del Planeación. Fichas de caracterización territorial Guachucal [Internet]. Departamento Nacional del Planeación-Gobierno de Colombia. 2017 [cited 2001 Aug 20]. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>
 13. Alcaldía Guachucal. Plan de desarrollo municipal Guachucal 2012-2015. 2012.
 14. Departamento Nacional del Planeación. Fichas de caracterización territorial Carlosama [Internet]. Departamento Nacional del Planeación-Gobierno de Colombia. 2017. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>
 15. Concejo Municipal Cuaspud Carlosama. Plan de Desarrollo Cuaspud- Carlosama 2016-2019.
 16. Alcaldía Cuaspud Nariño [Internet]. 2012. Available from: http://www.cuaspud-narino.gov.co/informacion_general.shtml
 17. Departamento Nacional del Planeación. Fichas de caracterización territorial Túquerres [Internet]. Departamento Nacional del Planeación-Gobierno de Colombia. 2017 [cited 2001 Aug 20]. Available from: <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>
 18. Alcaldía Municipal de Túquerres. Alcaldía Municipal de Túquerres en Nariño [Internet]. 2018 [cited 2018 May 1]. Available from: <http://www.tuquerres-narino.gov.co/Paginas/default.aspx#modal-custom>
 19. FAO. Minerales. In: NUTRICIÓN HUMANA EN EL MUNDO EN DESARROLLO [Internet]. N° 29. Roma: Colección FAO: Alimentación y nutrición; 2002 [cited 2017

- Jun 20]. Available from:
<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0e.htm#TopOfPage>
20. Rodak FB. Hematología: fundamentos y aplicaciones clínicas. 2a ed. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana; 2004. 884 p.
 21. Del Castillo Rueda A, De Portugal Alvarez J. Hpcidina , una nueva proteína en la homeostasis del hierro. *An Med Interna*. 2003;20(12):605–6.
 22. Forrellat, Fernández Delgado N, Hernández Ramírez P. Regulación de la hepcidina y homeostasis del hierro: avances y perspectivas Regulation of hepcidin and iron homeostasis: progress and prospects. *Rev Cuba Hematol*. 2012;28(4):347356.
 23. De Luis Román D, Bellido Guerrero D, García Luna PP. Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo. Ediciones Díaz de Santos; 2012. 914 p.
 24. OMS. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. In Ginebra; 2011. p. 1–7. Available from:
http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglob in_es.pdf
 25. Matarese LE, Gottschlich MM. Nutrición clínica práctica. Segunda Ed. Madrid, España: Elsevier España; 2004. 805 p.
 26. Organización Mundial de la Salud OMS. Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones [Internet]. Ginebra; 2011. Available from: http://www.who.int/vmnis/indicators/serum_ferritin_es.pdf
 27. CDC Centers for Disease Control and Prevention. Iron-status indicators. In: Department of Health and Human Services, editor. National Report on Biochemical Indicators of Diet and Nutrition in the US Population 1999-2002 [Internet]. Atlanta, Georgia; 2008. p. 73–88. Available from: https://www.cdc.gov/nutritionreport/99-02/pdf/nutrition_report.pdf
 28. United Nations Children’s Fund United Nations University, World Health Organization. Iron Deficiency Anaemia Assessment, Prevention, and Control A guide for programme managers. 2001. 114 p.
 29. FAO. Vitaminas. In: NUTRICIÓN HUMANA EN EL MUNDO EN DESARROLLO [Internet]. 29th ed. Roma: Colección FAO: Alimentación y nutrición; 2002 [cited 2017 Jun 20]. Available from:

- <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm#TopOfPage>
30. Devlin TM. Bioquímica: libro de texto con aplicaciones clínicas. Reverte; 2004. 1216 p.
 31. Organización Mundial de la Salud OMS. Concentraciones en suero de retinol para establecer la prevalencia de la carencia de vitamina A a escala poblacional [Internet]. Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales. 2011. Available from: http://www.who.int/vmnis/indicators/retinol_es.pdf
 32. Gil Á. Tratado de nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la nutrición. Madrid, España: Ed. Médica Panamericana; 2010. 963 p.
 33. Allen L, Benoist B de, Dary O, Hurrell R. Guidelines on Food Fortification With Micronutrients [Internet]. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, editor. 2006. 341 p. Available from: http://www.unscn.org/layout/modules/resources/files/fortification_eng.pdf
 34. MINSALUD. Guía práctica para el uso de los Micronutrientes en Polvo. Documento adaptado de la Guía Práctica para la Fortificación Casera con Micronutrientes en Polvo. Chispitas Nutricionales. Programa Mundial de Alimentos - en el marco del convenio 910 de 2013 MSPS [Internet]. Available from: <http://www.emssanar.org.co/contenidos/temporal/CONTENIDOS/27septiembre2016/GUIA PRACTICA USO DE MICRONUTRIENTES EN POLVO.pdf>
 35. OMS. Directriz: Uso de micronutrientes en polvo para la fortificación domiciliaria de los alimentos consumidos por lactantes y niños de 6 a 23 meses de edad [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2012. 1-35 p. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/101016/9789243502045_spa.pdf;jsessionid=0A4C599BC8A028BB17D8B87D96BF24?sequence=1
 36. ACCIÓN CONTRA EL HAMBRE; Prevención y Tratamiento de la Desnutrición y Deficiencia de Micronutrientes en Colombia [Internet]. 2017. Available from: <https://www.accioncontraelhambre.org/es/prevencion-y-tratamiento-de-la-desnutricion-y-la-deficiencia-de-micronutrientes-en-colombia-mercado>
 37. Zlotkin SH, Schauer C, Christofides A, Sharieff W, Tondeur MC, Ziauddin Hyder SM. Micronutrient sprinkles to control childhood anaemia: A simple powdered

- sachet may be the key to addressing a global problem. *PLoS Med.* 2005;2(1):0024–8.
38. De-Regil LM, Suchdev PS, Vist GE, Walleser S, Peña-Rosas JP. Home fortification of foods with multiple micronutrient powders for health and nutrition in children under two years of age (Review). *Evidence-Based Child Health A Cochrane Rev J* [Internet]. 2013;8(1):112–201. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ebch.1895>
 39. De-Regil LM, Jefferds MED, Peña-Rosas JP. Point-of-use fortification of foods with micronutrient powders containing iron in children of preschool and school-age. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;2017(11).
 40. Black R. Micronutrient deficiency--an underlying cause of morbidity and mortality. *Bull World Health Organ* [Internet]. 2003;81(2):79. Available from: <http://www.who.int/bulletin/volumes/81/2/Editorial0203.pdf>
 41. MPS, ICBF, INS, Profamilia. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2010 ENSIN. BOGOTÁ D. C.; 2011.
 42. Del Castillo SE, Vásquez Mosquera T, Suárez Higuera EL, Heredia Vargas AP. Nutritional Situation of Rural Communities in Nariño , Colombia 2013. *Food Nutr Sci.* 2014;5:1521–8.
 43. Bustos J. Efecto sobre los niveles de hierro, por la inclusión de papa criolla en la dieta de niños y niñas de 2 a 5 años, beneficiarios de ICBF, en los municipios de Carlosama, Guachucal, Túquerres, Cumbal Y Pasto. Nariño. Colombia. Ensayo controlado aleatorizado. Universidad Nacional de Colombia; 2015.
 44. Erazo Ramos PA, Sandoval Jiménez LV. Aproximación al análisis de la situación de Doble y Triple Carga Nutricional en la población de niños y niñas menores de 5 años de cinco municipios andinos del Departamento de Nariño. Universidad Nacional de Colombia; 2015.
 45. Hotz C, Peltó G, Armar-Klemesu M, Ferguson EF, Chege P, Musinguzi E. Constraints and opportunities for implementing nutrition-specific, agricultural and market-based approaches to improve nutrient intake adequacy among infants and young children in two regions of rural Kenya. *Matern Child Nutr.* 2015;11:39–54.
 46. Inayati DA, Scherbaum V, Purwestri RC, Wirawan NN, Suryantan J, Hartono S, et

- al. Combined intensive nutrition education and micronutrient powder supplementation improved nutritional status of mildly wasted children on Nias Island, Indonesia. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2012;21(3):361–73.
47. Attanasio OP, Fernández C, Fitzsimons EOA, Grantham-McGregor SM, Meghir C, Rubio-Codina M. Using the infrastructure of a conditional cash transfer program to deliver a scalable integrated early child development program in Colombia: Cluster randomized controlled trial. *BMJ.* 2014;349(September):1–12.
48. Jack SJ, Ou K, Chea M, Chhin L, Devenish R, Dunbar M, et al. Effect of micronutrient sprinkles on reducing anemia a cluster-randomized effectiveness trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012;166(9):842–50.
49. About FE, Akhter S. A Cluster-Randomized Evaluation of a Responsive Stimulation and Feeding Intervention in Bangladesh. *Pediatrics* [Internet]. 2011;127(5):e1191–7. Available from: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2010-2160>
50. Avula R, Frongillo E, Arabi M. Enhancements to nutrition program in Indian integrated child development services increased growth and energy intake of children. *J Nutr* [Internet]. 2011;680–4. Available from: <http://jn.nutrition.org/content/141/4/680.short>
51. Osei AK, Pandey P, Spiro D, Adhikari D, Haselow N, De Morais C, et al. Adding multiple micronutrient powders to a homestead food production programme yields marginally significant benefit on anaemia reduction among young children in Nepal. *Matern Child Nutr.* 2015;11:188–202.
52. Proyecto “Papas más Nutritivas.” Coordinación operativa del componente SAN del Proyecto “Papas más nutritivas”. 2017.
53. Nutreo. Formula Múltiple Vitamix 15 [Internet]. 2013. Available from: <https://www.nutreo.co/es/vitamix/>
54. Instituto Nacional de Salud. Determinación de hemoglobina por sistema Hemo-Cue 201+ [Internet]. 2015. p. 5. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D

55. Instituto Nacional de Salud. Determinación de vitamina a en plasma por cromatografía líquida de alta resolución [Internet]. 2015. p. 34. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D
56. Instituto Nacional de Salud. Determinación de Proteína C Reactiva por el método de turbidimetría utilizando reactivos Siemens [Internet]. 2015. p. 22. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D
57. Instituto Nacional de Salud. Determinación de zinc en suero por espectrofotometría de absorción atómica [Internet]. 2015. p. 18. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D
58. Instituto Nacional de Salud. Determinación de transferrina en plasma por el método de turbidimetría utilizando reactivos Siemens [Internet]. 2015. p. 22. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D
59. Instituto Nacional de Salud. Determinación de ferritina por ADVIA CENTAUR XP [Internet]. 2015. p. 19. Available from: https://www.ins.gov.co/conocenos/sig/SIG/Forms/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p_SortBehavior=0&p_ID=4739&PageFirstRow=1001&&View=%7B21983C3D-9489-451B-AC54-A0BE65273016%7D
60. United Nations Children's Fund United Nations University, World Health Organization. Iron Deficiency Anaemia: Assessment, Prevention and Control. A guide for program managers [Internet]. Who Guideline. WORLD HEALTH ORGANIZATION; 2001. 1-114 p. Available from: http://www.who.int/nutrition/publications/en/ida_assessment_prevention_control.pdf

61. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución No. 2465 del 14 de junio de 2016 [Internet]. Available from:
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2465_2016.htm
62. Austin PC. An Introduction to Propensity Score Methods for Reducing the Effects of Confounding in Observational Studies. 2011;399–424.
63. Austin PC. Optimal caliper widths for propensity-score matching when estimating differences in means and differences in proportions in observational studies. 2011;(April 2010).
64. Rubin DB. Using Propensity Scores to Help Design Observational Studies : Application to the Tobacco Litigation. 2002;169–88.
65. Andrew A, Attanasio O, Fitzsimons E, Rubio-Codina M. Why is multiple micronutrient powder ineffective at reducing anaemia among 12-24 month olds in Colombia? Evidence from a randomised controlled trial. SSM - Popul Heal [Internet]. Elsevier; 2016;2:95–104. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssmph.2016.02.004>
66. Kennedy G, Ballard T, Dop M. Guía para medir la diversidad alimentaria a nivel individual y del hogar. FAO-EURO. 2013. 55 p.
67. Olatunbosun Arinola G, Abimbola Morenikeji O, SanjoAkinwande K. Serum Micronutrients in Helminth-infected Pregnant Women and Children: Suggestions for Differential Supplementation During Anti-helminthic Treatment. Ann Glob Heal. 2014AD;81(5):705–10.
68. Ministerio de salud. Resolución número 3803 de 2016 - Recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes (RIEN) para la población Colombiana. 2016;26. Available from: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución_3803_de_2016.pdf
69. Montgomery DC, Peck EA, Vining GG. Introducción al análisis de regresión lineal. Tercera ed. México; 2006. 510 p.
70. Wayne W D. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ta ed. Editorial Limusa Wiley; 202AD. 915 p.
71. Chatterjee S, Hadi AS. Regression analysis by example. 4th ed. Estados Unidos:

John Wiley & Sons, Inc.; 2006. 375 p.

72. UCLA., Idre. REGRESSION WITH STATA CHAPTER 2 – REGRESSION
DIAGNOSTICS [Internet]. Available from:
[https://stats.idre.ucla.edu/stata/webbooks/reg/chapter2/stata-
webbooksregressionwith-statachapter-2-regression-diagnostics/](https://stats.idre.ucla.edu/stata/webbooks/reg/chapter2/stata-webbooksregressionwith-statachapter-2-regression-diagnostics/)

10. Anexos

10.1 Anexo A: Instrumento de recolección de información



ESTRATEGIA INTEGRAL DE FORTIFICACION CASERA CON MICRONUTRIENTES EN POLVO

FICHA DE SEGUIMIENTO INTEGRAL

1. Datos Generales		Institución de salud		
Fecha		Municipio		
Nombre y Apellidos del niño(a)		Fecha de nacimiento		
		Fecha de inicio MNP		
Nombre del Acudiente		Parentesco	Teléfono- Celular	
2. Valoración Nutricional				
La toma de peso, talla y el diagnóstico nutricional del niño o niña se realiza según los patrones de la resolución 2465 de 2016.				
	Peso	Talla	IMC	Diagnóstico Nutricional
Diagnóstico nutricional antes de MNP				
Diagnóstico nutricional actual				
3. Información socioeconómica				
Estrato socioeconómico	1. Estrato 1 2. Estrato 2 3. Estrato 3 4. Estrato 4 5. Estrato 5	Categorías de ruralidad	1. Ciudades y aglomeraciones 2. Intermedios 3. Rural 4. Rural disperso	
Tipo de tenencia de vivienda	1. Propia 2. Arriendo 3. Arriendo habitación 4. Otro	Acceso a servicios públicos	1. Acueducto 2. Energía eléctrica 3. Gas 4. Alcantarillado 5. Recolección de basuras	
Nivel educativo de la persona a cargo del niño	1. Sin escolarización 2. Básica Primaria 3. Básica Secundaria 4. Media Secundaria 5. Técnico o tecnológico 6. Universitario 7. Posgrado	Ingreso familiar mensual	1. Menos de 1 salario mínimo 2. Entre 1 y 2 salarios mínimos 3. Entre 2 a 3 salarios mínimos 4. Entre 3 a 4 salarios mínimos 5. Más de 4 salarios mínimos	
Afiliación al sistema de salud	1. Contributivo 2. Subsidiado 3. Régimen especial 4. Ninguno	Pertenencia étnica	1. Indígena 2. Afro 3. Ninguno 4. Otra	
Hacinamiento crítico ¿Viven más de tres personas por cuarto? (incluyendo en estos todas las habitaciones con excepción de cocinas, baños y garajes).	1. Si 2. No	Inasistencia escolar ¿En el hogar hay niños entre 7 y 11 años de edad (parientes del jefe) que no asisten a un centro de educación formal (ej: escuelas, colegios)?	1. Si 2. No	
Dependencia económica Si ambas respuestas son afirmativas se considera alta dependencia económica:				
¿En el hogar existen más de tres personas que dependan de un miembro de la familia ocupado?	1. Si 2. No	¿El jefe de hogar aprobó menos de dos años de educación primaria?	1. Si 2. No	



4. Condiciones de Saneamiento					
Marque una x según corresponda • ¿Cuál es la principal fuente del agua que utiliza para preparar los alimentos?					
Acueducto con suministro continuo	Acueducto con suministro intermitente	Pozo con bomba o sin bomba, jagüey, aljibe, barreno		Agua lluvia	Pila pública
Carro tanque, aguatero	Río, quebrada, manantial, nacimiento	Agua embotellada		Otro	
• ¿Qué tipo de tratamiento que le hacen al agua que utilizan para beber?		1. Ninguna, la usan tal como la obtienen 2. La hierven 3. Aplicación de cloro		4. Utilizan filtro 5. La decantan o usan filtros naturales (arena/plantas) 6. Otro	
• El suelo de la vivienda es					
Tierra	Cemento	Adobe	Baldosa	Madera	Otro ¿Cuál?
• Vivienda inadecuada:		Viviendas móviles, o ubicadas en refugios naturales o bajo puentes, o sin paredes o con paredes de tela o de materiales de desecho o con pisos de tierra (en zona rural el piso de tierra debe estar asociado a paredes de material semipermanente o perecedero).			1. Si 2. No
• ¿A dónde van a dar principalmente los excrementos y aguas residuales del baño o excusado?					
Al alcantarillado	A un pozo séptico	A un hoyo seco o letrina	Al campo abierto	A la quebrada o al río	Otro
De acuerdo a la información recolectada anteriormente, seleccionar la opción según corresponda:					
Inadecuada disposición de excretas Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de alcantarillado. Hogar rural: se considera como privado si tiene inodoro sin conexión, bajamar o no tiene servicio sanitario		1. Si 2. No	Servicios inadecuados Zona Urbana.- Carencia de servicios sanitarios o carencia de acueducto y provisionamiento de agua de río, nacimiento, carro tanque o de lluvia. Zona rural.- Carencia de servicio sanitario y de acueducto que se aprovisionan de agua de río, nacimiento o lluvia.		1. Si 2. No
NBI	Número de carencias básicas: Viviendas inadecuadas, hacinamiento crítico, servicios inadecuados, alta dependencia económica e inasistencia escolar			1. Ninguna 2. Una 3. Dos o más	
5. Adherencia a los MNP					
Fecha de inicio de consumo		Número de sobres entregados		Número de sobres consumidos a la fecha	
¿Consumió otro suplemento mientras usaba los MNP?		1. Si 2. No		¿Cuál?	
6. Diversidad de la Dieta					
Puntaje IDD		Registre el puntaje obtenido:			
¿Consumo papas más nutritivas?		1. Si 2. No			

10.2 Anexo B: Consentimiento informado



PROYECTO "PAPAS MAS NUTRITIVAS" DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Departamento de Nariño. Municipio: _____ Vereda: _____

ECAF a la que pertenece: _____ Fecha Día ____ Mes ____ Año _____

El proyecto "*Papas más nutritivas*"¹ dentro de sus objetivos comprende la implementación de una **Estrategia de Fortificación con Micronutrientes en Polvo**, en el marco de la cual se realizará un estudio Ex Ante y Ex Post para evaluar la estrategia.

El niño o niña: _____
hace parte de una de las familias participantes en el *proyecto "Papas más nutritivas"*, situación por la cual el padre de familia o representante legal identificado como adulto, será quien decida su participación. Una vez el adulto haya declarado el consentimiento de participación y con el asentimiento del menor, se realizarán las actividades:

- Diligenciamiento con el adulto cuidador de una ficha básica de identificación del niño o niña.
- Valoración antropométrica al menor: toma de peso y talla, antes de iniciar el estudio y al finalizar
- Toma de muestra de sangre al menor: se realizará al iniciar el estudio y al finalizar, se recolectarán entre 6 y 9 cc de sangre aproximadamente. La toma la realizará una persona experta, de la misma forma que en los laboratorios, por lo cual de acuerdo a las consideraciones éticas la toma de muestra de sangre presenta un riesgo mínimo.

Los beneficios que trae el estudio es conocer el estado del hierro, vitamina A y zinc en el organismo y el estado nutricional del niño o niña por antropometría. Se aclara que el diseño del estudio no es para tratar alguna condición de salud específica y que la participación en el estudio no tiene costo. Se emplearán códigos para el registro y análisis de la información con el fin de cuidar la confidencialidad de la información de los participantes.

Yo _____,
Identificado como adulto, con Cedula de Ciudadanía No. _____, expedida en _____, entiendo que la participación de mi representado menor de edad es completamente voluntaria entendiéndolo sus derechos como participante. He leído o me han leído esta información y se me ha dado la oportunidad de hacer preguntas sobre el estudio. Las respuestas a mis preguntas fueron satisfactorias.

Libremente doy mi consentimiento para que mi representado participe en el estudio,

Firma del adulto padre de familia o representante legal: _____

Firma de la Investigadora principal del proyecto: _____

Firma de la Investigadora encargada del Componente: _____

Para cualquier inquietud y mayor información comunicarse con: **Alejandra Alvarez Alvear** – Coordinadora Operativa del Componente SAN. Celular: 3206730871. Correo Electrónico: alealvarez10@gmail.com.

¹ Proyecto "*Ampliación de la producción de papa amarilla más nutritiva en Colombia*"

10.3 Anexo C: Pruebas estadísticas

Regresión lineal múltiple

Se define el análisis de regresión como “una técnica estadística para investigar y modelar la relación entre variables” (69), se utiliza para “averiguar la forma probable de las relaciones entre las variables, y el objetivo final” (70) ya sea como predicción o estimación de los valores de una variable correspondiente a los valores de otra (70).

Este modelo tiene en cuenta dos tipos de variables: x y y . La primera es conocida como variable independiente o regresora (el investigador tiene control sobre esta) y tiene relación con la variable respuesta o dependiente (y) y esta relación es una línea recta (69,70).

Un modelo con una sola variable regresora, es un modelo de regresión simple y se describe en la siguiente ecuación (libro regresión):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

Los coeficientes del modelo de regresión β_0 , definida como constante, y β_1 llamada pendiente, son desconocidas y ε es un componente aleatorio de error (71). La pendiente es el cambio de la media de y por el cambio de cada unidad de x (70). Se tiene los supuestos que los errores tienen promedio cero y varianza (σ^2) desconocida. que los errores no están correlacionados, que con las observaciones estudiadas el modelo obtenido hace una aproximación aceptable de la relación entre la variable dependiente e independiente (71). La técnica de estimación de los parámetros desconocidos o el proceso de ajuste del modelo se realiza usando el método de mínimos cuadrados (70,71).

Cuando la variable respuesta se relaciona con más de una variable regresora, se denomina modelo de regresión lineal múltiple, y se define con la siguiente ecuación (71):

$$y = \beta_0 + \beta_1 + \varepsilon_i \quad i=1,2,\dots,n,$$

Diagnósticos de la regresión

Para verificar si se cumplen los supuestos del método empleado para el ajuste del modelo se debe tener en cuenta los siguientes supuestos:

Forma del modelo: Linealidad, las relaciones entre los predictores y la variable de resultado deben ser lineales (71,72).

Sobre los errores: errores independientes y distribuidos idénticamente, promedio cero y una varianza constante (71). Los errores deben tener distribución normal (71,72).

Sobre predictores: son lineales independientes (no colinealidad), medidas sin error (71). Para la determinación de colinealidad se puede estimar el **factor de inflación de varianza** o *variance inflation factor* (VIF) para cada predictor del modelo. Este factor “mide el efecto combinado que tienen las dependencias entre los regresores sobre la varianza de ese término” (69). Uno o más factores de inflación grandes (5 o 10) evidencia multicolinealidad (69).

Para verificar errores de especificación del modelo puede tenerse en la **prueba de enlace** o **Link test** se basa en el supuesto de que “si se especifica adecuadamente una regresión o una ecuación de regresión, no podrá encontrar variables independientes adicionales que sean significativas, excepto por casualidad” (72). Similar a la anterior cuenta la **Prueba RESET de Ramsey** es una prueba de error de especificación de regresión para las variables omitidas, también reajusta el modelo con nuevas variables creadas a partir de los predictores para determinar si alguna sería significativa (72).

Otros aspectos a tener en cuenta durante el análisis son los valores atípicos e influyentes (72), estos pueden ser:

Valores atípicos: Un valor atípico es una observación cuya variable dependiente no es usual, teniendo en cuenta sus valores en el modelo de predicción.

Apalancamiento o *leverage*: “una observación con un valor extremo en una variable de predicción se llama punto con alto apalancamiento”. Estas observaciones afectan las estimaciones de los coeficientes.

Influencia: los valores influyentes son “observaciones individuales que ejercen una influencia indebida sobre los coeficientes” (72). Se determina que es influyente, cuando al eliminarse una de estas observaciones, cambia en gran medida la estimación de los coeficientes.

Para determinar estos valores influyentes puede medirse las **distancias de Cook**, este método es un diagnóstico de eliminación, el cual “mide la influencia de la *i*-ésima observación si se eliminara de la muestra” (69) . Otro método es estimar la “influencia de la eliminación de la *i*-ésima observación sobre el valor predicho o ajustado” (69), esta prueba diagnóstica se denomina **DfFits**.

Criterios de información para la selección del modelo

Debido a que se debe mantener un sentido de parsimonia, esto quiere decir que debe usarse el modelo “más simple posible que sea consistente con los datos y el conocimiento del ambiente del problema” (69), para la elección del modelo se tiene en cuenta los siguientes criterios de información (71).

Criterio de información de Akaike o Akaike Information Criteria (AIC): este “trata de balancear las demandas conflictivas de precisión (ajuste) y simplificación (pequeño número de variables)” (71). Se prefiere el modelo con menor valor de AIC. (71).

Criterio de información Bayesiano o Bayes Information Criteria (BIC): es una variación del AIC. “La diferencia entre AIC y BIC está en la severidad de la penalización para p . La penalización es mucho más severa en BIC cuando $n > 8$. Esto tiende a controlar el sobreajuste (resultando en una opción de p mayor) tendencia del AIC” (71).

10.4 Anexo D: Observaciones influyentes

Modelo reducido con desenlace delta de hemoglobina

DfFit		Distancias de Cook	
Código	dfit	Código	d
MAIQ133	-0,582	MAIQ133	0,065
CGCC159	0,663	CGCC159	0,087
JDAC150	-0,476	JDAC150	0,044
JAPC149	.	JAPC149	.
LMTT146	-0,503	LMTT146	0,049
KDCT106	0,899	KDCT106	0,156
LMFT155	.	LMFT155	.
JITC055	1,246,095	JITC055	0,289
SCMV071	.	SCMV071	.
JDAC052	.	JDAC052	.
HAQC070	0,587	HAQC070	0,066
EECV002	0,460	EECV002	0,042
JAPT039	.	JAPT039	.
JAAQ032	.	JAAQ032	.
YSHT028	.	YSHT028	.

Leverage			
Código	lev	Código	lev
MLR156	0,117	JITC055	0,152
CGCC159	0,183	SCMV071	.
JAPC149	.	CACM009	0,127
ANP114	0,097	JDAC052	.
KDCT106	0,156	JAPT039	.
LMFT155	.	LVTA026	0,096
NACM118	0,103	JAAQ032	.
		YSHT028	.

Modelo reducido de hemoglobina post.

Dffit	
Código	dfit
CGCC159	0,577
KDCT106	0,663
LMFT155	.
LVQN124	-0,467
EVCC054	-0,561
JITC055	0,973
DATC012	0,995
HAQC070	0,487
JAPT039	-0,661
WSCT044	-0,495
Leverage	
Código	lev
LMFT155	.
EVCC054	0,183
JITC055	0,143
CATC011	0,173
DATC012	0,194
CACM009	0,121
CMVC023	0,182
EECV002	0,182
SSMV067	0,185
GAMV068	0,190

Distancias de Cook	
Código	d
CGCC159	0,054
KDCT106	0,071
LMFT155	.
EVCC054	0,052
JITC055	0,151
DATC012	0,160
HAQC070	0,039
JAPT039	0,070
WSCT044	0,039