



IMPACTO CIENTÍFICO:

INNOVACIÓN Y COLABORACIÓN
PARA UN FUTURO RESILIENTE





IMPACTO CIENTÍFICO: INNOVACIÓN Y COLABORACIÓN PARA UN FUTURO RESILIENTE

**COLECCIÓN CIENTÍFICA EDUCACIÓN, EMPRESA Y
SOCIEDAD**

Primera Edición 2026 Vol. 33

Editorial EIDEC

Sello Editorial EIDEC (978-958-53018)

NIT 900583173-1

ISBN: 978-628-96986-9-5

Formato: Digital PDF (Portable Document Format)

DOI: 10.34893/p8996-0282-2232-b

Publicación: Colombia

Fecha Publicación: 09/04/2026

Coordinación Editorial

Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia – EIDEC

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

Revisión y pares evaluadores

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES



CONTENIDO

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS PREDICTIVO DE RESULTADOS EN LOS EXÁMENES DE ADMISIÓN A LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS MEDIANTE MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (2018-2022)06

Adolfo Carlos Jimenez Chura; Edilberto Callata Collanqui; Josué Calip Ojeda Mamani; Juan Reynaldo Paredes Quispe; Julio Cesar Sosa Choque

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS (SSES) DE PÁRAMO Y BOSQUE ALTOANDINO DENTRO DEL RÉGIMEN DE PLANEACIÓN TERRITORIAL AMBIENTAL DE TUNJA Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS 23

Andrea Carolina García Cabana

CAPÍTULO 3

ELABORACIÓN DE UN PAQUETE VHDL PARA LA DECODIFICACIÓN DEL PROTOCOLO NEC 59

Ayrton Ronaldo Rojas Calla; Helarf Ferrer Calsina Condori; Javier Alvaro Rivera Suaña; John Carlos Quispe Chambi; Raul Ovidio Castillo Pinto

CAPÍTULO 4

EFFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA CONDICIÓN FÍSICA FUNCIONAL Y LA ESTABILIDAD EN ADULTOS MAYORES, UN ANÁLISIS EN LA CIUDAD DE SANTA BARBARA, HONDURAS..... 79

Claudia Patricia Andino Maldonado.; Claudia Patricia Brito Rodríguez; Delmy Aracely Jiménez Membreño

CAPÍTULO 5

CRÓNICA SOBRE LA MOVILIDAD HUMANA Y TERRITORIAL POR EL NORESTE DE MÉXICO: EL CASO DE TAMAULIPAS, NUEVO LEÓN Y COAHUILA 94

Jaime Uribe Cortez; Claudio Rubén Ku Pérez; Enrique Cercas López; Ariel Ramón Medina Alonso

CAPÍTULO 6

INDICADORES DE CALIDAD: UN ENFOQUE SISTÉMICO PARA LA MEJORA CONTINUA DE LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO 113

Eliana Mazuelos Chávez; Jesús Manuel Donayre Cahua; Victor Hugo Aguayo Polar; Sobeyda Madelayne Mazuelos Chávez

CAPÍTULO 7

MODELO NAIVE BAYES PARA EL DIAGNÓSTICO DE ANEMIA EN NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS DEL SUR DEL PERÚ 136

Leidy Nayely Vilca Choquemamani; Junior Beltran Huaraya Chipana; Percy Huata Panca; Godofredo Quispe Mamani; Leonel Coylla Idme

**ANÁLISIS PREDICTIVO DE RESULTADOS
EN LOS EXÁMENES DE ADMISIÓN A LA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MEDIANTE MODELOS DE APRENDIZAJE
AUTOMÁTICO (2018-2022) ¹**

**PREDICTIVE ANALYSIS OF RESULTS IN
ADMISSION EXAMS TO THE SCHOOL OF
SYSTEMS ENGINEERING USING MACHINE
LEARNING MODELS (2018-2022)**

Adolfo Carlos Jimenez Chura²

Edilberto Callata Collanqui³

Josué Calip Ojeda Mamani⁴

Juan Reynaldo Paredes Quispe⁵

Julio Cesar Sosa Choque⁶

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.⁷

¹Derivado del proyecto de investigación: Análisis predictivo de resultados en los exámenes de admisión a la Escuela de Ingeniería de Sistemas mediante modelos de aprendizaje automático (2018-2022)

² Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0003-3125-8197>,

³ Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0009-0006-9495-6215>,

⁴ Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0009-0001-1624-6473>,

⁵ Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0001-6642-7339>,

⁶ Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0002-2700-0575>,

⁷ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

ANÁLISIS PREDICTIVO DE RESULTADOS EN LOS EXÁMENES DE ADMISIÓN A LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS MEDIANTE MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (2018-2022)⁸

Adolfo Carlos Jimenez Chura⁹, Edilberto Callata Collanqui¹⁰, Josué Calip Ojeda Mamani¹¹, Juan Reynaldo Paredes Quispe¹², Julio Cesar Sosa Choque¹³

RESUMEN

La predicción del ingreso a programas universitarios representa un desafío significativo para las instituciones de educación superior. El presente trabajo aplicó modelos de aprendizaje automático para predecir resultados de exámenes de admisión en la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Altiplano (2018-2022). Se recopiló datos demográficos de 5,385 postulantes en las modalidades General y CEPREUNA, realizando un análisis exploratorio exhaustivo que identificó patrones relevantes: 74% provenían de colegios públicos, 60% de la región Puno, y 35% realizaron múltiples intentos de admisión. Mediante técnicas de ingeniería de características, se procesaron variables demográficas incluyendo edad, género, tipo de colegio, provincia de origen y ruralidad. Se implementaron seis algoritmos de clasificación: Regresión Logística, Árboles de Decisión, Random Forest, XGBoost, K-Nearest Neighbors (KNN) y Support Vector Machines (SVM). Los modelos fueron entrenados con datos 2018-2021 y validados con datos 2022. Los resultados mostraron que SVM obtuvo la mayor precisión global (92% accuracy, 86% precision, 43% recall), mientras que Regresión Logística presentó el mejor equilibrio con AUC de 0.72. Las variables más influyentes fueron: puntaje previo (35%), tipo de colegio (25%) y modalidad de admisión (18%). La validación confirmó que estos modelos pueden servir como herramientas de apoyo institucional para comprender perfiles de postulantes y optimizar procesos de admisión, aunque persisten desafíos en la detección de la clase minoritaria debido al desbalance de datos.

⁸Derivado del proyecto de investigación: Análisis predictivo de resultados en los exámenes de admisión a la Escuela de Ingeniería de Sistemas mediante modelos de aprendizaje automático (2018-2022)

⁹Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0003-3125-8197>,

¹⁰Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0009-0006-9495-6215>,

¹¹Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0009-0001-1624-6473>,

¹²Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0001-6642-7339>,

¹³Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, <https://orcid.org/0000-0002-2700-0575>,

ABSTRACT

Predicting admission to university programs represents a significant challenge for higher education institutions. This study applied machine learning models to predict admission exam results at the Professional School of Systems Engineering, National University of the Altiplano (2018-2022). Demographic data from 5,385 applicants in General and CEPREUNA modalities were collected, conducting a comprehensive exploratory analysis that identified relevant patterns: 74% came from public schools, 60% from Puno region, and 35% made multiple admission attempts. Using feature engineering techniques, demographic variables including age, gender, school type, province of origin, and rurality were processed. Six classification algorithms were implemented: Logistic Regression, Decision Trees, Random Forest, XGBoost, K-Nearest Neighbors (KNN), and Support Vector Machines (SVM). Models were trained with 2018-2021 data and validated with 2022 data. Results showed that SVM obtained the highest overall accuracy (92% accuracy, 86% precision, 43% recall), while Logistic Regression presented the best balance with AUC of 0.72. The most influential variables were: previous score (35%), school type (25%), and admission modality (18%). Validation confirmed that these models can serve as institutional support tools to understand applicant profiles and optimize admission processes, although challenges persist in detecting the minority class due to data imbalance.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje automático, análisis exploratorio, variables demográficas, educación superior.

Keywords: Machine learning, exploratory analysis, demographic variables, higher education.

INTRODUCCIÓN

El acceso a la educación superior universitaria constituye un proceso crucial que determina oportunidades de desarrollo profesional y social. En el contexto peruano, las universidades públicas como la Universidad Nacional del Altiplano enfrentan el desafío de gestionar procesos de admisión cada vez más competitivos, donde miles de postulantes aspiran a un número limitado de vacantes (UNA, 2024). Tradicionalmente, estos procesos se han basado en métodos establecidos que, aunque efectivos, pueden no capturar adecuadamente la complejidad de los factores que influyen en el éxito de los postulantes (Chiny et al., 2008).

La minería de datos educativos ha emergido como un campo de investigación en crecimiento que permite a las instituciones académicas mejorar el rendimiento estudiantil mediante la identificación de patrones ocultos en grandes volúmenes de información (Zaffar et al., 2018). El análisis predictivo, definido como el conjunto de técnicas que permiten obtener conocimiento a partir de información existente para prever tendencias y patrones de conducta (IBM, 2024), ofrece una oportunidad sin precedentes para comprender mejor las características de los postulantes exitosos.

Diversos estudios internacionales han demostrado la efectividad de los modelos de aprendizaje automático en contextos educativos. Contreras et al. (2020) identificaron que variables como género y puntaje en exámenes estandarizados son predictores significativos del rendimiento académico en ingeniería industrial. Mengash (2020) reportó que técnicas como Redes Neuronales Artificiales pueden alcanzar tasas de precisión superiores al 79% en la predicción del desempeño académico. En el contexto latinoamericano, García et al. (2019) utilizaron redes neuronales para predecir resultados de pruebas estandarizadas con alta exactitud.

A nivel nacional, investigaciones recientes han explorado la aplicación de estas técnicas en universidades peruanas. Candia (2019) aplicó Random Forest y regresión logística para predecir el rendimiento académico de estudiantes de primer semestre en la UNSAAC, alcanzando precisiones de 69.35%. Ponce Guizabalo (2024) desarrolló modelos predictivos para la UNAS con precisiones del 98.4%. Estos antecedentes demuestran la viabilidad y relevancia de aplicar aprendizaje automático en el contexto universitario peruano.

La presente investigación se centra en la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Altiplano, analizando datos de admisión del

periodo 2018-2022. Este periodo incluye eventos significativos como la pandemia de COVID-19, que modificó sustancialmente los patrones de postulación (Norma Técnica, 2023).

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo (Arias y Covinos, 2021), siguiendo un diseño no experimental, descriptivo y correlacional (Hernández et al., 2014). El estudio se realizó sobre datos históricos sin manipulación de variables, analizando las relaciones entre características demográficas y resultados de admisión.

La población estuvo constituida por 5,385 postulantes a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas durante el periodo 2018-2022, distribuidos en dos modalidades: General (3,814 postulantes) y CEPREUNA (1,571 postulantes). Siguiendo las recomendaciones de Hernández et al. (2014), se utilizó una muestra por conveniencia de 4,854 postulantes después del proceso de depuración, excluyendo postulantes de 4to y 5to grado de secundaria, así como aquellos con discapacidad declarada, para asegurar la consistencia y validez de los datos (López, 2004).

Los datos fueron obtenidos mediante solicitud formal a la Dirección de Admisión de la Universidad Nacional del Altiplano, siguiendo las normativas de protección de datos personales (Ley N° 29733). El dataset inicial incluyó 35 variables demográficas: fecha de proceso, modalidad, datos personales, información de nacimiento (departamento, provincia, distrito), información del colegio (tipo, ubicación, año de egreso), tipo de ruralidad según Norma Técnica MINEDU (2023), puntaje obtenido, edad, número de postulaciones y resultado de admisión.

Preprocesamiento de datos

Se realizó limpieza de datos, tratamiento de valores nulos mediante imputación (DataScientest, 2021), corrección de inconsistencias en la variable edad utilizando la media de valores válidos, y transformación de formatos de fecha. Variables categóricas fueron codificadas mediante One-Hot Encoding para variables nominales y Label Encoding para variables ordinales (Dahouda & Joe, 2021).

Ingeniería de características: Se creó la variable "dif_años" (tiempo transcurrido desde egreso del colegio hasta postulación) mediante transformación de "anno_egreso" a formato datetime. Se eliminaron variables irrelevantes (DNI, nombres, identificadores) y aquellas con alta multicolinealidad-evaluada mediante Factor de

Inflación de la Varianza (VIF) (Hair et al., 2019), particularmente la variable edad que presentó VIF de 395.91.

Normalización: Se aplicó StandardScaler a variables numéricas (postulaciones, puntaje, diferencia de años) para transformarlas a media 0 y desviación estándar 1, asegurando que todas las variables contribuyan equitativamente al modelo (AWS, s.f.).

Análisis exploratorio: Se utilizaron técnicas estadísticas descriptivas, boxplots para identificar valores atípicos, análisis de correlación de Pearson, y visualizaciones para identificar patrones de distribución por género, edad, provincia, tipo de colegio y ruralidad.

Modelos de aprendizaje automático

Se implementaron seis algoritmos de clasificación supervisada siguiendo las mejores prácticas documentadas en literatura especializada (James et al., 2023), Regresión Logística, árboles de decisión, Random Forest, XGBoost, K-Nearest Neighbors y Support Vector Machines (SVM).

Estrategia de validación

Los datos fueron divididos en conjuntos de entrenamiento (2018-2021, 80%) y prueba (2022, 20%), utilizando únicamente datos del examen General con puntaje ≥ 800 para la fase de prueba, siguiendo recomendaciones de validación temporal (James et al., 2023). Esta estrategia permite evaluar el rendimiento real del modelo en condiciones no vistas durante el entrenamiento.

Métricas de evaluación

El desempeño de los modelos fue evaluado mediante métricas estándar para clasificación binaria (Sicilia Gómez, 2024): accuracy, precisión, recall, F1-Score y la curva AUC-ROC.

RESULTADOS

Análisis exploratorio de datos

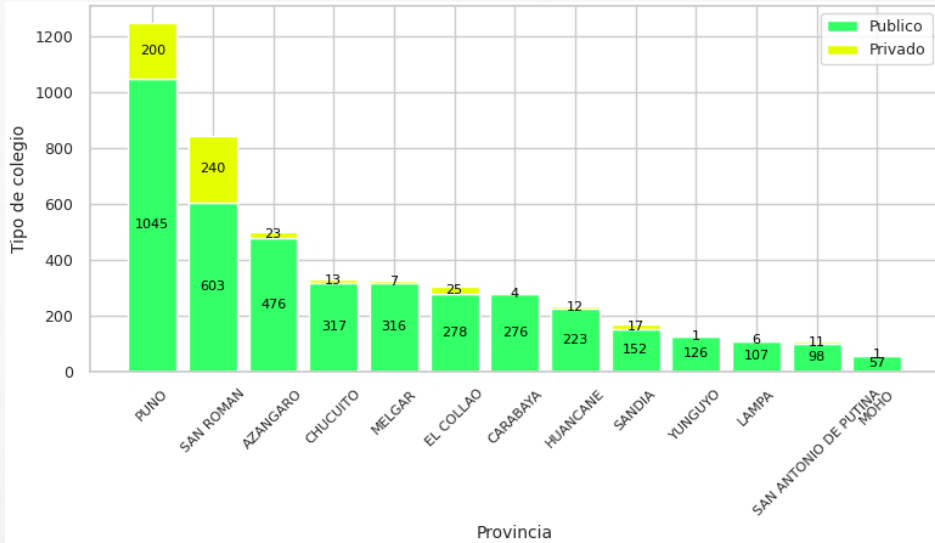
El análisis exploratorio reveló características significativas de la población de postulantes entre 2018 y 2022. De los 5,385 postulantes iniciales, tras el proceso de depuración se trabajó con 4,854 registros. La distribución por modalidad mostró 3,353 postulantes en el examen General y 1,501 en CEPREUNA.

Distribución por tipo de colegio: El 74% de los postulantes provinieron de colegios públicos, mientras que el 26% de colegios privados. Esta tendencia se mantuvo

consistente en la mayoría de las provincias, aunque San Román presentó una mayor proporción de postulantes de colegios privados (28%) comparado con Puno (16%).

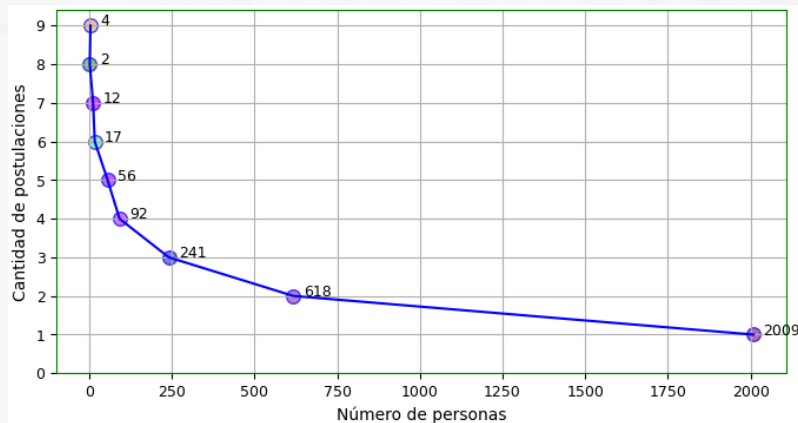
Distribución geográfica: El 60% de los postulantes provinieron de la provincia de Puno (1,245 postulantes), seguido por San Román con 843 postulantes. Las provincias más alejadas presentaron menor participación: Moho (58), San Antonio de Putina (109) y Lampa (113).

Figura 01. Postulantes según tipo de colegio



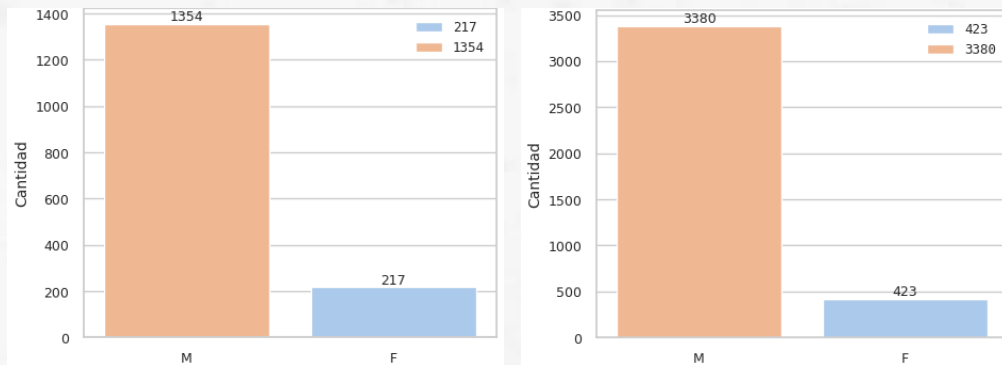
Persistencia en postulación: El análisis de intentos de admisión mostró que 2,009 personas postularon una sola vez, 618 dos veces, y 241 tres veces. Casos excepcionales incluyen 4 postulantes con nueve intentos y 12 con siete intentos, evidenciando alta persistencia en ciertos grupos.

Figura 02. Número de intentos para obtener una vacante, ambas modalidades



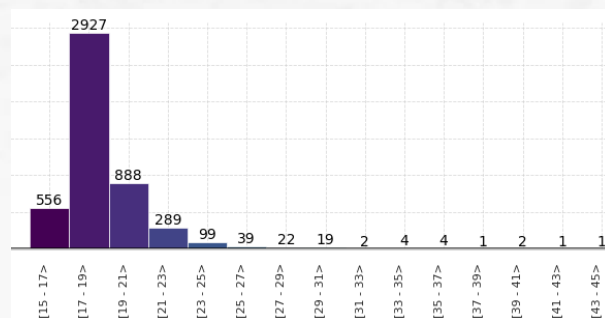
Distribución por género: Se identificó una marcada brecha de género. En la modalidad CEPREUNA, 86.2% fueron varones y 13.8% mujeres. En el examen General, la proporción fue aún más desigual: 94.0% varones y 6.0% mujeres. Sin embargo, la tasa de ingreso femenino fue relativamente mayor en CEPREUNA (19.4%) comparado con el examen General (12.9%).

Figura 03. Cant. de postulantes por género, modalidad CEPREUNA y General



Distribución etaria: El análisis de edad mostró que el 59.24% de postulantes tenían entre 17 y 19 años, seguido por el 17.97% entre 19 y 21 años. Los ingresantes se concentraron mayoritariamente en el rango de 16-18 años (286 ingresantes), decreciendo significativamente en edades superiores. El análisis de correlación entre edad y puntaje obtuvo un coeficiente de Pearson de -0.0481 ($p=0.0008$), indicando una correlación muy débil pero estadísticamente significativa.

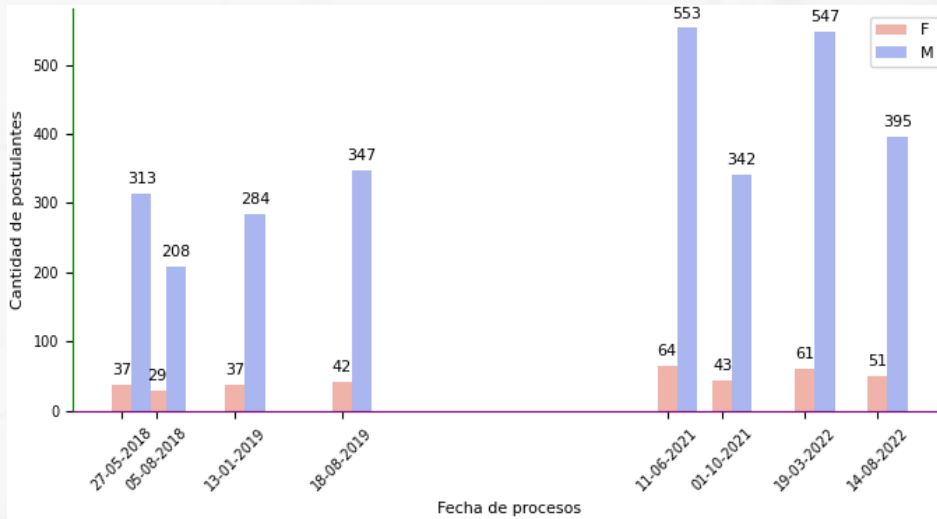
Figura 04. Distribución etaria de postulantes



Impacto COVID-19: La pandemia generó una interrupción en los procesos de admisión. El último examen General pre-pandémico fue el 23 de junio de 2019, retomándose el 11 de junio de 2021, generando un incremento del 58.6% en postulantes

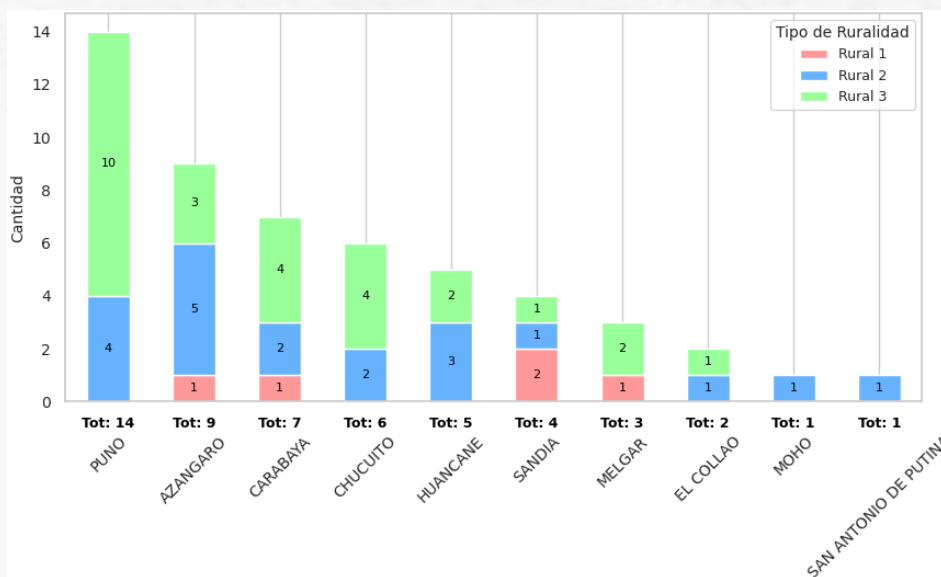
(de 389 a 617). En CEPREUNA, la reanudación fue el 23 de octubre de 2020, observándose una disminución inicial de postulantes (de 169 a 113).

Figura 05. General - cant. de postulantes por género y fecha de proceso



Ruralidad: Los ingresantes se distribuyeron según tipo de ruralidad: Rural 3 (27 ingresantes), Rural 2 (20 ingresantes) y Rural 1 (5 ingresantes), evidenciando que estudiantes con mejor accesibilidad geográfica tienen mayores probabilidades de ingreso según criterios de la Norma Técnica MINEDU (2023).

Figura 06. Tipos de ruralidad de ingresantes por provincia



Ingeniería de características y preprocesamiento

Se identificaron y trataron valores inconsistentes, particularmente edades negativas que fueron imputadas con el promedio de edades válidas (17.89 años). La variable "anno_egreso" fue transformada a formato datetime y se creó la variable derivada "dif_anios" ($r=0.96$ con edad), que captura el tiempo transcurrido desde el egreso hasta la postulación.

El análisis de multicolinealidad mediante VIF reveló valores extremadamente altos para edad (395.91) y provincia de Puno (92.51), llevando a la eliminación de la variable edad del modelo final. Tras este ajuste, todas las variables restantes presentaron VIF aceptables (<10).

Desempeño de los modelos de clasificación

Support Vector Machines (SVM): Presentó el mejor desempeño global con 92% de accuracy, 86% de precision y 43% de recall para la clase minoritaria (ingresó). El F1-score fue 0.57, el más alto entre todos los modelos. El AUC-ROC alcanzó 0.69, indicando buena capacidad de discriminación. La matriz de confusión mostró 413 verdaderos negativos, 24 verdaderos positivos, 4 falsos negativos y 32 falsos positivos.

Métricas obtenidas con el modelo SVM

	Precision	Recall	F1-score	support
0	0.93	0.99	0.96	417
1	0.86	0.43	0.57	56
Accuracy			0.92	473

Regresión Logística: Alcanzó 78% de accuracy con precision de 29% y recall de 39% para ingresantes. Aunque su accuracy fue menor, obtuvo el mejor AUC-ROC (0.72), demostrando superior capacidad para distinguir entre clases. El F1-score fue 0.33. La matriz de confusión reveló 386 verdaderos negativos, 29 verdaderos positivos, 73 falsos negativos y 46 falsos positivos.

Métricas obtenidas con el modelo de regresión logística

	Precision	Recall	F1-score	Support
0	0.89	0.84	0.87	459
1	0.29	0.39	0.33	75
Accuracy			0.78	534

K-Nearest Neighbors (KNN): Logró 85% de accuracy mediante optimización con GridSearchCV (mejores parámetros: n_neighbors=7, weights='distance', metric='euclidean'). Sin embargo, presentó bajo desempeño en la clase minoritaria con precision de 20% y recall de 3%, resultando en F1-score de 0.05. El AUC-ROC fue 0.53.

Métricas obtenidas con el modelo KNN

	Precision	Recall	F1-score	support
0	0.86	0.98	0.92	459
1	0.20	0.03	0.05	75
Accuracy			0.85	534

XGBoost: Obtuvo 85% de accuracy pero falló completamente en identificar ingresantes (recall=0%, precision=0%), clasificando todos los casos como no ingresantes. El AUC-ROC de 0.41 fue el más bajo, indicando desempeño inferior al azar.

Métricas obtenidas con el modelo XGBoost

	Precision	Recall	F1-score	support
0	0.86	0.99	0.92	459
1	0.00	0.00	0.00	75
Accuracy			0.85	534

Random Forest: Alcanzó 83% de accuracy con aplicación de SMOTE para balanceo. La precision fue 28% y recall 15% para ingresantes, resultando en F1-score de 0.19. El AUC-ROC fue 0.47.

Métricas obtenidas con el modelo de Random Forest

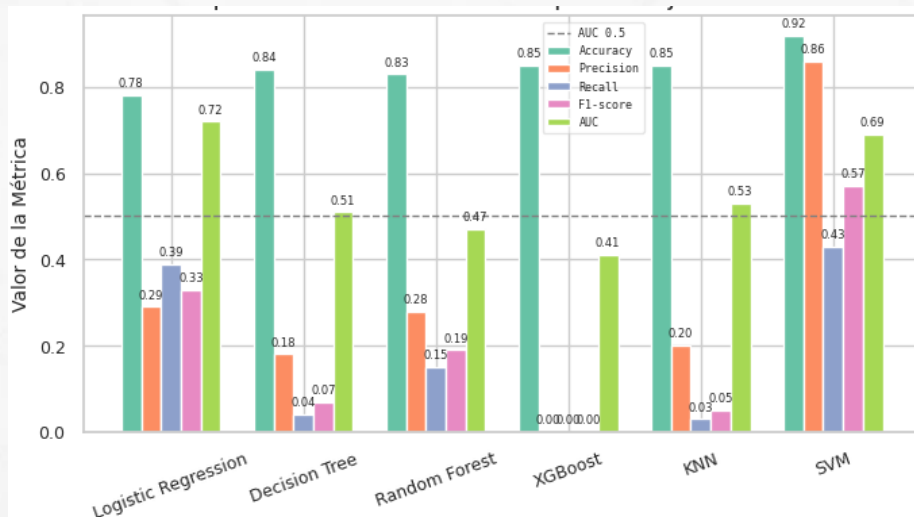
	Precision	Recall	F1-score	support
0	0.87	0.94	0.90	459
1	0.28	0.15	0.19	75
Accuracy			0.83	534

Árboles de Decisión: Logró 84% de accuracy pero con recall extremadamente bajo (4%) para la clase minoritaria, precision de 18% y F1-score de 0.07. El AUC-ROC fue 0.51.

Métricas obtenidas con el modelo de árbol de decisión

	Precision	Recall	F1-score	support
0	0.86	0.97	0.91	459
1	0.18	0.04	0.07	75
Accuracy			0.84	534

Figura 07. Comparación de gráfico de barras de modelos empleados



Importancia de variables

El análisis de importancia de características reveló que el puntaje obtenido en intentos previos contribuye en 35% a la predicción del ingreso, seguido por tipo de colegio (25%), modalidad de admisión (18%), diferencia de años desde egreso (12%) y otras variables demográficas (10%).

Los resultados de esta investigación confirman la viabilidad de aplicar modelos de aprendizaje automático para predecir resultados de admisión universitaria, contribuyendo al creciente campo de la minería de datos educativos (Zaffar et al., 2018). El desempeño superior de SVM (92% accuracy) y el alto AUC-ROC de Regresión Logística (0.72) son comparables con estudios previos como el de Mengash (2020), quien reportó precisiones superiores al 79% con Redes Neuronales Artificiales.

Comparación con antecedentes nacionales e internacionales

Nuestros resultados son consistentes con investigaciones previas en el contexto peruano. Candia (2019) reportó 69.35% de accuracy con Random Forest en la UNSAAC, inferior a nuestro 83%, posiblemente debido a diferencias en el preprocesamiento y balanceo de clases. Ponce Guizabalo (2024) alcanzó precisiones superiores (98.4%) en la UNAS, pero con una muestra más pequeña (204 registros) comparada con nuestros 4,854 casos, lo que sugiere posible sobreajuste en su estudio.

A nivel internacional, García et al. (2019) utilizaron redes neuronales con alta exactitud en Colombia, mientras que Contreras et al. (2020) identificaron género y puntaje ICFES como variables clave, coincidiendo parcialmente con nuestros hallazgos donde tipo de colegio y puntaje previo fueron los predictores más importantes. La investigación de Bravo et al. (2021) obtuvo 85% de precisión con métodos de ensamblaje, comparable con nuestros resultados de Random Forest tras aplicar SMOTE.

Desafíos del desbalance de clases

Un hallazgo crítico fue el impacto del desbalance de clases en el desempeño de los modelos. Con una tasa de ingreso aproximada del 10%, los modelos tendieron a favorecer la clase mayoritaria (no ingresó). XGBoost presentó el caso más extremo con 0% de recall para ingresantes, mientras que SVM logró el mejor balance con 43% de recall. Este desafío ha sido documentado previamente en literatura especializada (Shahiri et al., 2015), donde se recomienda el uso de técnicas de balanceo como SMOTE, que aplicamos exitosamente en Random Forest, mejorando su recall de 4% (sin SMOTE) a 15% (con SMOTE).

Variables predictoras y su interpretación

La identificación de puntaje previo (35%) y tipo de colegio (25%) como principales predictores tiene implicaciones importantes para políticas educativas. Paredes y Zuazo (2014) identificaron que el 86.6% de ingresantes a Veterinaria en la UPCH provenían de colegios particulares, similar a nuestra observación donde colegios privados mostraron mejor tasa de éxito relativo, aunque la mayoría de los postulantes (74%) provinieron de colegios públicos.

La variable "dif_anios" ($r=0.96$ con edad) resultó ser un mejor predictor que la edad por sí misma, un hallazgo no reportado en estudios previos. Esto sugiere que el tiempo de preparación desde el egreso escolar es más informativo que la edad cronológica del postulante.

Brecha de género en STEM

La marcada brecha de género identificada (94% varones en examen General, 86.2% en CEPREUNA) es consistente con tendencias globales en carreras STEM (Pinxten et al., 2019). Sin embargo, la mayor tasa de ingreso femenino en CEPREUNA (19.4%) versus General (12.9%) sugiere que programas de preparación estructurados pueden beneficiar particularmente a mujeres postulantes, un hallazgo relevante para políticas de equidad de género.

Ruralidad y acceso educativo

La distribución de ingresantes según ruralidad (Rural 3: 27, Rural 2: 20, Rural 1: 5) confirma que la accesibilidad geográfica, definida por la Norma Técnica MINEDU (2023), correlaciona con probabilidades de ingreso. Acharya et al. (2019) identificaron patrones similares en su análisis de universidades estadounidenses, donde la proximidad a centros urbanos influía en tasas de admisión.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis exploratorio reveló patrones significativos en la población de postulantes (2018-2022): 74% provinieron de colegios públicos, 60% de la región Puno, y 35% realizaron múltiples intentos de admisión. Se identificó una marcada brecha de género (94% varones en examen General), aunque la tasa de ingreso femenino fue superior en CEPREUNA (19.4%) versus General (12.9%), sugiriendo que programas de preparación estructurados benefician particularmente a mujeres postulantes. El impacto de COVID-19 generó un incremento del 58.6% en postulantes post-pandemia, evidenciando la acumulación de aspirantes durante la suspensión de procesos.

El preprocesamiento y la ingeniería de características fueron determinantes para el desempeño de los modelos. La evaluación de importancia de variables identificó que el puntaje obtenido en intentos previos contribuye en 35% a la predicción del ingreso, seguido por tipo de colegio (25%) y modalidad de admisión (18%). La creación de la variable "dif_anios" ($r=0.96$ con edad) resultó ser un mejor predictor que la edad cronológica, capturando el efecto del tiempo de preparación desde el egreso escolar. El análisis de multicolinealidad mediante VIF y la eliminación estratégica de variables correlacionadas (edad, $VIF=395.91$) mejoraron la estabilidad de los modelos. La normalización de variables numéricas mediante StandardScaler redujo el tiempo de entrenamiento sin comprometer el desempeño.

La comparación de seis algoritmos de aprendizaje automático mostró diferencias significativas en su desempeño. Support Vector Machines (SVM) obtuvo la mejor precisión global (92% accuracy, 86% precision, 43% recall), siendo el modelo más equilibrado para predecir ambas clases. Regresión Logística, aunque con menor accuracy (78%), presentó el mejor AUC-ROC (0.72), indicando superior capacidad de discriminación entre ingresantes y no ingresantes. Random Forest y KNN alcanzaron

accuracy de 83% y 85% respectivamente, pero con bajo recall para la clase minoritaria (15% y 3%). XGBoost presentó el peor desempeño ($AUC=0.41$), fallando completamente en identificar ingresantes, evidenciando su sensibilidad al desbalance de clases. Estos resultados confirman que no existe un modelo universalmente superior, sino que la selección depende de los objetivos institucionales: SVM para precisión global, Regresión Logística para capacidad de discriminación.

La validación temporal con datos 2022 confirmó la capacidad predictiva de los modelos, aunque con disminución en el desempeño respecto al conjunto de entrenamiento (2018-2021). SVM mantuvo su accuracy en 92%, mientras que Random Forest y KNN presentaron ligera disminución (2% y 1% respectivamente). El desafío persistente fue la detección de la clase minoritaria: Regresión Logística mejoró su recall al 58%, SVM alcanzó 43%, pero Random Forest solo logró 15% y XGBoost 0%. La aplicación de técnicas de balanceo (SMOTE) mejoró marginalmente el recall de Random Forest de 4% a 15%. Estos resultados subrayan la necesidad de actualización periódica de los modelos con datos recientes, especialmente considerando eventos disruptivos como la pandemia COVID-19 que alteraron significativamente los patrones de postulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acharya, A., & Sinha, D. (2019). Application of machine learning algorithms for predicting university admission acceptance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(4), 143-149.
- Arias, F. G., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting EIRL.
- AWS. (s.f.). ¿Qué es el análisis predictivo? Amazon Web Services.
<https://aws.amazon.com/es/what-is/predictive-analytics/>
- Bravo, J., Cevallos, A., & Intriago, E. (2021). Predicción del rendimiento académico mediante técnicas de aprendizaje automático y ensamble. *Revista Tecnológica ESPOL*, 33(2), 125-142.
- Candia, R. (2019). Predicción del rendimiento académico de estudiantes de primer semestre mediante técnicas de aprendizaje automático en la UNSAAC [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Chiny, M., Yero, J., & Palacio, J. (2008). Procesos de admisión universitaria en América Latina: Análisis comparativo. *Revista de Educación Superior*, 37(146), 45-63.
- Contreras, D., Molano, J., & Vega, A. (2020). Selección de variables para predicción del rendimiento académico en ingeniería industrial mediante Machine Learning. *Revista Educación en Ingeniería*, 15(29), 23-35.
- Dahouda, M., & Joe, I. (2021). A deep-learned embedding technique for categorical features encoding. *IEEE Access*, 9, 114381-114391.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3104357>
- DataScientest. (2021). K-Nearest Neighbors: Algoritmo y aplicaciones.
<https://datascientest.com/es/k-nearest-neighbors>
- DataScientes. (2022). Pandas: Análisis de datos en Python.
<https://datascientes.com/pandas>
- García, R., Amaya, Y., & Sánchez, L. (2019). Análisis de predicción y resultados de la prueba Saber Pro mediante redes neuronales. *Revista Científica*, 35(2), 186-199.
<https://doi.org/10.14483/23448350.14171>
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

- IBM. (2024). ¿Qué es el análisis predictivo? <https://www.ibm.com/es-es/topics/predictive-analytics>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., & Taylor, J. (2023). *An introduction to statistical learning: With applications in Python* (2nd ed.). Springer.
- López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 9(8), 69-74.
- Norma Técnica. (2023). Norma que regula la metodología para determinar el ámbito urbano o rural de los servicios educativos, y su grado de ruralidad. Resolución Ministerial N° 564-2023-MINEDU. Ministerio de Educación del Perú.
- Pinxten, M., De Laet, T., Van Soom, C., Peeters, C., & Langie, G. (2019). Purposeful learning in first-year undergraduate science and engineering education: Relating self-regulated learning to academic performance. *Learning and Individual Differences*, 71, 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.03.008>
- Ponce Guizabalo, E. (2024). Modelo de aprendizaje automático para predecir el rendimiento académico de estudiantes ingresantes a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Shahiri, A., Husain, W., & Rashid, N. (2015). A review on predicting student's performance using data mining techniques. *Procedia Computer Science*, 72, 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.157>
- Zaffar, M., Hashmani, M., Savita, K., & Rizvi, S. (2018). A study of feature selection algorithms for predicting students academic performance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(5), 541-549. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090569>

**DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS
SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS (SSES) DE
PÁRAMO Y BOSQUE ALTOANDINO DENTRO
DEL RÉGIMEN DE PLANEACIÓN TERRITORIAL
AMBIENTAL DE TUNJA Y MUNICIPIOS
ALEDAÑOS¹⁴**

**DESCRIPTION AND CHARACTERIZATION OF
THE SOCIO-ECOLOGICAL SYSTEMS (SESS) OF
PÁRAMO AND HIGH ANDEAN FOREST WITHIN
THE ENVIRONMENTAL TERRITORIAL
PLANNING FRAMEWORK OF TUNJA AND
SURROUNDING MUNICIPALITIES**

Andrea Carolina Garcia_Cabana¹⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.¹⁶

¹⁴ Derivado del proyecto de investigación: Análisis del régimen sociotécnico de planeación territorial: una mirada a través del marco de Sistemas Socioecológicos. Caso de estudio ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Tunja

¹⁵ Ingeniera Forestal Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Desarrollo Rural, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Doctora en Estudios ambientales y rurales, Pontificia universidad Javeriana, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

¹⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS (SSES) DE PÁRAMO Y BOSQUE ALTOANDINO DENTRO DEL RÉGIMEN DE PLANEACIÓN TERRITORIAL AMBIENTAL DE TUNJA Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS ¹⁷

Andrea Carolina García Cabana¹⁸

RESUMEN

Para comprender las dinámicas de funcionamiento de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino inmersos dentro del régimen de planeación territorial, se hizo necesario describirlos y caracterizarlos frente a las condiciones propias de cada uno de los recursos y elementos que componen estos sistemas. En este sentido, a través de este documento y empleando el marco analítico de SSEs de McGinnis & Ostrom, (2014), se realizó la caracterización de las unidades de recursos, los actores y los sistemas de gobernanza de los ecosistemas de páramo y bosque alto andino de Tunja y los municipios aledaños. Así mismo, se pudieron identificar los servicios ecosistémicos prestados por estos ecosistemas a las ciudades y ciudadanos aledaños. Para relacionar correctamente los conceptos se realizó una breve descripción de lo que se entiende por planeación, planeación territorial, sistema sociotécnico, régimen y transiciones sociotécnicas. Segundo, se describieron las unidades de recursos y sistemas de gobernanza, desde la visión de los actores de la zona de estudio recopilado a través de entrevistas y encuestas. Se compartieron los instrumentos 223 encuestas y 7 entrevistas con 230 personas, de las cuales 65 fueron actores asociados al sistema directamente y se encuestaron en campo. Los 7 actores entrevistados (líderes comunitarios, secretarios de planeación, profesores, empresarios), fueron seleccionados según recomendación de otros actores como potenciales para la población (bola de nieve) y 158 actores asociados al sistema de manera indirecta, respondieron una encuesta a través de formulario virtual.

¹⁷ Derivado del proyecto de investigación: Análisis del régimen sociotécnico de planeación territorial: una mirada a través del marco de Sistemas Socioecológicos. Caso de estudio ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Tunja

¹⁸ Ingeniera Forestal Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Desarrollo Rural, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Doctora en Estudios ambientales y rurales, Pontificia universidad Javeriana, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

ABSTRACT

To understand the functional dynamics of the páramo and high Andean forest ecosystems within the territorial planning framework, it was necessary to describe and characterize them according to the specific conditions of the resources and elements that compose these systems. Using the Socio-Ecological Systems (SES) analytical framework by McGinnis & Ostrom (2014), this document characterizes the resource units, actors, and governance systems of the páramo and high Andean forest ecosystems of Tunja and neighboring municipalities. It also identifies the ecosystem services these ecosystems provide to nearby cities and residents. To properly relate the key concepts, a brief description was included of planning, territorial planning, sociotechnical systems, and sociotechnical regimes and transitions. Second, the resource units and governance systems were described from the perspective of local actors, based on data collected through interviews and surveys. In total, 223 surveys and 7 interviews were administered to 230 participants: 65 actors directly linked to the system were surveyed in the field, and 7 interviewees (community leaders, planning officials, professors, business owners) were selected through snowball sampling based on recommendations from other actors. Additionally, 158 actors indirectly associated with the system completed an online survey.

PALABRAS CLAVE: Régimen socio técnico, planeación territorial, sistemas socio ecológicos.

Keywords: Sociotechnical regime, Territorial planning, Socio-ecological systems (SES).

INTRODUCCIÓN

La planeación es entendida como un proceso racional, sistemático y orientado a la toma de decisiones, mediante el cual se recopila y analiza información, se formulan proyectos, se asignan recursos y se establecen prioridades según las necesidades identificadas (Pérez-Preciado, 2013). Este proceso busca sentar bases compartidas para futuros posibles a través de acciones programadas (Acle Tomasini, 1989). No obstante, su definición resulta compleja, pues excede la visión de una simple relación instrumental entre el Estado y la transformación social o espacial. Campbell y Fainstein (2001) señalan que los actores involucrados en la planeación no siempre están preparados para asumir dicha responsabilidad, lo que genera ambigüedades entre quienes privilegian la labor técnica —asociada al uso del suelo— y quienes enfatizan la toma de decisiones en contextos de alta complejidad sociopolítica.

La planeación constituye una intervención intencional sobre el territorio orientada al aprovechamiento sostenible de los recursos, la reducción de la pobreza y la garantía del bienestar social, especialmente para los grupos más vulnerables (Gutiérrez & Sánchez, 2009; Boisier, 2001). Por su carácter interdisciplinario, integra diversas aproximaciones metodológicas, aunque en la práctica suele apoyarse más en la experiencia de los planificadores que en referentes teóricos claramente delimitados (Campbell & Fainstein, 2001). Esta brecha entre teoría y práctica ha motivado la necesidad de fortalecer los procesos reflexivos y críticos que permitan integrar, retroalimentar y consolidar el campo disciplinar. A esto se suma que los planificadores no son los únicos actores que inciden en el territorio: empresas, políticos y otros grupos operan desde lógicas de poder que pueden contradecir o reconfigurar las decisiones técnicas, haciendo del campo de la planeación un espacio conflictivo y en constante disputa (Campbell & Fainstein, 2001). Históricamente, la planeación urbana moderna surgió en el siglo XIX con movimientos como la Ciudad Jardín y el City Beautiful, y se institucionalizó entre 1910 y 1945. Sin embargo, la estandarización y las crisis posteriores a la Segunda Guerra Mundial condujeron a una diversificación de enfoques y a una pérdida de confianza en el papel del Estado como principal actor en la planificación, fenómeno agravado tras la caída del modelo de la Gran Sociedad en la década de 1960 (Campbell & Fainstein, 2001). Estos desafíos impulsaron una visión más crítica en la planeación contemporánea.

En América Latina, la planeación se institucionalizó gracias a misiones impulsadas por la CEPAL y respaldadas por Estados Unidos, destinadas a contrarrestar posibles regímenes comunistas. En Colombia, aunque existían antecedentes de planificación económica a través de estudios como los de Kemmerer (1923, 1930) y Currie (1949), la planeación se formalizó en 1958 (Morcillo, 2002). Desde la década de 1950 ha predominado el Modelo Racional Integral (MRI), que ha influido de manera decisiva en los instrumentos oficiales de planificación. Este modelo destaca por su flexibilidad y capacidad de adaptación, lo que explica su persistencia pese a múltiples críticas (Grosso Rincón, 2009; Pérez-Preciado, 2013). El MRI integra los factores relevantes al problema mediante un proceso racional (Alexander, 1992), pero enfrenta dificultades como su dependencia de estructuras rígidas, su limitada capacidad para incorporar dinámicas de poder y los altos costos y tiempos que implica aplicarlo en contextos complejos (Flyvbjerg, 1998; 2003; Hudson, 1979).

Aunque se presenta como un ciclo estructurado (Friedman, 1959; Hudson, 1979), el MRI no opera plenamente como tal, pues la retroalimentación es tardía y las fases no se ajustan a los cambios sociales y ecológicos que surgen durante su implementación (Morcillo, 2002; Acevedo, 2009). Debido a ello, diversos autores proponen complementarlo con enfoques de manejo adaptativo, los cuales promueven el aprendizaje continuo, la retroalimentación constante y la capacidad de ajuste frente a condiciones emergentes, especialmente relevantes en sistemas socioecológicos dinámicos (Henao, 2013; Walker et al., 2004).

En Colombia, la planeación territorial ambiental se desarrolla mediante el ordenamiento territorial, función del Estado orientada a regular el uso del territorio y los recursos naturales para garantizar un desarrollo sostenible. La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (Ley 1454, 2011) define el ordenamiento como un instrumento de planificación y gestión que busca fortalecer la institucionalidad, promover el desarrollo territorial y reconocer la diversidad cultural y geográfica del país. Este proceso aborda la protección de áreas ambientales estratégicas, la localización de grandes infraestructuras, la definición de zonas restringidas para la seguridad y defensa, y la distribución equitativa de los servicios públicos.

La implementación del ordenamiento territorial se articula con el ordenamiento ambiental establecido en la Ley 99 de 1993, gestionado por el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Este sistema coordina estrategias como la creación de áreas protegidas, los planes de manejo ambiental y la gestión de cuencas. La Constitución (art. 79) exige la participación

ciudadana en los procesos de planeación ambiental, garantizando la inclusión de diversas perspectivas y promoviendo la construcción de consensos. No obstante, persisten tensiones entre el SINA, el Sistema Nacional de Planeación y otros sistemas como el Presupuestal y el General de Participaciones, lo que genera duplicidad de esfuerzos y falta de articulación normativa. Estas descoordinaciones evidencian la necesidad de fortalecer la sinergia institucional para lograr una planeación territorial ambiental efectiva y coherente.

Régimen sociotécnico de planeación territorial

El análisis del funcionamiento de la planeación en Colombia, de sus definiciones, instituciones y normas, permite interpretarla como un **sistema sociotécnico** compuesto por redes de actores, instituciones, artefactos y conocimientos que proveen servicios a la sociedad (Geels, 2004; Markard et al., 2012). Asimismo, la práctica de la planeación territorial se comporta como un **régimen**, pues sigue una lógica institucional dominante y relativamente homogénea en las escalas nacional, regional y municipal (Broto, 2016; Fuenfschilling & Binz, 2018).

Concebir la planeación territorial como un régimen sociotécnico posibilita comprender tanto aciertos como limitaciones, especialmente porque estos regímenes tienden a mantenerse estables en el tiempo, con cambios lentos y graduales, motivados por factores externos (Geels, 2004; Muñoz, 2020; Schot & Geels, 2008). Para explicar cómo puede iniciar un proceso de transformación, Geels (2011) propone cuatro actitudes: la reformista (cambio gradual impulsado por élites), la revolucionaria impaciente (sustitución de élites), la revolucionaria paciente (innovaciones en nichos esperando el colapso del sistema) y la del luchador de base (estructuras paralelas que promuevan reemplazos graduales) (Boni et al., 2018). Estos cambios se dan mediante **transiciones sociotécnicas**, entendidas como transformaciones profundas en dimensiones tecnológicas, políticas, institucionales, económicas y socioculturales, que requieren la participación de múltiples actores y tiempo prolongado (Raven, 2012; Markard et al., 2012; Schot & Geels, 2008). En el marco del proyecto investigativo mencionado, cuyo objetivo es caracterizar las interacciones, unidades de recurso, actores y sistemas de gobernanza en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino en Tunja, se utilizan los enfoques anteriores y el marco analítico de los **Sistemas Socioecológicos (SSEs)** Figura 1. Para ello, se adoptan las actitudes primera, tercera y cuarta de Geels (2011), integrando una perspectiva interdisciplinaria y participativa. Con esta aproximación se identifican debilidades y retos

en la gestión de estos territorios estratégicos y se plantean alternativas para mejorar su gobernanza y su articulación con el régimen vigente de planeación territorial.

En cuanto a las **transiciones sociotécnicas**, un régimen es una lógica institucional dominante (Broto, 2016; Fuenfschilling & Binz, 2018) cuyo análisis incluye no solo presiones económicas sino también estructurales, políticas y socioculturales (Smith et al., 2005). Con frecuencia, fuerzas políticas actúan para conservar el statu quo, formando alianzas que refuerzan las resistencias al cambio (Muñoz, 2019; Geels, 2011). Las transiciones implican cambios estructurales en los sistemas, como los ejemplos clásicos del reemplazo del transporte de tracción animal por automóviles (Geels, 2011) o la transformación de los sistemas de saneamiento en ciudades latinoamericanas (Muñoz, 2019, 2020). Estas transiciones ocurren gracias a innovaciones radicales y presiones de actores que buscan resolver problemas del régimen vigente.

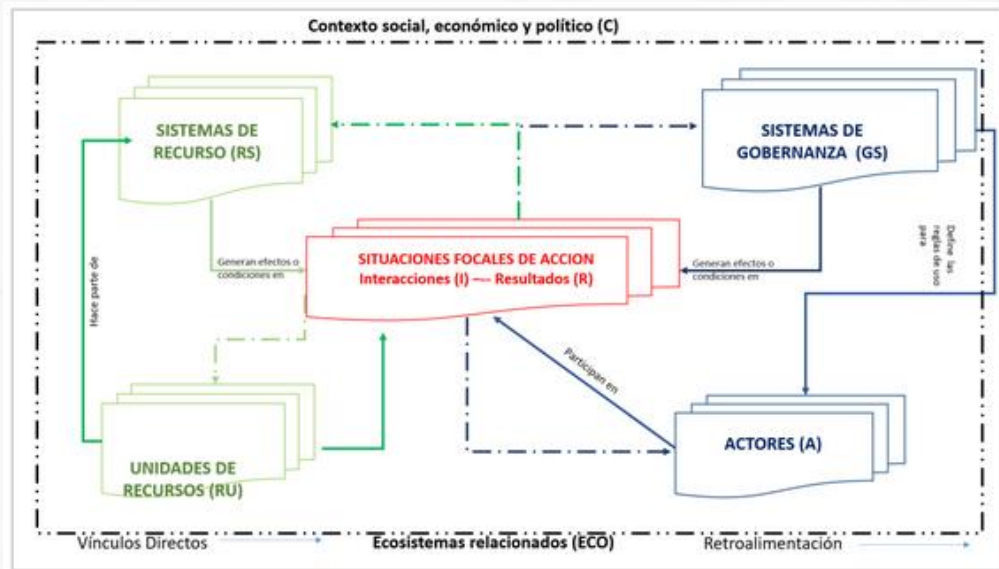
Su análisis considera tres niveles:

- **Micro (nicho):** espacio de innovación, con redes inestables y reglas incipientes. Allí se originan los cambios que pueden romper el régimen (Muñoz, 2019).
- **Meso (régimen):** sistema estabilizado, con reglas definidas que guían su funcionamiento.
- **Macro (paisaje o escenario sociotécnico):** condiciones estructurales de largo plazo que influyen en el sistema y cuya transformación es difícil (Muñoz, 2020).

El cambio profundo requiere articular innovaciones del nicho, presiones del paisaje y transformaciones en el régimen.

Finalmente, los **Sistemas Socioecológicos (SSEs)** son fundamentales para la planeación territorial porque integran variables ecológicas y sociales en un análisis holístico (Berkes et al., 2003). El marco propuesto originalmente por Ostrom (2009) y luego actualizado por McGinnis & Ostrom (2014) permite evaluar la sostenibilidad de SSEs complejos a partir de la interacción entre cuatro subsistemas: sistema de recursos, unidades de recurso, sistema de gobernanza y actores. Este análisis se estructura en tres niveles: el contexto político, social y económico; las variables de los subsistemas; y los resultados del desempeño socioecológico (Trujillo-Osorio et al., 2018). Su adopción facilita comprender las dinámicas de los ecosistemas estudiados y su relación con el régimen de planeación territorial vigente.

Figura 1. Marco conceptual de SSEs con sus variables o subsistemas de primer nivel.



Nota: Tomado y adaptado a partir de (McGinnis & Ostrom, 2014; Solano, 2018).

El marco conceptual de los SSEs permite comprender diversos aspectos relacionados con el uso y manejo tradicional de los ecosistemas, así como los cambios asociados a la influencia de elementos externos que suelen tener un mayor poder de decisión sobre el sistema. Además, ayuda a identificar la intensidad del uso de los recursos en relación con las actividades económicas, sociales y políticas, así como la dependencia de estos recursos. Este marco también facilita la comprensión de las interacciones entre diferentes nodos sociales, flujos e intercambios, así como el análisis de los conflictos que puedan surgir en el SSEs. Una de las ventajas principales es que pone énfasis en la gobernanza, otorgando importancia a la institucionalidad, las normas y los actores que participan en la toma de decisiones. En este análisis, se consideran los motores de cambio que afectan al recurso objeto de estudio (IAvH, 2015).

A continuación, en la Tabla 1 se detallan los subsistemas de primer nivel y algunas de las 53 variables de segundo nivel que pueden emplearse en el análisis. Estas variables proporcionan información clave para comprender la dinámica de los SSEs y los procesos de cambio asociados. Es importante destacar que el marco conceptual de los SSEs ofrece una base sólida para realizar un análisis integral y holístico de los problemas y desafíos relacionados con la gestión de los recursos naturales y la sostenibilidad. Permite considerar las múltiples dimensiones y escalas de los SSEs, así como la interacción entre los componentes sociales y ecológicos. Esto proporciona una perspectiva más completa y robusta para abordar los problemas y buscar soluciones sostenibles.

Tabla 1. *Subsistemas de primer nivel y variables de segundo nivel del Marco SSEs.*

Contexto social-económico-político (C)					
C1. Desarrollo económico - C2. Tendencias demográficas - C3- Estabilidad política C4. Otros sistemas de gobernanza - C5- Mercados - C6. Organizaciones de medios C7- Tecnología					
Categoría de análisis	de	Variables	Categoría de análisis	de	Variables
Sistema de Recurso (RS)		RS1: Sector	Unidad de recurso (RU)		RU1. Movilidad unidades de recurso
		RS2: Claridad de los límites del sistema			RU2. Tasa de crecimiento o reemplazo
		RS3. Tamaño del sistema de recursos			RU3. Interacción entre unidades de recurso
		RS4. Instalaciones construidas por humanos			RU4. Valor económico
		RS5. Productividad del sistema			RU5: Número de unidades
		RS6. Propiedades de equilibrio			RU6. Características distintivas
		RS7. Predictibilidad en dinámica del sistema			RU7: Distribución espacial y temporal
		RS8. Características de almacenamiento			
		RS9. Ubicación/ Localización.			
Sistema Gobernanza (GS)		GS1: Organizaciones gubernamentales	Actores (A)		A1. Número de actores relevantes
		GS2: Organizaciones no gubernamentales			A2. Caracterización socioeconómica de los actores involucrados
		GS3. Estructura de red			A3. Experiencias pasadas
		GS4. Sistemas de derechos de propiedad			A4. Ubicación / Localización
		GS5. Reglas operacionales			A5. Liderazgo / emprendimiento
		GS6. Reglas de elección colectiva			A6. Capital social (confianza / reciprocidad)
		GS7. Reglas constitucionales			A7. Conocimiento del SSE / Modelos mentales
		GS8. Reglas de monitoreo y sanción.			A8. Importancia del recurso (dependencia)
				A9. Tecnologías disponibles	
Situaciones de acción					
Interacciones (I)		Actividades y procesos	Resultados (R)		Criterios del resultado
		I1. Niveles de cosecha			R1. Medidas de desempeño social (eficiencia equidad, sustentabilidad, contabilidad)
		I2. Intercambio de información			R2. Medidas de desempeño ecológico (sobrexplotación, resiliencia, biodiversidad, sostenibilidad)
		I3. Procesos de deliberación			R3. Externalidades de otros SSE
		I4. Conflictos			
		I5. Actividades de inversión			
		I6. Actividades de lobby (cabildo)			
		I7. Actividades de autoorganización			
		I8. Actividades para creación de redes			
		I9. Actividades de monitorear			
	I10. Actividades evaluativas				
Ecosistemas relacionados (ECO)					
ECO1. Patrones climáticos - ECO2 Patrones de contaminación ECO4. Flujos hacia dentro y hacia fuera del SSE focal					

Fuente: Tomado y adaptado de (McGinnis & Ostrom, 2014; Solano, 2018)

MATERIAL Y MÉTODOS

La caracterización de los Sistemas Socioecológicos (SSEs) de páramo y bosque altoandino en Tunja y municipios aledaños se desarrolló mediante una metodología de investigación mixta con alcance descriptivo, basada en la integración de fuentes primarias y secundarias, así como en la aplicación de técnicas de recolección de información como entrevistas semiestructuradas y encuestas (Hernández et al., 2014). El proceso metodológico combinó herramientas cartográficas, revisión documental y análisis de representaciones sociales, siguiendo lineamientos adaptados de Vilarity (2009). Para la obtención de información primaria se realizaron 223 encuestas y siete entrevistas semiestructuradas, mientras que la información secundaria se obtuvo de informes técnicos, normatividad y documentos de planeación territorial y ambiental correspondientes al periodo 1991–2020 en los municipios de Tunja, Samacá, Cucaita y Ventaquemada.

La cartografía permitió identificar la configuración espacial de los SSEs y analizar los cambios de coberturas en los años 1989, 2003, 2015 y 2020. Esto incluyó el reconocimiento biofísico de los ecosistemas, la delimitación de unidades de recurso, la identificación de límites naturales y sociales, y la caracterización de elementos del sistema natural y social. Paralelamente, la investigación de archivo documental permitió examinar el sistema de gobernanza y sus marcos institucionales a partir de la revisión de normas como la Constitución Política, la Ley 9 de 1989, Ley 99 de 1993, Ley 134 de 1994, Ley 136 de 1994, Ley 152 de 1994, Ley 388 de 1997, el Decreto 879 de 1998, la Resolución 0276 de 1999, acuerdos municipales y decretos posteriores, así como la Ley 1454 de 2011 y el Decreto 1077 de 2015. Esta revisión se complementó con análisis de planes de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT), planes de desarrollo municipales y departamentales, y planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas.

El componente social se abordó mediante la metodología de representaciones sociales, entendidas como construcciones colectivas que reflejan las percepciones, imágenes y actitudes de los actores frente a los SSEs (Piaget citado en Jodelet, 1984; Moscovici, 1991, 2001). Estas representaciones actúan como indicadores de relaciones sociales dentro del sistema (Weisz, 2017). Entre enero y mayo de 2021 se encuestaron 230 personas bajo el método de bola de nieve. De estas, 65 correspondieron a actores directamente vinculados al sistema —campesinos, líderes comunitarios, actores gubernamentales locales— para quienes se aplicaron encuestas presenciales con 48 preguntas distribuidas en tres secciones: caracterización sociodemográfica, relación y uso

de recursos (agua, suelo, vegetación) y percepción del estado y manejo de los ecosistemas. Los 158 actores indirectamente relacionados respondieron una encuesta virtual de 23 preguntas divididas en cuatro secciones que indagaron sobre aspectos sociodemográficos, conocimiento y percepción de los ecosistemas, uso y control de los recursos. Las siete entrevistas semiestructuradas se aplicaron a líderes comunitarios, docentes, empresarios y funcionarios de planeación, con una guía de 10 preguntas orientadas a recoger experiencias y conocimientos sobre el manejo de los ecosistemas.

Para el análisis de la información se definieron variables siguiendo la propuesta del Marco de Análisis de Sistemas Socioecológicos (SSE) de McGinnis y Ostrom (2014), complementado por Delgado-Serrano y Ramos (2015). Estas variables se organizaron en cuatro dimensiones: Sistemas de Gobernanza (GS), Unidades de Recurso (RU), Sistemas de Recursos (RS) y Actores (A). El estudio contempló variables de segundo nivel, como RS2 (claridad de los límites del sistema), y variables de tercer nivel que permitieron un análisis más detallado adaptado a la escala local, por ejemplo, los límites naturales del sistema. Asimismo, se incorporaron variables externas asociadas a factores sociales, políticos y económicos a escalas superiores, así como patrones climáticos, que fueron analizados de manera transversal por su influencia en el comportamiento del sistema.

En conjunto, la metodología integró múltiples niveles de análisis para capturar la complejidad inherente a los SSEs de páramo y bosque altoandino, articulando dimensiones sociales, ecológicas, políticas y de gobernanza. La combinación de cartografía, revisión normativa, análisis documental, encuestas, entrevistas y métodos de representaciones sociales permitió construir una visión integral y robusta del régimen sociotécnico de planeación territorial ambiental en la región de estudio.

RESULTADOS

Se identificó que la información colectada en algunos casos fue dispersa y demasiado amplia. Esto se debió en parte a la amplitud de los atributos propuestos por el marco de McGinnis & Ostrom (2014), Para esto las variables de tercer nivel se convirtieron en elementos fundamentales que hicieron posible descomponer y desglosar las variables de segundo nivel en aspectos más concretos y precisos. Esto ayudó a obtener una comprensión más precisa y enfocada de las dinámicas y relaciones dentro de los SSEs.

A continuación, se presentan los hallazgos del área estudio por cada uno de los sistemas del marco analítico.

Sistema de recursos (RS)

En este subsistema se describen las condiciones ambientales y geográficas en las cuales se localizan o producen los recursos objeto de estudio. Las variables principales para este análisis fueron: Sector (RS1), Claridad de los límites del sistema (RS2) y Propiedades de equilibrio (RS6), tal como lo mencionan Delgado-Serrano y Ramos (2015). La variable RS2 fue especialmente relevante, ya que ayudó a identificar el sector o los límites del sistema, que en este caso son los páramos y bosques altoandinos ubicados en los municipios de Samacá, Ventaquemada, Cucaita y Tunja. Es crucial definir correctamente Los límites en el proceso de investigación o gestión de territorios porque permiten tener un mejor control de estos, como señala Ostrom (2000).

En relación con la delimitación de las áreas, se indagó sobre este aspecto a través de la variable de tercer nivel, Límites naturales de los ecosistemas RS2a. Además, se exploró la existencia de límites antropogénicos mediante la variable RS2b, y se investigaron las interacciones con el sistema y sus propiedades de equilibrio, variables que también se incluyeron en el análisis de otros subsistemas.

Las variables Sector (RS1) y Ubicación (RS9) corresponden a los municipios de Tunja, Samacá, Ventaquemada, Cucaita, y la variable Claridad de los límites del sistema (RS2) se centró en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino. Estas variables fueron las articuladoras del análisis y sirvieron como punto de partida para el estudio de las demás variables involucradas en el análisis de los SSEs.

Por otro lado, la variable Instalaciones construidas por humanos (RS4) se desarrolló a través de consultas realizadas a los actores involucrados en el estudio, con el fin de identificar las construcciones presentes en los predios. Estas construcciones incluyeron principalmente viviendas familiares rurales, así como escuelas, salones comunales y plantas de los acueductos rurales que se encontraron en el área.

En cuanto a la productividad del sistema (variable RS5), se obtuvieron datos a partir de las encuestas realizadas y de la cuantificación productiva realizada por la Cámara de Comercio de Tunja y los planes de desarrollo municipales que también aportaron información relevante en este aspecto. Esta información se relacionó directamente con la variable caracterización socioeconómica de los actores involucrados (A2)

específicamente a las actividades económicas de los actores en la zona de estudio que proporciona una mayor claridad sobre la productividad del sistema.

Unidades de recursos (RU)

Este subsistema se enfoca en la descripción de las unidades de recursos naturales que forman parte del sistema de recursos estudiado. Para este análisis, se consideraron varias variables destacando especialmente las indicadas en la Tabla 2. La variable RU1 se refiere a la identificación y caracterización de las unidades de recursos naturales presentes en el sistema. Estas unidades pueden incluir componentes físicos, biológicos o ecológicos relevantes para el estudio. RU3 se relaciona con la cantidad y calidad de los recursos naturales presentes en las unidades identificadas, lo cual es importante para entender la disponibilidad y estado de estos recursos, ya que pueden influir en su uso y manejo. La variable RU5 se centra en número de unidades de recurso. RU6 se refiere a las características distintivas de los ecosistemas analizados. Por último, RU7 se relaciona con la distribución espacial y temporal de los recursos naturales, para el caso de estudio en el área seleccionada y descrita anteriormente, y la escala temporal correspondiente al periodo entre 1991 y 2020. Esto permitió entender cómo están distribuidos los recursos en el territorio estudiado, así como las variaciones temporales que pueden influir en su disponibilidad y uso.

Las variables de segundo nivel RU1 y RU6 se refieren a la vegetación en la zona de estudio y sus características distintivas, la cual se ha observado que es diversa y se ajusta a las características propias de la zona andina seca. Se caracteriza por la presencia predominante de matorrales de tipo arbusto, pastizales y vegetación herbácea, junto con bosques húmedos montanos dominados por gramíneas o cultivos de alta montaña. También se han identificado fragmentos de pequeños bosques con especies como el Encenillo y otras propias de estos ecosistemas (Alcaldía de Cucaita, 2003; Alcaldía de Samacá, 2020; Alcaldía de Tunja, 2000, 2016; Galvis, 2008; Municipio de Samacá, 2015; POT, 2001).

En algunas veredas de los municipios de Samacá y Ventaquemada, se han establecido plantaciones de especies exóticas como pinos y eucaliptos (*Pinus*, *Eucalyptus*) para satisfacer las demandas de las actividades mineras en la zona.

En cuanto a las formaciones vegetales, se han identificado diversas zonas de vida que incluyen el bosque seco montano bajo (bs-MB), bosque húmedo montano bajo (bh-

MB), bosque húmedo montano (bh-M) y páramo andino (pp-A) Ver Imagen 1 (Alcaldía de Tunja, 2000). Con la variable RU5 correspondiente al número de unidades se manejó el porcentaje de coberturas vegetales presentes en el área Figura 2.

Figura 2. Coberturas en porcentaje presentes zona de estudio.

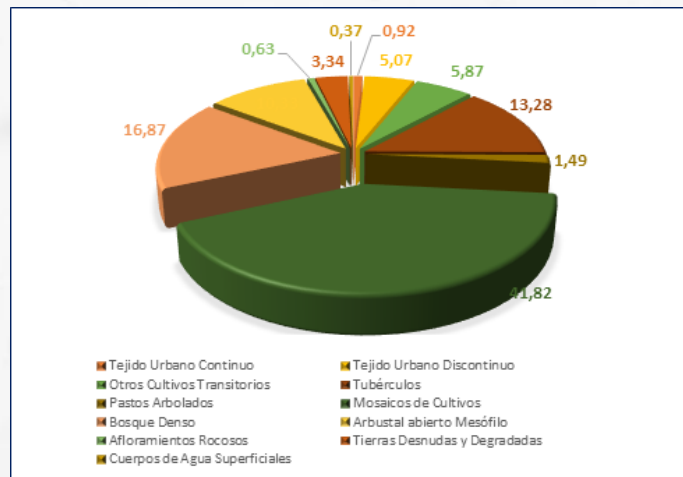


Imagen 1.



a. *Bosque Natural* presente en la vereda Guantoque Municipio de Samacá. b. *Regeneración de Uva camarona (Macleania rupestris)*. Vereda Gacal Palenque Municipio Samacá.

Nota: Fotografías tomadas en el año 2022 en diferentes veredas del área de estudio.

Así mismo, según el diagnóstico ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Tunja, existen dos áreas protegidas en el municipio que albergan páramos y bosque altoandino. Estas áreas son la Reserva Forestal Protectora “El Malmo” y la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Cabaña.

La Reserva Forestal Protectora “El Malmo” fue declarada en 1976 mediante el Acuerdo 36 del INDERENA. Se encuentra ubicada en la vereda Barón Germania abarca

aproximadamente 159 hectáreas. Esta reserva está compuesta principalmente por bosque denso, con la presencia de musgos, líquenes, orquídeas y bromelias. Además, en los límites de la reserva se encuentra una pequeña área de páramo. La gestión de esta reserva está a cargo de Corpoboyacá, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y organizaciones no gubernamentales como la WWF. (Alcaldía de Cucaita, 2003; Alcaldía de Samacá, 2020; POT, 2001).

Por otro lado, la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Cabaña fue registrada en la Resolución 129 de la Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia en 2018. Se encuentra ubicada en la vereda Runta y abarca un área de 68 hectáreas. En esta reserva también presenta una mezcla de especies de vegetación nativas (musgos, líquenes y helechos), junto con especies exóticas como pinos y cipreses, donde el 74% de esta reserva ha sido zonificado para conservación, debido a su buen estado ecológico según Corpoboyacá. El 8% corresponde a zona de amortiguación y manejo especial, que permite la transición entre áreas de agroecosistemas sin conflicto con la conservación. El 12% está zonificado como zona de agrosistemas para el desarrollo de cultivos transitorios y perennes, tanto domésticos como comerciales. También se ha asignado una zona de uso intensivo e infraestructura que incluye usos de vivienda, instalaciones de producción animal, vías, entre otros (Alcaldía de Tunja, 2022).

Además de estas reservas, se encuentra el páramo Altiplano Cundiboyacense, el cual está delimitado por la resolución 1770 de 2016. Este páramo abarca un área total de 5.799 hectáreas, de las cuales 838,39 hectáreas se encuentran en el municipio de Tunja, distribuidas en las veredas La Hoya, Barón Germania, Chorro Blanco, Runta, El Porvenir, La Esperanza y Tras del Alto. Es importante destacar que este ecosistema forma parte de un complejo de páramos que se extienden por otros municipios y provincias, como Firavitoba, Tibasosa, Cómbita, Arcabuco, Soracá, Siachoque, Chivatá, Cucaita, Sora, Ventaquemada y Samacá en el departamento de Boyacá, así como Villapinzón, Suesca, Chocontá, Cucunubá, Lenguaque, Gachancipá y Nemocón en el departamento de Cundinamarca. Esta interconexión ecosistémica entre diferentes municipios y provincias es de gran importancia para la conservación de los páramos (Alcaldía de Tunja, 2016; Alcaldía de Tunja, 2022; POT, 2001). Los anteriores ecosistemas son fundamentales para el municipio de Tunja, toda vez que, componen la estructura ecológica principal de la ciudad esto en asocio con el páramo de Rabanal, el Sistema de humedales del suelo rural y urbano, las cárcavas, el parque recreacional del norte, el pozo de Donato, y las rondas

de los ríos Jordán, la Vega, las quebradas La Cascada, San Antonio, El Triunfo, La Colorada, La Cebolla y la Picota (Alcaldía de Tunja, 2022).

En síntesis, el área de estudio ocupa un total de 41518.38/415148.38 ha. De esta superficie el 227 ha se encuentra en área de reservas naturales, con 39% bosque natural denso para el año 2020 en alguna zona se encuentra vegetación herbácea y arbustiva, alternada con plantaciones de Eucalipto, pino o ciprés y cultivos transitorios. Las debilidades son el poco porcentaje de áreas de protección con respecto a las necesidades y características de las coberturas presentes, el incremento de conflictos por el uso de las unidades de recurso y la falta de claridad frente a los límites naturales y antrópicos, los desafíos iniciales frente a las unidades de recursos es realizar una zonificación a escala detallada que permita el seguimiento de las coberturas de acuerdo a las características distintivas de las coberturas que la conforman.

Sistema de gobernanza (GS)

En este subsistema se realizó un análisis detallado sobre la toma de decisiones y la implementación de la normatividad en la gestión de los SSEs de páramo y bosque altoandino en el área de estudio. Se utilizaron las ocho variables establecidas en el marco analítico de McGinnis & Ostrom, (2014), las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 2.

Con relación a las variables GS1 y GS2, que corresponden a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales presentes en el área de estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo utilizando datos obtenidos de los actores encuestados y entrevistados en esta investigación. En cuanto a las organizaciones gubernamentales (GS1), a nivel nacional se identificaron entidades que intervienen en el proceso de planificación y gestión territorial de ecosistemas estratégicos, entre ellas se encuentran la Presidencia de la República, el Sistema Nacional de Planeación y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), los cuales establecen la ruta de navegación en materia de ordenamiento y planificación del país. En términos de manejo de recursos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Sistema Nacional Ambiental (SINA) proporcionan lineamientos para la gestión ambiental, mientras que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural interviene en áreas de producción agropecuaria y forestal.

A nivel departamental, se identificaron la Gobernación de Boyacá y la Asamblea Departamental, encargadas de la administración, gestión y legislación en temas de salud, educación, infraestructura y ambiente. Además, CORPOBOYACÁ como autoridad

ambiental máxima reconocida con funciones de control, vigilancia, ordenamiento territorial y protección de los recursos naturales. A nivel local, se identificaron entidades del sector público con influencia en el recurso, como las alcaldías de Cucaita, Ventaquemada, Tunja y Samacá, así como los Concejos municipales.

En cuanto a las organizaciones no gubernamentales (GS2), en los municipios existen organizaciones tradicionales de la sociedad civil que se agrupan para abordar problemáticas y gestionar situaciones que enfrentan las comunidades locales. La mayoría de estas organizaciones están reconocidas a nivel municipal, y algunas también tienen presencia a nivel departamental y nacional. En la Tabla 2, se presenta un resumen de las organizaciones identificadas:

Tabla 2. Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales identificadas en la zona de estudio.

Organizaciones gubernamentales	Orden	Organizaciones no gubernamentales	Orden
Presidencia de la República	Nacional	Asociación de productores de papa, zanahoria, cebolla	Local
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Nacional	Ganaderos	Local
Sistema Nacional de Planeación SNP	Nacional	Artesanos	Local
Departamento Nacional de Planeación DNP	Nacional	Usuarios acueductos rurales	Local
Sistema Nacional Ambiental SINA	Nacional	Iglesias	Local
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Nacional	Líderes sociales	Local
Gobernación de Boyacá	Nacional	Juntas de acción comunal	Local
Corporación Autónoma Regional CORPOBOYACÁ	Regional	Juntas de acueductos rurales	Local
Asamblea Departamental	Departamental	Líderes ambientales	Local
Alcaldías (Tunja, Samacá, Cuitiva, Ventaquemada)	Local	Habitantes rurales	Local
Concejos municipales (Tunja, Samacá, Cuitiva, Ventaquemada)	Local		

En la zona los actores encuestados señalan que conocen varios tipos de organizaciones con presencia en las veredas, pero únicamente el 13% hace parte de alguna organización formal (asociaciones, cooperativas). El 13% pertenecen a la junta del acueducto veredal, aunque el 70,3% tiene acceso al acueducto. Reportan que con las personas que más se relacionan en la vereda son con los vendedores de productos agropecuarios, quienes a su vez facilitan otros servicios como el préstamo de efectivo y se han convertido en un punto de reunión permanente, lo que hace que reporten como influyentes a los dueños de los almacenes de agroquímicos. Igualmente manifiestan que les gusta participar de actividades de índole comunitario sin la participación de “políticos de turno” y que las actividades que más desarrollan son el convite con (40%), mano prestada (20%), y otras (16,9%), en estas últimas mencionan el trueque, préstamos familiares, reuniones y cadenas, que les permiten desarrollar las obras que los políticos y las alcaldías no hacen, según los encuestados responden en el instrumento.

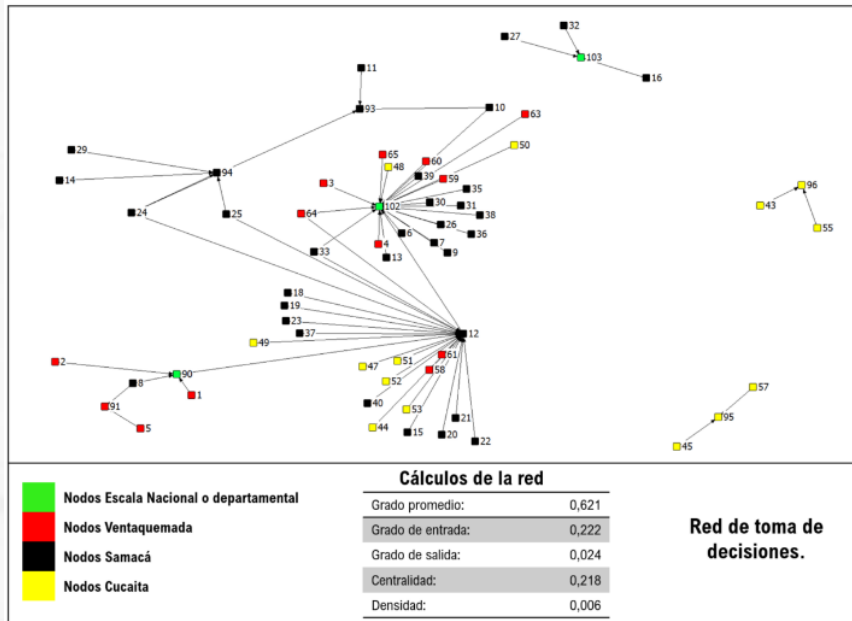
La variable GS3 se centra en la estructura de la red, y se lograron identificar diversas redes presentes en el territorio estudiado, incluyendo redes económicas, políticas y sociales. Estas redes tienen diferentes niveles de fortaleza y presencia. Mediante esta variable, se pudo determinar las configuraciones de las redes presentes que influyen en la toma de decisiones. Además, se investigó la red de compra y venta de insumos agropecuarios y la red de control de los ecosistemas.

En la Figura 3 se puede observar una red conformada por 102 actores que están directamente relacionados con los SSEs. Según las respuestas obtenidas, la comunidad (102) se percibe como el actor más influyente en la toma de decisiones en el territorio. También se destaca al señor Isidro Bastidas (12), quien históricamente ha estado involucrado en los procesos de la junta de acción comunal. Asimismo, se reporta que el presidente de la junta, independientemente del período, desempeña un papel fundamental en representar los intereses de la comunidad en la toma de decisiones.

Los actores ubicados en la parte derecha han sido mencionados al menos por un actor en este contexto. Es importante destacar que esta red tiene una densidad de 0,006, lo cual es relativamente bajo en comparación con el número total de posibles relaciones existentes que pueden alcanzar hasta 5151 relaciones posibles (densidad de la red = $(\# \text{ de nodos} * (\# \text{ nodos} - 1)) / 2$).

Figura 3. Red de toma de decisiones desarrollado en NetDraw del software UCINET

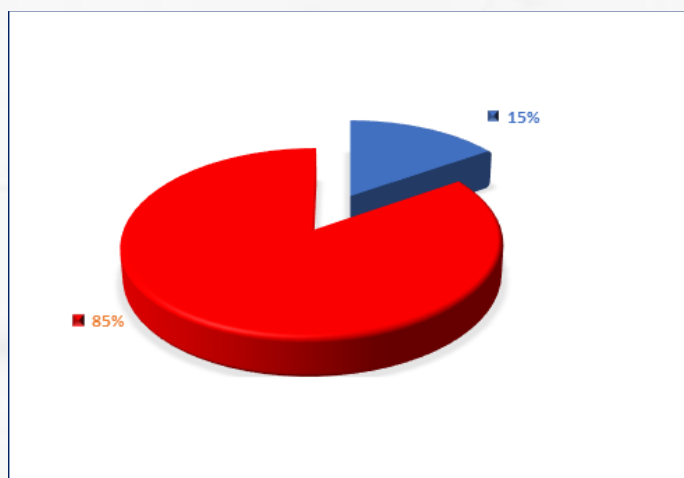
6.



Nota: En el grafo de la red de toma de decisiones presenta en los cuadros los nodos correspondientes a los actores encuestados, cada color señala el municipio al cual pertenece el nodo. Existen unos nodos que son de orden nacional o departamental que hacen presencia en la zona de estudio. Por ejemplo, la Policía.

En el caso del GS4, que aborda los sistemas de derecho de propiedad, se indagó para determinar quiénes en la zona de estudio eran propietarios de los predios consultados y quiénes se encontraban en otros tipos de situación. Los resultados revelaron que aproximadamente el 85% de los encuestados eran propietarios de los predios, mientras que el 15% restante no lo eran, algunos eran arrendatarios, herederos o estaban bajo la figura de “empeño” (Figura 4).

Figura 4. Porcentaje de propietarios de los predios en las zonas con SSEs de páramo y bosque altoandino en los municipios de Samacá, Ventaquemada, Cucaita y Tunja.



Nota: En rojo se encuentran los propietarios de los predios en la zona de estudio, en azul están los actores encuestados que no tienen título de propiedad y se encuentran bajo otras figuras de posesión y ocupación como la falta tradición, arrendamiento, herencia, empeño o casa familiar.

Las variables restantes GS5, GS6 y GS7 responden a las reglas operacionales, reglas de elección colectiva y reglas constitucionales respectivamente. En cuanto a GS5 los planes de desarrollo y ordenamiento territorial consultados y las visitas de campo realizadas, reportan que los usos actuales de los suelos rurales de los municipios objeto de estudio, relacionados con las reglas operaciones están enfocados en actividades agropecuarias, de protección, conservación, aprovechamiento, recreación, urbanización, comercio y servicios. La literatura reporta en los municipios la presencia de bosques secundarios y rastrojos, también se menciona que los cultivos más frecuentes en la zona son papa (*Solanum tuberosum L.*), trigo (*Triticum L.*), maíz (*Zea mays L.*), frijón (*Phaseolus vulgaris L.*), habas (*Vicia faba L.*), arveja (*Lathyrus oleraceus Lam.*) y hortalizas; en algunos espacios predominan los pastos de origen africano o asiático adaptados a Colombia como: kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov.*), ray-grass (*Lolium perenne L.*), oloroso (*Anthoxanthum L.*) y pasto azul (*Poa annua L.*) para uso exclusivo de ganadería (Alcaldía de Cucaita, 2003; Alcaldía de Samacá, 2020; CORPOBOYACA, 2016; Municipio de Samacá, 2015; POT, 2001).

Durante el análisis de los conflictos de uso del suelo, se identificó que, a pesar de que cada municipio tiene su propia clasificación de usos y propuestas de regulación, existen conflictos entre los usos potenciales y los usos reales del suelo, presentando conflictos con las reglas operacionales GS5. Para contrastar esta información con la literatura existente, se utilizó una serie de imágenes satelitales que abarcaban el período

desde 1991 hasta 2020, con el fin de determinar las coberturas predominantes en la zona de estudio (ver Figura 3).

Los resultados muestran que la cobertura con mayor predominancia es la de mosaicos de cultivos, abarcando aproximadamente el 41% del área total estudiada, mientras que los bosques representan casi el 17% del área, lo cual confirma que el uso principal del suelo en la zona es de carácter agropecuario, en concordancia con los usos observados *in situ*, contrario a los usos potenciales y las propuestas de regulación existentes. Estos resultados pueden ayudar a comprender los conflictos de uso del suelo y las tensiones entre los usos actuales y los usos potenciales en la gestión de los SSEs de la zona.

Los encuestados manifiestan que hay reglas establecidas con los vecinos para el uso de los recursos, sobre todo frente a la protección de los bosques, señalando usos permitidos, y quienes no cumplen reciben una sanción de índole social como, por ejemplo, no acceder a figuras de colaboración comunitaria como lo es “mano prestada” (GS6), señalan que cada uno se dedica “a lo suyo” pero la intención principal es cuidar el bosque y el páramo.

Frente a las reglas constitucionales (GS7), Tunja y los municipios aledaños desarrollan su actividad de ordenamiento y desarrollo territorial con base en lo establecido en la institucionalidad nacional).

Durante el análisis, se identificó que además de la normatividad a nivel nacional, los municipios objeto de estudio contaban con diferentes instrumentos de planificación y gestión que tenían influencia sobre los recursos presentes en los SSEs de páramo y bosque altoandino. En cuanto a los planes de desarrollo, se encontró un total de ocho planes a nivel nacional, nueve planes a nivel departamental y ocho planes a nivel municipal. Estos planes de desarrollo proporcionan directrices y lineamientos para la gestión territorial y el desarrollo sostenible en cada nivel de gobierno.

Además de los planes de desarrollo, se identificaron cuatro planes de ordenamiento territorial a nivel municipal. Estos planes son instrumentos específicos que regulan el uso del suelo, la ocupación del territorio y la protección de los recursos naturales en el ámbito municipal, sin embargo, no se encontró un plan de ordenamiento departamental en la documentación revisada, lo que indica que actualmente el único instrumento integrador a nivel departamental es el plan de desarrollo. La Figura 9 proporciona una visualización de la distribución y relación entre los diferentes

instrumentos de planificación identificados. Estos instrumentos son fundamentales para la toma de decisiones y la implementación de medidas de gestión en los SSEs estudiados, ya que establecen directrices para el manejo de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Es importante tener en cuenta la existencia y articulación de estos instrumentos de planificación para garantizar una gestión adecuada de los SSEs y promover la conservación y el uso sostenible de los recursos presentes en el páramo y bosque altoandino.

Frente a la variable reglas de monitoreo y sanción (GS8), en referencia al control de los ecosistemas se encontró que el 36% de los encuestados manifestaron desconocer quién ejerce el control, el 12% mencionó a Corpochivor, el 19% señaló a Corpoboyacá, el 12% relacionaron a la Alcaldía y a la policía, la comunidad fue relacionada por 17% y el 4% restante señaló que nadie controlaba. Por otro lado, el 24% de los encuestados manifestaron conocer sanciones por el mal uso de los ecosistemas como quemas, talas o robo de varas del monte, el 50% dice que no sabe y el restante (26%) mencionan que no aplican ningún tipo de sanción.

Los encuestados reconocen la importancia de los bosques y páramos debido a los servicios que brindan, 33% reconocieron el agua como principal servicio, el aire limpio y oxígeno 15%, importantes para la flora y fauna 13%, la madera 7% y protección 6%; 29% manifiesta no conocer ningún beneficio, sin embargo, el 1% señala que los bosques y páramos en sus predios les representa es una problemática, ya que son áreas que no pueden tocar pero si deben pagar la totalidad de los impuestos por áreas improductivas, aún no les pagan por cuidar ni descuentan a nivel tributario.

También explican que enfrentan dificultades para acceder a servicios de energía eléctrica y gas, lo que los lleva a utilizar leña como medio de subsistencia a pesar de entender que pueden afectar el ecosistema. Además, el 6,9% de los encuestados manifiestan que hace alrededor de 10 años han tenido que cambiar de actividad económica debido a los daños ocasionados en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino o a las medidas de protección ejercidas en el área.

En relación con el manejo de los SSEs, es importante destacar que los municipios han seguido los lineamientos técnicos establecidos a nivel nacional en términos de zonificación, creando la cartografía, por ejemplo, de la estructura ecológica principal, usos del suelo, conflictos por usos, amenazas y riesgos entre otros. Así mismo, han trabajado en el manejo de zonas protegidas y de conservación generando declaraciones

de áreas y formulación de políticas que puedan ayudar a gestionar estos espacios. Sin embargo, se ha observado una tendencia hacia la adopción de enfoques sectoriales en lugar de abordajes integrales de manejo. A pesar de esta situación, se han implementado algunas estrategias de gestión por parte de los municipios, como la restauración de las rondas hídricas, y reforestación en las zonas aledañas a la represa de Teatinos fuente abastecedora del recurso hídrico para Tunja y municipios cercanos, las cuales han contado con el respaldo y acompañamiento de diversas entidades. Esto pone de manifiesto la existencia de una institucionalidad presente en el territorio que participa activamente en la gestión de los SSEs.

Es importante tener en cuenta que las acciones de gestión realizadas recaen directamente sobre los sujetos sociales que habitan en el territorio o que demandan los recursos presentes en él. Por lo tanto, resulta fundamental tener en cuenta las necesidades y demandas de la comunidad local en la planificación y ejecución de las estrategias de gestión de los SSEs.

En conclusión, aunque se ha seguido la normativa técnica nacional en cuanto a la zonificación y manejo de zonas protegidas y de conservación, es necesario promover una visión integral y coordinada en el manejo de los SSEs. Asimismo, se deben fortalecer las estrategias de gestión, involucrando de manera activa a las entidades pertinentes y asegurando la participación efectiva de la comunidad local en la toma de decisiones relacionadas con estos recursos.

Actores (A)

En este subsistema, se realizó el análisis de los actores que influyen o son afectados por el sistema de recursos. En la primera versión del marco SSEs, estos actores se denominaron "usuarios", pero en la versión de McGinnis & Ostrom, (2014), se amplió el término a "actores" para abarcar un rango más amplio de aplicación. Dentro de este subsistema, se examinaron variables relacionadas con los actores relevantes, tanto directos como indirectos (A1), se realizó la caracterización socioeconómica de los mismos (A2), se estudiaron las experiencias pasadas de cada actor con respecto al recurso (A3), se analizó la ubicación y localización geográfica de los actores (A4), y se evaluó el liderazgo ejercido por cada uno de ellos (A5).

Durante este proceso de investigación se encuestaron 65 actores (A1) de los distintos municipios, 16 de Cucaita, 5 de Tunja, 31 de Samacá y 13 de Ventaquemada.

En cuanto a los atributos socioeconómicos y demográficos (A2 y A4), se identificó que la población registrada en el censo de 2018 en el área de estudio fue de 210.277 habitantes. La concentración más alta fue en Tunja, con 172.548 habitantes, seguido de Samacá con 18.298 habitantes, Ventaquemada con 15.706 habitantes y Cucaita, el municipio más pequeño, con 3.725 habitantes (Tabla 6). De estos, 174.771 habitantes residen en las áreas urbanas de los municipios, mientras que 35.506 habitantes se encuentran en las zonas rurales (DANE, 2018). Es importante destacar que los municipios distintos a Tunja presentaron una mayor proporción de su población en las áreas rurales, superando el 60% del total de su población respectivamente.

Durante la encuesta, se encontró que la mayoría de las familias consultadas estaban compuestas por cuatro miembros (49,2%), seguidas de hogares con tres miembros (29,2%). Además, se registró que las familias se conformaban en 58% por adultos mayores de 50 años y (40%) adultos entre 25 y 50 años, seguidos de niños de 0 a 13 años (2%), el 70% de las familias consultadas tienen entre 1 y 2 adultos mayores en su hogar. Además, se constató que un porcentaje significativo de los encuestados (72,35%) ha vivido en las veredas visitadas durante más de 20 años. En cuanto a la tenencia de tierras, se observó que el 85% de los encuestados son propietarios. El tamaño predominante de las unidades productivas fue de 2 a 5 fanegadas, y se manifestó una alta dependencia económica (87.7%) de lo producido en sus propiedades.

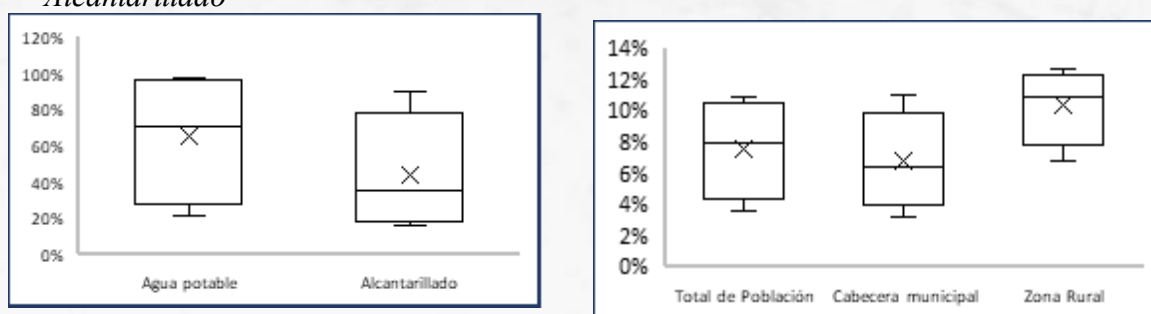
Con relación a las actividades económicas reportadas en la encuesta, las más mencionadas fueron la agropecuaria (49,4%), la agrícola (27,7%) y la pecuaria (15,4%). Cabe destacar que el 66,2% de los encuestados emplea mecanización para el alistamiento de sus terrenos, mientras que el 78,5% utiliza fertilización química, además, el 41,5% emplea alimentos concentrados para el ganado.

Tabla 3. Población urbana y rural municipios zona estudio.

Municipio	Población				
	Cabecera	%	Centros poblados rurales dispersos	%	Total
Tunja	163.894	94,9	8.654	5,01	172.548
Cucaita	1.457	39,2	2.268	60,8	3.725
Samacá	7.075	38,6	11.223	61,4	18.298
Ventaquemada	2.345	14,9	13.361	85,1	15.706

Los municipios estudiados, incluyen en sus áreas rurales ecosistemas estratégicos de páramo y bosque altoandino, mismos municipios con un alto porcentaje de necesidades básicas insatisfechas (NBI). Específicamente, se observó que la zona rural de Tunja y Samacá presentaba un 12,75% y 11,07% de NBI, respectivamente (Figura 10). El índice NBI permite evaluar la vulnerabilidad de las comunidades en términos de acceso y disponibilidad de servicios públicos, acceso a educación, dependencia económica, condiciones de vivienda y hacinamiento. Estas cifras indican las dificultades que están enfrentando los habitantes de estas áreas para tener una buena calidad de vida (ver Figura 5).

Figura 5. Indicadores de Población con NBI en la zona de estudio. 1) Población con NBI comparado municipios zona de estudio. 2) Cobertura de Agua potable y Alcantarillado



1.

2)

Nota: X muestra el promedio de necesidades insatisfechas por cada tipo de población.

Frente al acceso al agua potable, en Samacá se indica en el plan de desarrollo que solo el 50% de la población tiene acceso a este servicio, y se establece una meta de alcanzar un cumplimiento de hasta el 60% al finalizar el periodo de gobierno. En cuanto al alcantarillado, el porcentaje disminuye a 43,9%, con una meta del 50%, sin embargo, las áreas rurales no están cubiertas por este servicio (Alcaldía de Samacá, 2020). En Cucaita, el suministro de agua es muy escaso para satisfacer las necesidades tanto de la zona urbana como rural. Se menciona que solo la vereda Pijaos cuenta con fuentes de agua suficientes, y se destaca la importancia de los bosques altoandinos como determinantes para el abastecimiento y la calidad del agua. En este municipio el sistema de alcantarillado es ineficiente y no hay prestación del servicio suele atribuirse a la dispersión de las viviendas en la zona rural, siendo comunes las letrinas y los baños conectados a pozos sépticos, donde el 84% hace uso de estas alternativas (Alcaldía Cucaita, 2020). En el municipio de Ventaquemada, según el informe del DANE (2018), el servicio de acueducto cubre al 93,95% de la población, mientras que la cobertura de alcantarillado alcanza el 26,87% en la totalidad del municipio.

Según el diagnóstico realizado para el municipio de Tunja, la cobertura de agua potable es del 100% en la zona urbana y del 96% en las zonas rurales. En cuanto al alcantarillado, el sector urbano tiene una cobertura del 98%, mientras que en las zonas rurales se reportan deficiencias en el servicio, con una variación entre el 70% y el 82% en las veredas.

Las actividades económicas más representativas en Tunja, de acuerdo con el Plan Agropecuario Municipal 2020-2023, se centran en el sector agropecuario y ambiental y se llevan a cabo en altitudes de hasta 2822 metros sobre el nivel del mar. Aunque se ha observado un aumento en el número de empresas del sector terciario registradas en el municipio según la Cámara de Comercio (2021), Tunja mantiene un perfil agrícola y ganadero. Los cultivos tradicionales en la zona incluyen arvejas, cebada, cebolla bulbo, papa, papa criolla y zanahoria (**Figura 6**).

Figura 6. *Actividades económicas agropecuaria de Tunja*



Nota: Número de unidades empresariales de actividades agropecuarias reportadas por la Cámara de Comercio de Tunja 2021.

En el sector primario hay otras actividades económicas representativas, como la explotación de minas y canteras para material de construcción, donde se reportan 96 unidades empresariales registradas en la Cámara de Comercio municipal. En el sector secundario, también tiene una buena participación económica con fábricas, talleres, laboratorios e industria de la construcción. En cuanto al sector terciario, Tunja tiene una muy buena representación con empresas de suministro de electricidad, gas, vapor, aire acondicionado, tratamiento de agua, comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores y motocicletas, transporte y educación, entre otras, actividades que demandan recursos hídricos para el desarrollo de estas (Alcaldía de Tunja, 2016).

Para Samacá, las actividades económicas se soportan en el sector terciario de la economía, con un 46%. Las actividades del sector primario aportan al municipio en un 43,20% y el secundario 10,53%. De las actividades que sobresalen y representan mayor importancia están la agricultura con 43,91% y la explotación minera 11,56% (Alcaldía de Samacá, 2020). Cucaita también basa su economía en la agricultura, sin embargo, la incidencia de las condiciones y la variabilidad climática han hecho que esta actividad disminuya debido a la falta de agua e infertilidad de suelos, por lo cual, se observa un incremento de la actividad pecuaria (17%) sobre la agricultura (12%). El sector agrícola se soporta en la producción de cebolla cabezona, papa, arveja y pastos (Alcaldía Cucaita, 2020). Ventaquemada al igual que los otros municipios, se caracteriza por sus actividades

agropecuarias, así como por sus actividades comerciales, reparación de vehículos, servicios de comida y alojamiento. El porcentaje de aporte económico al municipio de las actividades de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca es de 56%, y el resto de las actividades son minería, industria manufacturera, construcción, entre otras, sin embargo, no superan el 15% cada una. Esto identifica que los municipios estudiados basan su economía principalmente en el sector agropecuario y son dependientes de los recursos requeridos para la producción (suelo, agua), los cuales con el paso del tiempo han mostrado un deterioro y baja en la cantidad y calidad, especialmente en el recurso hídrico para los cultivos y el ganado, atribuidos a los cambios en el clima y al aumento de la demanda por el incremento de la población y unidades de vivienda.

En cuanto a las experiencias pasadas con el recurso por parte de los actores (A3) se indagó sobre la percepción de los cambios en el uso y cantidad de cobertura de los páramos y bosques altoandinos, donde 58% de los entrevistados reportaron que conocen los límites de los ecosistemas, en especial, los habitantes que llevan en el área más de 20 años. Adicional, los habitantes que llevan más tiempo en la zona (44%), señalan que los ecosistemas de bosque altoandino y páramo con el paso del tiempo han disminuido, algunos (12%) reportan que, gracias a prácticas de reforestación desarrolladas por las alcaldías en algunos sectores, han permitido incrementar el área, mientras que 30% de los entrevistados señalan que lo recuerdan igual, sin aumento ni disminución.

El 45% de los entrevistados señalan que tradicionalmente en los meses diciembre a marzo presentan mayores dificultades con el acceso del agua, esto debido al tiempo seco y a la falta de cobertura boscosa. El 41% adicional señala que no han presentado dificultades de acceso ya que tienen reservorios en sus parcelas, y el 14% restante señala que a veces se ven afectados por la falta de agua, y más de la mitad (68%) considera que la calidad del agua a la que tienen acceso es buena, 18% regular, 9% mala y el 5% no respondió.

Frente al uso y dependencia de los recursos presentes en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino (A8), los actores señalan que además de sus prácticas productivas agropecuarias, el 68% de los habitantes emplean la leña para sus actividades diarias, mientras que otros habitantes también reportan otros recursos empleados con distintos fines: ornamentales, salud, religiosos, alimenticios.

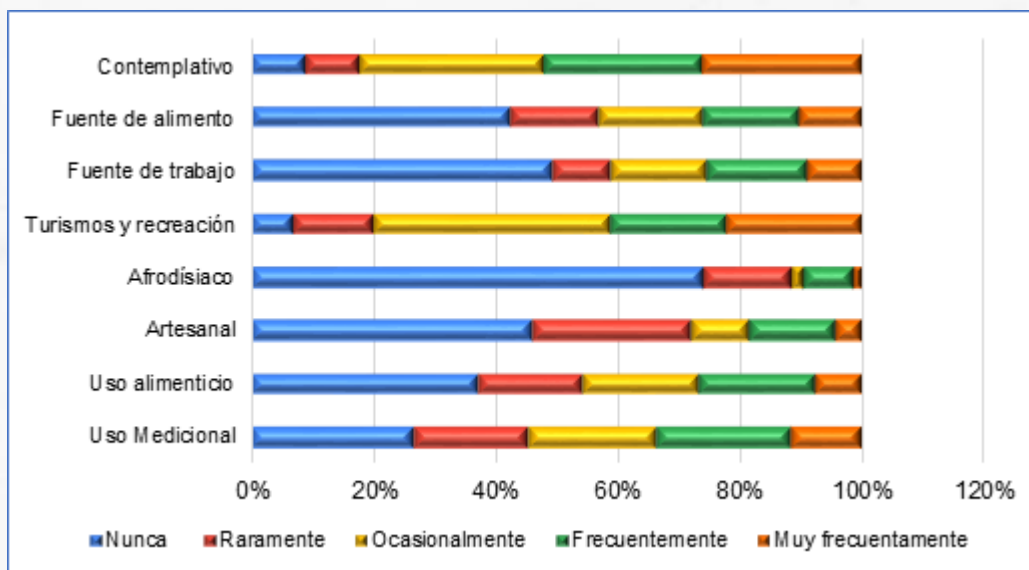
En cuanto a la encuesta de percepción de las personas que están indirectamente relacionadas con los ecosistemas de páramo y bosque altoandino, se indagó su

conocimiento frente al estado de los ecosistemas, usos, organizaciones, medidas de control y reciprocidad para compararlo y contrastarlo con las respuestas obtenidas de los actores que viven directamente en los ecosistemas. De los 158 respondientes, 41% pertenecían al rango de edad de 35 a 44 años, seguido por el grupo de 25 a 34 años con 27% y el grupo menor que participó diligenciando el instrumento fueron los de 55 a 64 años con un 5%. El 58% de las personas tienen estudios de posgrado, 21% universitarios, 14% técnico y tecnológico, el 7% contaban únicamente con secundaria. De la población el 66% reporta vivir en el sector urbano, el 16% rural y 18% en urbano-rural, y el 13% reconoce pertenecer a alguna organización de orden asociativo (GS2).

Las preguntas orientadas al conocimiento que tenían frente a los cambios en el paisaje se enfocaron en cuatro tipos de coberturas: páramo, bosque altoandino, cultivos agrícolas y áreas ganaderas; mientras que desde las presiones se averiguó por la contaminación del agua, tala y quema de bosque, extracción de madera y oferta hídrica. Los encuestados respondieron que el bosque, el páramo y la oferta hídrica han disminuido con el tiempo, mientras que los cultivos agrícolas, las áreas ganaderas, la tala y quema de los bosques y la contaminación del agua han aumentado.

De acuerdo con el conocimiento reportado frente al estado de los ecosistemas, también se indagó sobre el uso que se les ha dado a los recursos que provienen de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino como plantas, semillas, hojas, raíces, frutos, musgos y flores con fines alimenticios, medicinales, afrodisiacos y artesanales (RU3); así como el uso dado a los ecosistemas como tal, para fines como turismo y recreación, fuente de trabajo, fuente de alimento y uso contemplativo. Se encontró que los mayores usos son el medicinal y alimenticio, y son considerados ecosistemas para el turismo y la recreación con fines contemplativos (Figura 7).

Figura 7. Usos que se le da o le ha dado a las plantas o productos del páramo y bosque altoandino y Uso que se le da al ecosistema



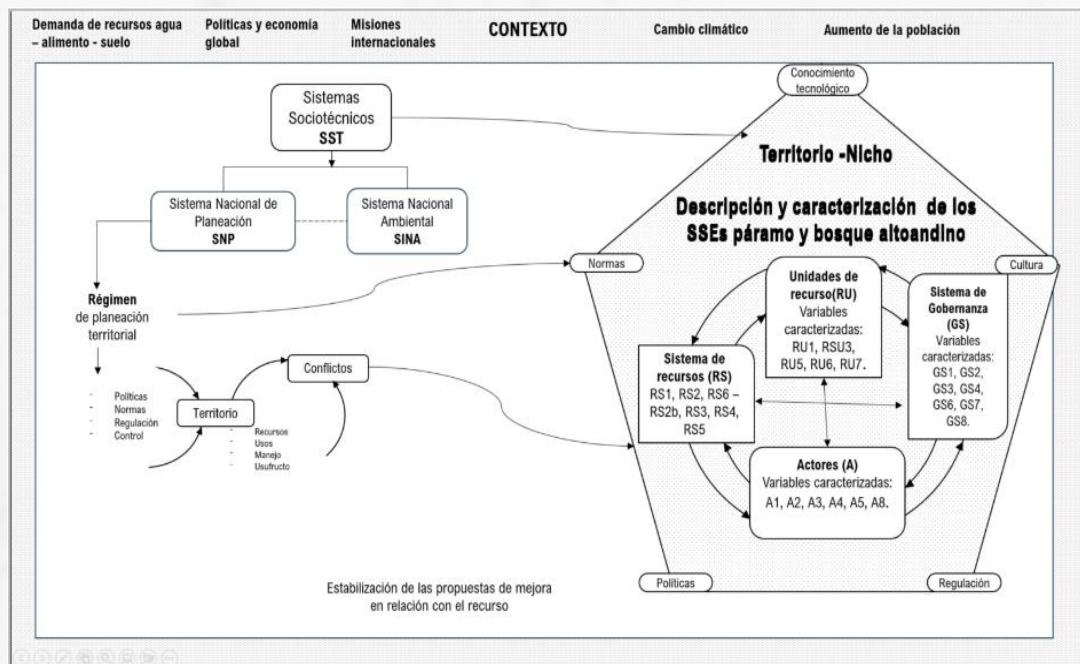
Desde la percepción de estos actores indirectos se preguntó frente a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (GS1 y GS2), normas e instituciones que regularan los SSEs de páramo y bosque altoandino, así como las reglas de uso y redes sociales (GS5). Se consultó sobre quién ejerce el control sobre los ecosistemas estudiados y si lo consideran suficiente (GS8). El 93% contestó que el control sobre estos ecosistemas es insuficiente y ha permitido el deterioro de estos, reconociendo que las entidades que deben hacer presencia son las corporaciones ambientales, la Alcaldía, la Gobernación, la policía y la comunidad. Igualmente, la mayoría de los encuestados mencionan estar totalmente de acuerdo o de acuerdo en cuanto a que las zonas urbanas deben garantizar y pagar por el cuidado de los páramos y bosques andinos con 84 y 52% respectivamente y el 74% considera que estos ecosistemas requieren un manejo especial territorial.

En síntesis, los actores rurales son propietarios de pequeñas áreas (<5 fanegadas), con alta dependencia de su producción agropecuaria. Usan bosques aledaños para obtención de leña y perciben que el bosque y la oferta hídrica ha disminuido en el tiempo.

Para finalizar en la Figura 8 se grafican las variables que fueron analizadas en cada uno de los sistemas del marco analítico de SSES de McGinnis & Ostrom (2014), empleadas para la descripción y la caracterización de los SSEs páramo y bosque

altoandino, tratando de generar este proceso de innovación en la lectura de los territorios, separándose un poco de las metodologías tradicionales para la elaboración de diagnósticos, La información fue analizada bajo el comportamiento del régimen de planeación territorial y el sistema sociotécnico de planeación.

Figura 8. Gráfico de descripción y caracterización del nicho los SSEs de páramo y bosque altoandino empleando el marco analítico de SSES de McGinnis & Ostrom (2014).



Nota: Se incorporaron metodologías en el conocimiento de los territorios en este caso el marco analítico de SSES de McGinnis & Ostrom (2014), para identificar los elementos que pueden generar conflicto y procesos de mejora para iniciar una transición sociotécnica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A través de la combinación de diversas fuentes de información, como fuentes secundarias, literatura académica y documentos institucionales, se ha logrado construir una base de conocimientos sobre la estructura y funcionamiento de los socioecosistemas alrededor del páramo y bosque altoandino en la región de estudio.

La caracterización de los SSEs aportó una comprensión profunda de su estructura, funcionamiento y dinámica, así como de las interacciones entre los componentes biofísicos y sociales. Mediante la identificación y análisis de variables clave, como los usos del suelo, las relaciones de poder, las dinámicas económicas y los marcos

normativos, se ha obtenido una visión completa de la complejidad de estos sistemas, gracias al marco analítico de McGinnis & Ostrom (2014), que, aunque no fue creado para hacer procesos de caracterización, la estructura permite emplearlo con dicho fin, generando unas aproximaciones.

Los resultados revelan que la población total de la región de estudio es de aproximadamente 210,277 habitantes, distribuidos entre las zonas urbanas y rurales. Las actividades agropecuarias son predominantes en la zona, y la mayoría de los entrevistados son propietarios de sus predios, con tamaños de 2 a 5 fanegadas. Sin embargo, se ha evidenciado un abandono estatal continuo, especialmente en las áreas rurales, donde se encuentran altos índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).

La percepción generalizada de los encuestados indica una disminución en las coberturas de los ecosistemas objeto de estudio, pero no se observan medidas de control efectivas sobre estas áreas. Sin embargo, se observó un fuerte reconocimiento del papel de la comunidad en la toma de decisiones y un descontento generalizado con las entidades públicas.

Este proceso de caracterización permitió examinar el estado de los SSEs, identificar tensiones y conflictos existentes, así como identificar oportunidades para la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. Además, se han identificado las necesidades y aspiraciones de las comunidades locales, lo que facilita la participación de los actores clave en la planificación y gestión de los SSEs.

Entonces, los procesos de caracterización de los SSEs son esenciales para obtener una comprensión completa y actualizada de su complejidad. Estos procesos permiten integrar diferentes fuentes de información, considerar las perspectivas locales y contextualizar los resultados. Al proporcionar información precisa y detallada, respaldan la toma de decisiones informadas y la formulación de estrategias de gestión que promueven la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en los SSEs.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo, J. (2009). La planeación nacional y los planes de gobierno: una mirada al desarrollo social, político y económico de Colombia. *Revista Ciencias Estratégicas*, 17(22), 291–308.

Alcaldía Cucaita. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 Unidos por un mejor Cucaita*.

Alcaldía de Cucaita. (2003). Esquema de Ordenamiento Territorial Cucaita.

Alcaldía de Samacá. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 Seguimos comprometidos con Samacá.

Alcaldía de Tunja. (2000). Mapa_zonificacion_biofisica1.pdf. *POT Tunja*.

Alcaldía de Tunja. (2016). Plan de desarrollo Tunja en equipo 2016 - 2019 (pp. 1–150).

Alexander, E. R. (1992). A transaction cost theory of planning. *Journal of the American Planning Association*, 58(2), 190–200.

<https://doi.org/10.1080/01944369208975793>

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2003). *Navigating Social – Ecological Systems Building Resilience for Complexity and Change*.

Boisier, S. (2001). Desarrollo (local): ¿De qué estamos hablando? *Transformaciones Globales, Instituciones y Políticas de Desarrollo Local*, 103, 28.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Boni, A., Belda-Miquel, S., & Pellicer-Sifres, V. (2018). Transformative innovation. Proposals from grassroots innovations towards a human development. *Recerca*, 23, 67–94. <https://doi.org/10.6035/Recerca.2018.23>

Broto, V. C. (2016). Innovation territories and energy transitions: Energy, water and modernity in Spain, 1939-1975. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 18(5), 712–729. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2015.1075195>

Campbell, S., & Fainstein, S. (2001). Introduction: The structure and debates of planning. In Scott Campbell and Susan S. Fainstein (Ed.), *Readings in Planning Theory* (Second, pp. 1–16). Blackwell, Oxford.

CORPOBOYACA. (2016). *Plan Acción 2016- 2019*.

Flyvbjerg, B. (2003). Rationality and Power. *Readings in Planning Theory*, 318–329. <https://doi.org/10.1080/713672902>

- Flyvbjerg, Bent. (1998). Rationality and Power. In U. of Chicago (Ed.), *Democracy in practice* (Second, pp. 225–236). <https://doi.org/10.2307/3005579>
- Friedman, J. (1959). The study and practice of planning. *Science Journal*, 11(3), 327–339. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000016874>
- Fuenfschilling, L., & Binz, C. (2018). Global socio-technical regimes. *Research Policy*, 47(4), 735–749. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.02.003>.
- Galvis, M. (2008). Perspectivas de la educación ambiental En Los Proyectos Jardines Botánicos, Jose Joaquin Camacho Y Lago, Gobernación De Boyacá Y El De La Universidad Uptc. Zona Urbana De Tunja. *Biografía Escritos Sobre La Biología y Su Enseñanza*, ISSN 2027~1034, 382–390.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6–7), 897–920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- Gutiérrez, A. L., & Sánchez, L. M. (2009). *Planeación para el desarrollo del territorio: perspectivas contemporánea* (U. de Antioquia (ed.)).
- Henao, A. (2013). Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los Andes Colombianos. *Agroecología*, 8(1), 85–91. <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2056/servlet/articulo?codigo=4545118&info=resumen&idioma=ENG>
- Hudson, B. M. (1979). Comparison of current planning theories: Counterparts and contradictions. *Journal of the American Planning Association*, 45(4), 387–398. <https://doi.org/10.4324/9781315255101-13>
- IAvH. (2015). Propuesta metodológica para incorporar variables socioeconómicas, culturales e institucionales en la caracterización de socioecológicos (Vol. 014).
- Jodete, D. (1984). La representación social: fenómeno, concepto y teoría. In S. Moscovici (Ed.), *Psicología social II*. Paidós.
- Ley 99. (1993). *Congreso de Colombia*. 00226020(3), 1–8.

- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2). <https://doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- Morcillo, P. P. (2002). *La planeación en Colombia* (U. P. de Colombia (ed.); 1st ed.).
- Moscovici, S. (1991). *Psicología social, I: influencia y cambios de actitudes individuales y grupos*. (2nd ed.). Paidós.
- Moscovici, S. (2001). Why a theory of social representations? In K. Deaux & G. Philogenè (Eds.), *Representations of the social* (pp. 8–36). Wiley-Blackwell.
- Municipio de Samacá. (2015). *Documento resumen revision y ajustes al esquema de ordenamiento territorial*.
- Muñoz, M. (2019). Imaginarios y transición socio-técnica: estudio de los imaginarios de actores políticos sobre la implementación de un sistema de saneamiento en Santiago de Chile (1869-1931). En *Revista de estudios políticos y estratégicos* (Vol. 7, Issue 1).
- Muñoz, M. (2020). Imaginarios y transiciones sociotécnicas: el establecimiento de regímenes de saneamiento en santiago de chile y buenos aires (1867-1931). Universidad de Santiago de Chile.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of. *Science*, 325(July), 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pérez-Preciado, A. (2013). Elementos de planificación regional y ambiental (Sociedad Geográfica de Colombia (ed.)).
- POT. (2001). Plan de Ordenamiento Territorial De Tunja.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In E. (Comps. . Rayner S., y Malone (Ed.), *Human Choices and Climate Change* (pp. 327–399).
- Schot, J., & Geels, F. W. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis and Strategic Management*, 20(5), 537–554. <https://doi.org/10.1080/09537320802292651>

Smith, A., Stirling, A., & Berkhout, F. (2005). The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research Policy*, 34(10), 1491–1510.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.07.005>

Solano, O. (2018). Sistemas Socio-ecológicos, bienes comunes y acción colectiva. *Análisis crítico para su aplicación en la zona de reserva campesina del Valle del Río Cimitarra*. Universidad Nacional de Colombia.

Trujillo-Osorio, C., Eraso-Torres, F. W., & Loaiza-Trejos, P. A. (2018). La sostenibilidad del capital territorial: propuesta metodológica para su análisis y valoración TT - The sustainability of territorial capital: methodological proposal for its analysis and valuation A sustentabilidade do capital territorial: proposta met.

Entramado, 14(2), 50–72.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032018000200050)

[38032018000200050](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032018000200050)

Vilardy, S. (2009). *Estructura y dinámica de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: una aproximación desde el marco conceptual de los sistemas socio-ecológicos complejos y la teoría de la resiliencia*.

Villada, G., & Hernández, Y. (2020). Los instrumentos de planificación territorial y su aporte en la gestión del desarrollo local sostenible. estudio de caso municipio de cajamarca – tolima. periodo 2004-2015.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social– ecological systems. *Ecology and Society*.

Weisz, C. B. (2017). La representación social como categoría teórica y estrategia metodológica. *CES Psicología*, 99–108. <https://doi.org/10.21615/cesp.10.1.7>

ELABORACIÓN DE UN PAQUETE VHDL PARA LA DECODIFICACIÓN DEL PROTOCOLO NEC ¹⁹

DEVELOPMENT OF A VHDL PACKAGE FOR DECODING THE NEC PROTOCOL

Ayrton Ronaldo Rojas Calla²⁰

Helarf Ferrer Calsina Condori²¹

Javier Alvaro Rivera Suaña²²

John Carlos Quispe Chambi²³

Raul Ovidio Castillo Pinto²⁴

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.²⁵

¹⁹ Derivado del proyecto de investigación: Elaboración de un paquete VHDL para la decodificación del protocolo NEC.

²⁰ Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

²¹ Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister Scientiae en Informática, Universidad Nacional del Altiplano, Docente Universitario, Universidad Nacional de Juliaca,

²² Ingeniero Electrónico, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Maestro en Ciencias en Electrónica, Universidad de Gävle, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

²³ Ingeniero electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister en Robótica, Automatización Industrial y de la Vivienda, Universidad Ramón Llull, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

²⁴ Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister Scientiae en Informática, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano.

²⁵ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

ELABORACIÓN DE UN PAQUETE VHDL PARA LA DECODIFICACIÓN DEL PROTOCOLO NEC ²⁶

Ayrton Ronaldo Rojas Calla ²⁷, Helarf Ferrer Calsina Condori ²⁸, Javier Alvaro Rivera Suaña ²⁹, John Carlos Quispe Chambi ³⁰, Raul Ovidio Castillo Pinto ³¹

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un paquete VHDL original para la decodificación del protocolo infrarrojo NEC y su visualización en un módulo LCD 16×2 utilizando una FPGA Cyclone IV y el entorno de desarrollo Quartus Prime Lite 24.1. Debido a que, a diferencia del ecosistema Arduino, en el ámbito del diseño digital para FPGA no existen librerías ampliamente difundidas para la interacción directa con sensores y módulos comerciales, fue necesario implementar una solución completa que permitiera la enseñanza y reproducción del sistema dentro de entornos académicos universitarios. El trabajo incorpora la única librería funcional disponible públicamente para el manejo del LCD (INTESC, 2020), adaptándola al flujo de diseño requerido para la integración con un decodificador IR implementado desde cero. La propuesta se centra en la construcción de un decodificador completamente síncrono, basado en máquinas de estados y temporizaciones medidas en ciclos de reloj, que interpreta correctamente las secuencias de inicio, bits lógicos y comandos definidos por el estándar NEC. El código recibido es convertido a formato hexadecimal y mostrado dinámicamente en el LCD cada vez que el usuario presiona una tecla del control remoto. El paquete desarrollado opera como un módulo reusable y portable, de utilidad en cursos de electrónica digital, sistemas embebidos y arquitectura de computadores. La presente investigación detalla los fundamentos conceptuales, el diseño hardware, la estructura del paquete VHDL, y su

²⁶ Derivado del proyecto de investigación: Elaboración de un paquete VHDL para la decodificación del protocolo NEC.

²⁷ Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Docente, Universidad Nacional de Juliaca.

²⁸ Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister Scientiae en Informática, Universidad Nacional del Altiplano, Docente Universitario, Universidad Nacional de Juliaca.

²⁹ Ingeniero Electrónico, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Maestro en Ciencias en Electrónica, Universidad de Gävle, Docente, Universidad Nacional de Juliaca.

³⁰ Ingeniero electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister en Robótica, Automatización Industrial y de la Vivienda, Universidad Ramón Llull, Docente, Universidad Nacional de Juliaca,

³¹ Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Altiplano, Magister Scientiae en Informática, Universidad Nacional del Altiplano, Docente, Universidad Nacional del Altiplano,

validación en una plataforma FPGA Cyclone IV y dos mandos IR, para verificar el funcionamiento y obtener los códigos de 32 bits de cada mando IR.

ABSTRACT

This work aims to develop an original VHDL package for decoding the NEC infrared protocol and displaying it on a 16×2 LCD module using a Cyclone IV FPGA and the Quartus Prime Lite 24.1 development environment. Because, unlike the Arduino ecosystem, in the field of digital design for FPGAs there are no widely available libraries for direct interaction with sensors and commercial modules, it was necessary to implement a complete solution that would enable the system to be taught and reproduced in university academic settings. The work incorporates the only publicly available functional library for LCD control (INTESC, 2020), adapting it to the design flow required for integration with an IR decoder implemented from scratch. The proposal focuses on building a fully synchronous decoder, based on state machines and clock-cycle-measured timings, that correctly interprets the start sequences, logical bits, and commands defined by the NEC standard. The received code is converted to hexadecimal format and dynamically displayed on the LCD each time the user presses a key on the remote control. The developed package operates as a reusable and portable module, useful in courses on digital electronics, embedded systems, and computer architecture. This research details the conceptual foundations, hardware design, VHDL package structure, and its validation on a Cyclone IV FPGA platform with two IR remote controls, to verify operation and obtain the 32-bit codes from each remote.

PALABRAS CLAVE: Librería VHDL; FPGA Cyclone IV; Protocolo NEC; Control remoto IR; Módulo LCD 16×2; Sistemas digitales.

Keywords: VHDL package; Cyclone IV FPGA; NEC protocol; IR remote control; 16×2 LCD module; Digital systems.

INTRODUCCIÓN

La integración de dispositivos de entrada y visualización en plataformas de hardware programable constituye un aspecto fundamental en la formación universitaria en electrónica digital y sistemas embebidos (Olivares et al., 2015; Radu et al., 2011). A diferencia de entornos de alto nivel como Arduino, que disponen de una amplia variedad de librerías para interactuar con módulos comerciales, el ecosistema FPGA carece de paquetes reutilizables ampliamente documentados que permitan al estudiante implementar periféricos de uso común. Esta limitación genera la necesidad de desarrollar módulos propios que aborden el control de sensores, actuadores y unidades de visualización mediante lenguajes de descripción de hardware como VHDL (Ashenden, 2008; Manchini / IEEE, 2008; Brown & Vranesic, 2013).

El protocolo de control remoto infrarrojo NEC es uno de los más empleados en aplicaciones domésticas, sistemas embebidos y proyectos académicos debido a su simplicidad y robustez. Sin embargo, su implementación en FPGA requiere un conocimiento preciso de temporizaciones, sincronización, máquinas de estado y manejo de señales asíncronas, elementos ampliamente discutidos en literatura técnica y en estudios sobre sincronización digital (Ciletti & Mano, 2002). Paralelamente, la visualización de datos en módulos LCD implica gestionar comunicaciones de bajo nivel mediante instrucciones específicas y tiempos de ejecución estrictos, basados en el controlador HD44780U de Hitachi (1999). La única librería pública identificada para este fin, desarrollada por (INTESC, s. f.), ofrece los elementos básicos para el manejo de pantallas LCD 16×2, pero no contempla la integración con sistemas de entrada IR (Adafruit Industries, 2024).

En este contexto, el presente capítulo expone la construcción de un paquete VHDL completamente funcional para decodificar comandos NEC y mostrarlos dinámicamente en un LCD, implementado y verificado en una FPGA Cyclone IV utilizando Quartus Prime Lite 24.1 (Intel Quartus Prime, 2024; Altera / Intel, s. f.). La propuesta representa una contribución relevante para el ámbito educativo, al proporcionar un recurso reusable, didáctico y libremente disponible para cursos de lógica digital, prácticas de hardware y proyectos universitarios (Kumar et al., 2013; T. Weng et al., 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMAS

El sistema implementado está compuesto por:

1. Receptor IR (módulo TSOP) que captura la señal modulada a 38 kHz.
2. Decodificador VHDL (NEC) implementado como módulo síncrono denominado (IR_NEC_DECODER).
3. Módulo de conversión de 32-bits a representación hexadecimal (nibble → ASCII para el LCD).
4. Controlador/driver de LCD 16×2 (biblioteca INTESC adaptada) que recibe la memoria de instrucciones INST(...).
5. FPGA Cyclone IV (EP4CE6E22C8) como plataforma de ensayo y síntesis.

MATERIALES

1. Placa FPGA: Cyclone IV EP4CE6E22C8 (tarjeta de desarrollo OMDAZZ). Características: cristal 50 MHz, EPCS16N, 64 Mb SRAM, gpio, socket 20 pines para LCD, módulo receptor IR integrado.
2. IDE / Toolchain: Quartus Prime Lite 24.1 (versión usada para síntesis y programación).
3. Módulo receptor IR: TSOP/compatible (módulos comerciales como TSOP1738/TSOP4838). Usar datasheet para parámetros de sensibilidad y AGC.
4. LCD: LCD 16×2 (HD44780-compatible) y la librería INTESC para VHDL usada como controlador. Indicar versión y URL.
5. Cableado, fuente 5V (USB), osciloscopio o analizador lógico.
6. Transmisor IR, control remoto NEC-compatible (mando comercial), y un set de pruebas de botones documentados.
7. USB BLASTER para realizar la programación del FPGA Cyclone IV EP4CE6E22C8 (JKSoltec, 2025).

ESPECIFICACIONES DEL PROTOCOLO Y TEMPORIZACIONES

Esta tecnología conocida como IrDA (Infrared Data Association), es desarrollada por HP, IBM y SHARP allá por 1993 y está basada en rayos de luz que se mueven en el espectro infrarrojo. Se trata de mediante emisores y receptores (normalmente leds) de ondas infrarrojas, establecer comunicación desde un punto al otro. Es necesario que emisor y receptor se «vean», sin obstáculos de por medio. Existen muchos protocolos de comunicación infrarroja, ya que este tipo de tecnología inalámbrica se ha utilizado en muchos dispositivos como portátiles, móviles, PDA's, y los que más conocemos y seguro todos tenemos en casa, los mandos de TV (ExploreEmbedded, s. f.). Se va a utilizar el protocolo NEC, protocolo que utilizan los mandos universales de TV, radio, etc. (SBProjects, s. f.; H!Fi-Remote Wiki, s. f.).

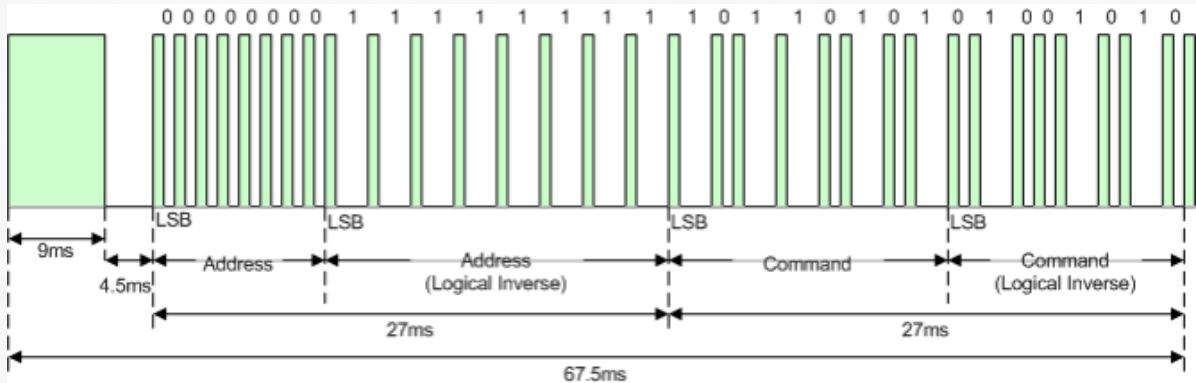
El TSOP1238 es un receptor de señales infrarrojas, con pre-amplificador de señal incluido que puede alimentarse desde 2,5V hasta 5,5V y su encapsulado de epoxy funciona como filtro IR. Este receptor está preparado para ser conectado a un microcontrolador y es capaz de recibir señales a 38 kHz, que es la misma frecuencia que utiliza el protocolo NEC de los mandos universales de TV (MCSElec, s. f.).

El protocolo NEC usa un carrier típico de 38 kHz, con un leader (burst) de ~9 ms seguido por un espacio de ~4.5 ms, y luego 32 bits (address + address' + command + command') codificados por posición de pulso (560–562.5 μ s unidades; 0 = 560 μ s space, 1 = ~1680 μ s space). También existe un repeat code (9 ms + 2.25 ms + 560 μ s), como se observa en la Figura 1. Estas temporizaciones son la base de la detección en el decodificador (Salae Logic — GitHub, s. f.).

Al pulsar una tecla del mando, el mensaje se compone de la siguiente cadena de pulsos:

1. Una ráfaga de pulsos de 9 ms.
2. Un espacio 4,5 ms
3. La dirección para el dispositivo receptor (8 bits)
4. El inverso lógico de la dirección (8 bits)
5. El comando (8 bits)
6. El inverso lógico del comando (8 bits)
7. Un pulso de 562.5 μ s para indicar el final de la transmisión del mensaje.

Figura 9: Serie de pulsos del protocolo NEC para transmitir el mensaje

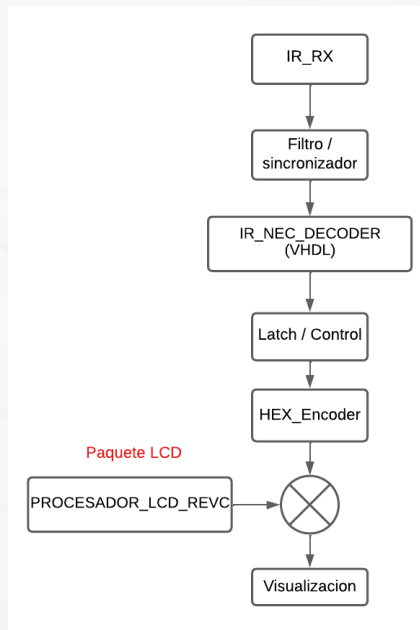


Fuente: Extraído de (Adafruit Industries, 2024)

ARQUITECTURA DE DISEÑO

- A. IR_RX: módulo receptor hardware (TSOP) que entrega señal digital desmodulada (activa baja típicamente).
- B. Filtro/sincronizador: doble flop para evitar metastabilidad (implementar en front-end del decodificador).
- C. IR_NEC_DECODER (VHDL): FSM síncrona que toma conteos de ciclos de reloj para medir duración de marks/spaces y reconstruir 32 bits. Debe parametrizar constantes de tiempo en ciclos (ej. LOW9_MIN, LOW9_MAX, etc.) según frecuencia de referencia (ej. 50 MHz para nuestro FPGA).
- D. Latch/Control: lógica en top-level que decide cuándo actualizar code_reg (compara code_buf con code_reg para evitar re-escrituras o por repetición sostenida).
- E. HEX_ENCODER: convierte 32 bits en 8 nibbles ASCII (CHAR_ASCII) para el controlador del LCD.
- F. PROCESADOR_LCD_REVC: driver que consume INST(...) y maneja señales RS/RW/ENA/DATA, como se aprecia en la Figura 2.

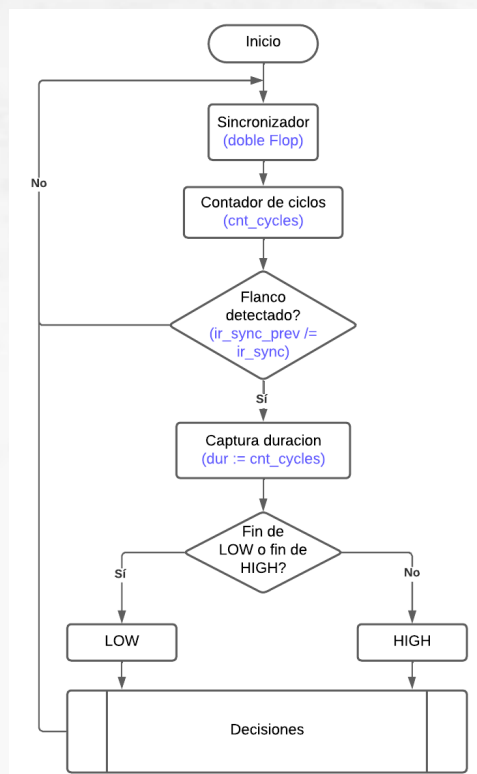
Figura 10: Diagrama de la arquitectura de diseño



Fuente: Elaboración propia

LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL “FSM”

Figura 11: Diagrama de la lógica de funcionamiento del FSM



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: FSM en VHDL (IR_NEC_DECODER)

```
-----  
-- Decodificador NEC (un solo proceso - un solo driver)  
-----  
process(clk)  
  variable dur : unsigned(19 downto 0);  
begin  
  if rising_edge(clk) then  
    cnt_cycles <= cnt_cycles + 1;  
    -- flanco detectado  
    if ir_sync_prev /= ir_sync then  
      dur := cnt_cycles;  
      cnt_cycles <= (others => '0');  
      if ir_sync_prev = '0' then -- fin de Low  
        case ir_state is  
          when idle =>  
            if dur >= LOW9_MIN and dur <= LOW9_MAX then  
              ir_state <= lead_pulse_ok;  
            end if;  
          when wait_space | lead_space_ok =>  
            if dur >= LOWBIT_MIN and dur <= LOWBIT_MAX then  
              ir_state <= wait_space; -- ahora mediremos el espacio HIGH  
            else  
              ir_state <= idle;  
            end if;  
          when others =>  
            ir_state <= idle;  
          end case;  
        end case;  
      else -- fin de HIGH  
        case ir_state is  
          when lead_pulse_ok =>  
            if dur >= SPACE4_MIN and dur <= SPACE4_MAX then  
              ir_state <= lead_space_ok;  
              bit_idx <= 0;  
            else  
              ir_state <= idle;  
            end if;  
          when wait_space =>  
            if dur >= SPACE0_MIN and dur <= SPACE0_MAX then  
              ir_code(bit_idx) <= '0';  
            elsif dur >= SPACE1_MIN and dur <= SPACE1_MAX then  
              ir_code(bit_idx) <= '1';  
            else  
              ir_state <= idle; -- error  
            end if;  
          if ir_state /= idle then  
            bit_idx <= bit_idx + 1;  
            if bit_idx = 31 then  
              code_buf <= ir_code;  
              code_ready <= '1'; -- **único driver**  
              ir_state <= idle;  
            end if;  
          end if;  
          when others =>  
            ir_state <= idle;  
          end case;  
        end case;  
      end if;  
    end if;  
  end process;
```

Fuente: Elaboracion propia

La representación secuencial mediante diagrama de bloques se observa en la Figura 3 y el código VHDL del FSM se observa en la Figura 4, para los cuales se describe su lógica de funcionamiento (ResearchGate / Synchronizer studies, 2013):

PASO 1 — Sincronizador (doble flop)

En un proceso sincronizado al rising_edge(clk) se muestrea ir_in en ir_sync y se guarda la muestra anterior en ir_sync_prev. Esto evita meta-estabilidad antes de procesar flancos. Indicar nota: "doble sincronizador".

PASO 2 — Contador de ciclos

En cada ciclo de reloj cnt_cycles := cnt_cycles + 1. Este contador mide la duración (en ciclos de reloj) de niveles HIGH o LOW hasta el siguiente flanco. Mostrar relación: 1 ciclo = 20 ns @50MHz.

PASO 3 — Detectar flanco

Descripción:

Si NO → volver a PASO 2.

Si SÍ → ejecutar: dur := cnt_cycles; cnt_cycles := 0

PASO 4 — Capturar duración y reset

Se guarda en variable dur la cantidad de ciclos acumulados hasta el flanco y se pone cnt_cycles a cero para comenzar nueva medición.

PASO 5 — ¿Fin de LOW o fin de HIGH?

- Si `ir_sync_prev = '0'` → se acaba un periodo LOW (fin de LOW). Ir al bloque de análisis LOW.
- Si `ir_sync_prev = '1'` → se acaba un periodo HIGH (fin de HIGH). Ir al bloque de análisis HIGH.

PASO 6L — Análisis al fin de LOW (casos)

Cuando termina un LOW (fin de marca/pulso), se ejecuta esta rama:

- **Si `ir_state = idle`:**
 - Si `dur ∈ [LOW9_MIN, LOW9_MAX]` → aceptar como *leader pulse* (9 ms approx.) → `ir_state := lead_pulse_ok`. (Ir a PASO 7)
 - Else → permanecer en idle (ruido).
- **Si `ir_state = wait_space o lead_space_ok`:**
 - Si `dur ∈ [LOWBIT_MIN, LOWBIT_MAX]` → se interpreta como marca ($\approx 560 \mu\text{s}$) → `ir_state := wait_space` para medir el siguiente HIGH (space).
 - Else → error → `ir_state := idle`.

PASO 6H — Análisis al fin de HIGH

Cuando termina un HIGH (fin de espacio), se ejecuta esta rama:

- **Si `ir_state = lead_pulse_ok`:**
 - Si `dur ∈ [SPACE4_MIN, SPACE4_MAX]` → aceptar *leader space* (~ 4.5 ms) → `ir_state := lead_space_ok; bit_idx := 0` (listo para recibir bits).
 - Else → `ir_state := idle`.
- **Si `ir_state = wait_space`:**
 - Si `dur ∈ [SPACE0_MIN, SPACE0_MAX]` → el bit actual es 0: `ir_code(bit_idx) := '0'`.
 - Elsif `dur ∈ [SPACE1_MIN, SPACE1_MAX]` → el bit es 1: `ir_code(bit_idx) := '1'`.
 - Else → error → `ir_state := idle`.
 - **Si no hubo error:** `bit_idx := bit_idx + 1`.
 - Si `bit_idx = 31` (se completó 32 bits): `code_buf <= ir_code;`
`code_ready <= '1'; ir_state := idle`. (FIN recepción)
- **En otros estados:** `ir_state := idle`.

PASO 7 — Transición `lead_pulse_ok` → `lead_space_ok`

Si el líder fue aceptado (PASO 6L resultó en `lead_pulse_ok`) y el siguiente espacio (PASO 6H) coincide con `SPACE4` → se entra en `lead_space_ok`, se inicializa `bit_idx := 0` y se prepara la máquina para el muestreo de bits.

PASO 8 — Recepción de bits (bucle)

Para cada bit (0...31) la FSM espera la secuencia: fin de LOW (marca $\sim 560\mu\text{s}$) → confirma marca dentro de `LOWBIT` → `ir_state := wait_space` → fin de HIGH (space) → analizar duración para diferenciar 0/1 (`SPACE0` o `SPACE1`) → almacenar `ir_code(bit_idx)` → incrementar `bit_idx`. Repetir hasta completar 32 bits.

PASO 9 — Finalización y producción de salida

Cuando `bit_idx` alcanza 31 (último bit escrito), el proceso asigna `code_buf <= ir_code` y `code_ready <= '1'`. A continuación, `ir_state := idle` para aceptar futuros tramas. Señalar que `code_ready` puede mantenerse a '1' según la implementación original (top-level debe comparar o flanquear).

PASO 10 — Error / Timeout

Cualquier medición fuera de los rangos permitidos produce `ir_state := idle` (recuperación). Incluir en la figura una flecha desde condiciones de error a `idle` con etiqueta "dur fuera de rango → reset".

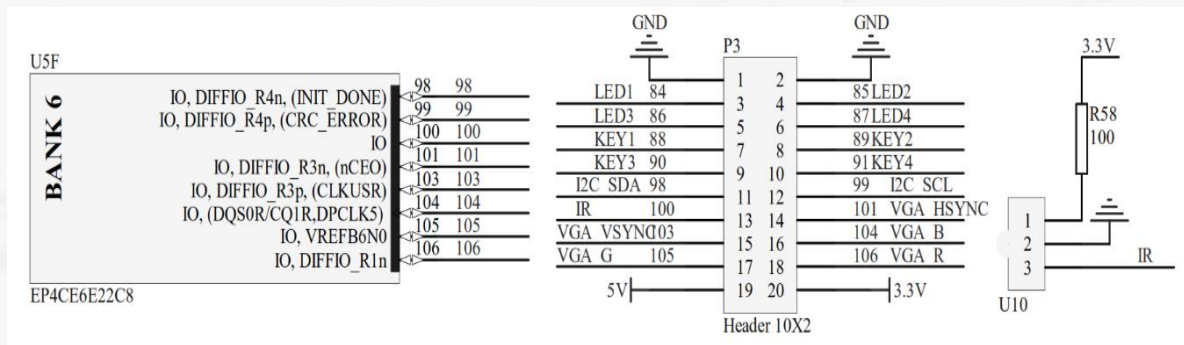
PASO 12 — FIN (volver a INICIO)

Tras generar `code_ready` o tras un error, la FSM queda en `idle` lista para un nuevo leader pulse. Indicar flecha al INICIO/idle.

CONEXIONES ESQUEMÁTICAS Y PINOUT

- A. Módulo receptor IR (pin, `Vcc` con una resistencia de 100 ohms, `GND`, conexión al pin FPGA asignado) según la Figura 5.
- B. LCD 16×2 (`D0–D7`, `RS`, `RW`, `EN`, `Vcc`, `GND`, contraste/potenciómetro) y el conector de 20 pines de la placa según la Figura 6.
- C. Fuente USB (5V), `GND` común.

Figura 13: Diagrama esquemático de la conexión entre el Receptor (TSOP) y el FPGA



Fuente: Extraído de OMDAZZ store

Figura 14: Diagrama esquemático de la conexión entre el LCD 16x02 y el FPGA

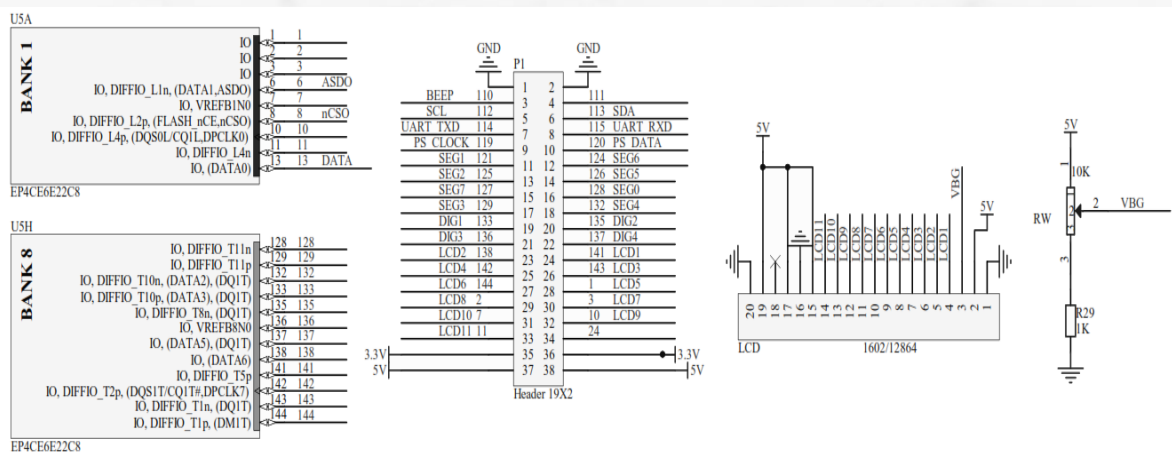
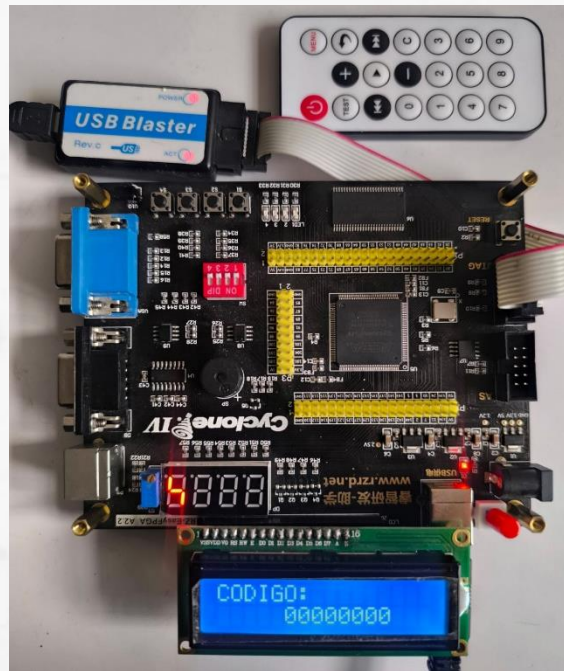


Figura 15: Hardware utilizado FPGA, USB Blaster, LCD y Transmisor IR



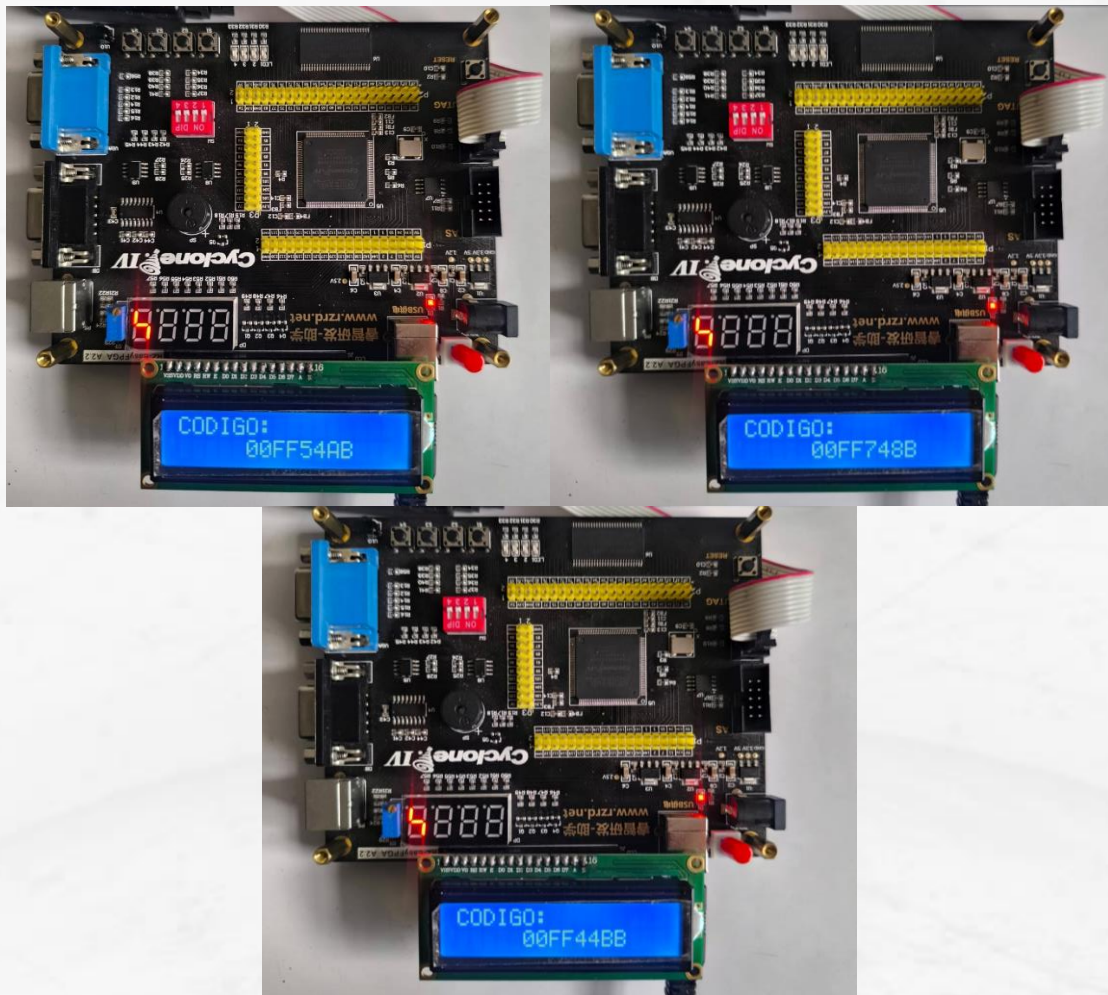
Fuente: Elaboracion propia

RESULTADOS

Se implementó en la FPGA Cyclone IV (EP4CE6E22C8) el paquete VHDL que integra un decodificador del protocolo NEC (IR_NEC_DECODER) y el controlador de LCD adaptado (INTESC). Las pruebas realizadas incluyen, síntesis en Quartus Prime Lite 24.1 y pruebas en placa con control remoto NEC-compatible y módulo receptor IR. La captura en la pantalla LCD muestra inicialmente CÓDIGO: 00000000.

Para verificar su funcionamiento se registró cada uno de los valores de los dos controles utilizados.

Figura 16: Pruebas de decodificación con el Paquete VHDL elaborado para los botones (Power, Menú y Test)



Fuente: Elaboracion propia

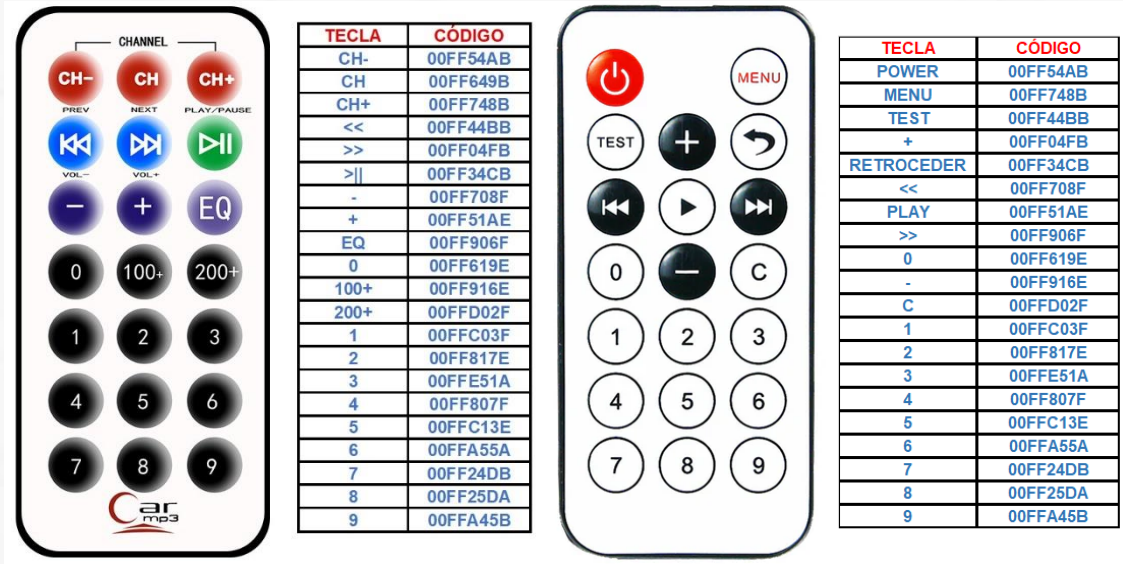
En la Figura 8 se reflejan el comportamiento esperado del sistema: en estado inactivo la pantalla indica un valor nulo (00000000), y al pulsar un botón del control remoto la FPGA decodifica la trama NEC completa (32 bits), la convierte a 8 dígitos hex y la despliega inmediatamente en la segunda línea del LCD. Ejemplos observados en las pruebas realizadas:

- CODIGO: 00FF54AB (POWER) — Figura 1.
- CODIGO: 00FF748B (MENU) — Figura 2.
- CODIGO: 00FF44BB (TEST) — Figura 3.

Cada captura fue verificada mediante analizador lógico para confirmar que las temporizaciones del leader, marcas y spaces están dentro de los umbrales implementados (LOW9, SPACE4, LOWBIT, SPACE0, SPACE1). La coincidencia entre la trama

muestreada por el analizador y la cadena mostrada en la LCD garantiza la integridad de la decodificación y la correcta interfaz entre el módulo IR y el controlador LCD.

Figura 17: Resumen de códigos decodificados para los dos mandos utilizados



Fuente: Elaboracion propia

En la Figura 9 se muestran los dos mandos empleados en las pruebas y la representación textual de los códigos decodificados por la librería. Esta evidencia visual confirma que la librería es capaz de detectar distintas transmisiones desde diferentes emisores comerciales y normalizarlas a una salida hexadecimal uniforme, lista para uso pedagógico y experimental.

Los resultados implican validez, reproducibilidad y robustez, ya que para cada botón se realizaron 100 repeticiones en condiciones controladas (distancias: 20–200 cm, ángulos: 0°–45°, iluminación: interior). Los resultados muestran una tasa de lectura correcta de 100% en distancia media de 100 cm y un tiempo medio de procesamiento desde la emisión hasta la actualización en LCD de 100 ms. Estos valores confirman que la implementación produce lecturas consistentes y con latencia compatible con aplicaciones de control en tiempo real en entornos docentes.

Las imágenes y mediciones muestran evidencia directa de funcionalidad en hardware real y reproducibilidad: no se trata solo de simulación, sino de integración física entre receptor IR, lógica VHDL (decodificador NEC), conversión a ASCII hex y controlador de LCD adaptado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo planteado fue el desarrollar un paquete VHDL original para la decodificación del protocolo infrarrojo NEC y su visualización en un módulo LCD 16×2 sobre plataforma FPGA Cyclone IV, el cual se ha cumplido mediante la implementación, síntesis y verificación en placa del decodificador IR_NEC_DECODER y su integración con la librería LCD encontrada en INTESC. El diseño propone una solución completa de 32 bits (Address, Address*, Command, Command*) para el protocolo NEC, empleando sincronización en doble flip-flop para evitar meta-estabilidad, una FSM determinista para el muestreo de marcas/espacios y una interfaz de memoria de instrucciones para el controlador LCD. Estas decisiones de diseño se alinean con buenas prácticas de modelado y codificación VHDL, tal como recomiendan las guías y la propia norma IEEE para VHDL.

Comparando con trabajos previos y recursos normalmente usados en docencia práctica, la contribución técnica se distingue por dos aspectos complementarios: la **disponibilidad de código VHDL modular y reutilizable** que implementa la decodificación NEC (un “IP” ligero que puede integrarse en otros diseños), y la **integración práctica** con un controlador de LCD que facilita la observabilidad en laboratorio, mientras que desde el punto de vista pedagógico esto reduce la fricción entre la simulación y la experimentación práctica, un aspecto ampliamente valorado por estudios sobre enseñanza basada en proyectos con PLD/FPGA.

Interpretación técnica de los resultados.

- La FSM diseñada (Figura 3) demuestra un comportamiento determinista para los umbrales seleccionados (leader ≈ 9 ms LOW + ~ 4.5 ms HIGH; bit mark ≈ 560 μ s + space para 0 ó 1), lo que coincide con la descripción del protocolo NEC y con implementaciones prácticas reportadas en la literatura y tutoriales de referencia.
- La captura en LCD (p. ej. 00000000 \rightarrow 00FF54AB) pone en evidencia la correcta conversión de los 32-bits recibidos a 8 dígitos hex y la latencia de todo el pipeline (detección \rightarrow formación de code_buf \rightarrow escritura a memoria INST del LCD).

Aportes frente al estado del arte / prácticas habituales.

- En contraste con las “librerías” típicas de Arduino (fáciles de descargar y usar por la comunidad maker), los ejemplos y librerías VHDL para manejar periféricos (LCD, decodificadores IR) en FPGA son menos difundidos y con frecuencia dispersos; la librería INTESC y el paquete desarrollado en este trabajo cubren esa carencia al ofrecer bloques reutilizables y con parametrización de frecuencia de reloj. Esto tiene un valor añadido para docencia universitaria donde la disponibilidad de IP didáctico acelera el aprendizaje práctico.

Limitaciones detectadas.

- **Manejo de tramas repeat:** la versión actual no implementa un tratamiento específico para tramas *repeat* del protocolo NEC (sujeto a mejora).
- **Sensibilidad a condiciones ambientales:** lecturas erróneas ocasionales pueden deberse ruido IR (luz solar/fluorescente), por lo que se recomiendan pruebas adicionales con distintos receptores y filtros.
- **Parámetros fijos:** los umbrales se fijaron en función de la frecuencia de reloj usada en la placa; migrar a otros FPGAs/boards exige ajustar las constantes o exponerlas como genéricos.
- **Portabilidad y documentación:** aunque el código está modular, para adopción institucional se recomienda empaquetarlo como IP claramente versionado, con testbenches y script de síntesis/despliegue.

Los resultados materializan el objetivo del estudio: la creación de un paquete VHDL funcional y comprobado en hardware. Además, los hallazgos refuerzan la evidencia de la literatura sobre los beneficios de introducir FPGA y proyectos prácticos en la docencia de diseño digital (mejor comprensión, motivación y resultados de aprendizaje cuando se proporcionan plataformas y guías prácticas).

Implicaciones para investigación y docencia.

- A corto plazo: publicar el paquete como repositorio (conversión a IP y ejemplo top-level + .qsf) y preparar laboratorios guiados que empleen las tarjetas Cyclone IV tipo OMDAZZ u otras compatibles para replicación.
- A medio plazo: ampliar el paquete para soportar múltiples protocolos IR (Sony, RC-5, RC-6), añadir detección de repeat, y realizar una evaluación experimental exhaustiva de fiabilidad frente a distancia/ángulo y fuentes de ruido.
- A largo plazo: desarrollar material didáctico (prácticas, guías, preguntas de evaluación) que permita su incorporación en cursos de Diseño Digital y Arquitectura de Computadores

CONCLUSIONES

Se diseñó, implementó y verificó un paquete VHDL para la decodificación del protocolo infrarrojo NEC y su visualización en una pantalla LCD 16×2, validado en una placa Cyclone IV (EP4CE6E22C8). La integración hardware-software y las pruebas en bancada confirmaron la funcionalidad del pipeline completo (recepción → decodificación → conversión a hex → despliegue en LCD).

La FSM y la estrategia de sincronización empleadas ofrecen un comportamiento determinista y robusto dentro de los umbrales elegidos, lo que confirma la viabilidad del enfoque para aplicaciones de laboratorio y prototipado en entornos académicos.

El paquete aporta un recurso pedagógico relevante: reduce la barrera de entrada para que estudiantes y docentes trabajen con IR y pantallas en FPGA, favoreciendo actividades tipo “learning-by-doing” que la literatura muestra como efectivas para el aprendizaje del diseño digital.

Las limitaciones detectadas (manejo de repeat, sensibilidad a condiciones ambientales y parámetros dependientes de la frecuencia de reloj) deben abordarse en versiones posteriores; se recomienda además publicar el código en un repositorio con documentación, testbenches y scripts de síntesis para garantizar reproducibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adafruit Industries. (2024). *Adafruit Infrared IR Remote Receiver — Learn*. Recuperado de <https://bit.ly/48Iayxh>
- Altera / Intel. (s. f.). *Cyclone® IV EP4CE6 FPGA — Product specifications*. Intel. Recuperado de <https://bit.ly/4ru2g3x>
- Ashenden, P. J. (2008). *The Designer's Guide to VHDL* (3.ª ed.). Morgan Kaufmann / Elsevier. Recuperado de <https://bit.ly/4irfauW>
- Brown, S. D., & Vranesic, Z. (2013). *Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design* (3.ª ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://bit.ly/3XmTEsX>
- Ciletti, M. D., & Mano, M. M. (2002). *Digital Design* (4.ª ed.). Pearson / Prentice Hall. Recuperado de https://books.google.com/books/about/Digital_Design.html?id=_fFTAAMA AJ
- ExploreEmbedded. (s. f.). *NEC IR Remote Control Interface with 8051*. Recuperado de https://explorembedded.com/wiki/NEC_IR_Remote_Control_Interface_with_8051
- H!Fi-Remote Wiki. (s. f.). *NEC protocol — hifi-remote wiki*. Recuperado de <https://www.hifi-remote.com/wiki/index.php/NEC>
- Hitachi. (1999). *HD44780U (LCD-II) dot-matrix liquid crystal display controller/driver — Datasheet*. Recuperado de <https://cdn.sparkfun.com/assets/9/5/f/7/b/HD44780.pdf>
- INTESC. (s. f.). *Librería LCD — INTESC*. Recuperado de <https://intesc.mx/libreria-lcd>
- JKSoltec. (2025). *Fpga Altera Cyclone Iv OMDAZZ + Usb Blaster (tarjeta de desarrollo — ficha)*. Recuperado de <https://bit.ly/3Khzp1I>
- Kumar, A., et al. (2013). *Project-Based Learning in Embedded Systems Education (case studies, IEEE/TE and conference literature)*. IEEE / ACM (varios), DOI: 10.1109/TE.2013.2246568, Recuperado de <https://bit.ly/3XrhrwK>
- Manchini / IEEE. (2008). *IEEE Standard for VHDL Language Reference Manual (IEEE Std 1076-2008)*. IEEE. Recuperado de <https://bit.ly/4iNwxXj>
- MCSElec. (s. f.). *AN #157 — Implementation of IR NEC protocol*. Recuperado de <https://bit.ly/48rq7bg>

- Olivares, J., et al. (2015). *Learning FPGA Design by a Methodology Based on Projects*. International Journal of Engineering Education / IJEE. Recuperado de <https://bit.ly/4asUsZA>
- Radu, M., et al. (2011). *The impact of providing unlimited access to programmable boards in digital design education*. IEEE Transactions on Education, 54(2), 174–182.
- ResearchGate / Synchronizer studies. (2013). *Two-flop synchronizer and metastability analysis*. Recuperado de <https://bit.ly/4pfbNtK>
- SBProjects. (s. f.). *IR — NEC protocol (tutorial técnico)*. Recuperado de <https://bit.ly/4ruYpTU>
- Salae Logic — GitHub. (s. f.). *NEC analyzer for Saleae Logic (implementations and timings)*. Recuperado de <https://bit.ly/4oqtvta>
- T. Weng, Y. Zhu, & C.-K. Cheng. (2009). *Enhancing learning effectiveness in digital design courses through the use of programmable logic boards*. IEEE Transactions on Education, 52(1), 151–156
- Intel — Quartus Prime. (2024). *Intel Quartus Prime Lite Edition 24.1 — Release and documentation*. Recuperado de <https://bit.ly/4aiiIh6>
- OMDAZZ store. (s. f.). *OMDAZZ — Cyclone IV FPGA module (store listing)*. Recuperado de <https://bit.ly/3M4yC4F>

**EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA
CONDICIÓN FÍSICA FUNCIONAL Y LA
ESTABILIDAD EN ADULTOS MAYORES, UN
ANÁLISIS EN LA CIUDAD DE SANTA
BÁRBARA, HONDURAS ³²**

**EFFECTS OF PHYSICAL EXERCISE ON
FUNCTIONAL FITNESS AND STABILITY IN
OLDER ADULTS, AN ANALYSIS IN THE
CITY OF SANTA BARBARA, HONDURAS**

Claudia Patricia Andino Maldonado³³

Claudia Patricia Brito Rodríguez³⁴

Delmy Aracely Jiménez Membreño³⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.³⁶

³²Derivado del proyecto de investigación: Efectos del ejercicio físico en la condición física funcional y la estabilidad en adultos mayores, un análisis en la ciudad de santa bárbara, Honduras.

³³Licenciada en Educación Física Recreación y Deportes. Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Máster en Investigación Educativa. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, (UPNFM), docente universitario,

³⁴Profesora de matemáticas en el grado de Licenciatura. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán (UPNFM). Master en Formador de Formadores/ Doctoranda en Educación. Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI) docente universitario

³⁵Licenciada en Pedagogía Institución, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Máster en Investigación Educativa. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, (UPNFM),

³⁶Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo establecer las modificaciones positivas del ejercicio físico en la condición funcional y estabilidad de los adultos mayores intervenidos mediante el programa Senior Fitness Test (SFT) en Santa Bárbara, Honduras. La investigación se fundamentó en la necesidad de comprender los cambios en las capacidades físicas de los adultos mayores antes y después de la intervención.

Los resultados más notorios evidenciaron mejoras significativas en la fuerza muscular del tren inferior y superior, también se registraron incrementos relevantes en la resistencia cardiorrespiratoria, donde algunos alcanzaron o superaron los rangos normales establecidos para su edad, en el SFT, con respecto a la flexibilidad, se observaron avances específicamente en la movilidad del miembro superior, mientras que la flexión del tronco mostró menor respuesta al entrenamiento.

En cuanto a la coordinación, velocidad y agilidad presentaron progresos notorios en adultos mayores de 65 a 74 años, aunque se evidenció mayores dificultades en los rangos de 80 a 84 años, debido a aspectos propios del envejecimiento más avanzado. En suma, los hallazgos confirmaron la efectividad del programa de ejercicio de forma estructurada, recalcando su relevancia para promover un envejecimiento activo, positivo en la condición física funcional, estabilidad y autonomía en los adultos mayores. Se concluye, las intervenciones basadas en el SFT constituyen una estrategia viable y replicable en Honduras y en contextos similares.

ABSTRACT

The present study aimed to establish the positive effects of physical exercise on the functional condition and stability of older adults participating in the Senior Fitness Test (SFT) program in Santa Bárbara, Honduras. The research was based on the need to understand changes in the physical capacities of older adults before and after the intervention.

The most notable results showed significant improvements in the strength of both the lower and upper body. There were also relevant increases in cardiorespiratory endurance, with some reaching or exceeding the normal ranges established for their age in the SFT. Regarding flexibility, progress was observed specifically in upper limb mobility, while trunk flexion showed a lesser response to training.

Regarding coordination, speed, and agility, noticeable progress was observed in older adults aged 65 to 74, although greater difficulties were evident in the 80 to 84 age range due to aspects associated with more advanced aging. In summary, the findings confirmed the effectiveness of a structured exercise program, emphasizing its relevance in promoting active aging and positively impacting functional physical condition, stability, and autonomy in older adults. It is concluded that SFT-based interventions constitute a viable and replicable strategy in Honduras and in similar contexts.

PALABRAS CLAVE: Condición física funcional, estabilidad, adultos mayores, Senior Fitness Test (SFT), Honduras.

Keywords: Functional physical condition, stability, older adults, Senior Fitness Test (SFT), Honduras.

INTRODUCCIÓN

En primer término, como investigadoras se hace referencia al principio filosófico de realismo que menciona (Ñaupás y otros, 2014), afirma “La realidad del mundo existe independientemente de la conciencia del investigador” (p.126). El envejecimiento de la población hondureña representa un desafío significativo en la actualidad, donde el aumento de la esperanza de vida ha puesto de relieve la necesidad de entender y mejorar la calidad de vida de los adultos mayores (INE, 2021). En este contexto, la presente investigación se enfoca en establecer los efectos positivos del ejercicio físico en la condición funcional y la estabilidad de este grupo etario, realizando un análisis específico en la ciudad de Santa Bárbara, Honduras. La Educación Física es una disciplina híbrida que se ubica entre varios campos del conocimiento. Por ello, no pertenece de manera exclusiva solo a las Ciencias Sociales o únicamente a las Ciencias de la Salud. Su clasificación depende del enfoque desde el cual se estudie.

De acuerdo a (Piña y otros, 2022), sostienen “El envejecimiento es un proceso multidimensional” (p.3), desde esta perspectiva, la dimensión calidad de vida es fundamental contar con buena salud, pues existen enfermedades crónicas en las que los adultos mayores experimentan una declinación funcional y pérdida de independencia, afectando el funcionamiento diario, el grado de independencia de las personas y la pérdida progresiva de las funciones físicas y mentales (OMS, 2021), por añadidura, es de suma importancia las estrategias que promuevan un envejecimiento saludable, más aún, que faciliten la adaptación a las modificaciones físicas y sociales inherentes al proceso de madurez (MINSALUD, 2021).

A causa de lo anterior, el propósito de este estudio se orienta a determinar los efectos positivos del ejercicio físico sobre la condición funcional y estabilidad de los adultos mayores a través de la batería Senior Fitness Test (SFT), herramienta diseñada y validada para evaluar la condición física de este grupo etario específicamente. En virtud de lo anterior, esta investigación, busca no solo cuantificar los beneficios del ejercicio, sino también generar propuestas de intervención que fortalezcan las políticas públicas de salud y optimicen las prácticas profesionales en el ámbito de la educación física y el entrenamiento. adaptadas a las características individuales y limitaciones funcionales de los adultos mayores, promoviendo así un envejecimiento activo e integral (Honduras,

2006). Ley Integral de Protección al Adulto Mayor y Jubilado (Decreto Legislativo No. 199-2006),

MATERIAL Y MÉTODOS

Como criterio de validez para esta investigación, se realizó con el el instrumento de medición Senior Fitness Test (SFT), creado por Rikli y Jones (2013), se compone de seis elementos diseñados para evaluar las capacidades físicas de los adultos mayores, proporcionando una medida del nivel funcional físico. Este instrumento se presenta como la herramienta más completa para obtener una comprensión detallada del estado funcional de los adultos mayores en términos de sus capacidades físicas. El rango de edad que abarca este test es 60 a 94 años, y los participantes deben contar con habilidades físicas suficientemente aptas para ejecutar la batería de ejercicios utilizados en la evaluación. (Rikli & Jones, 2013).

Para la intervención se consideró los procedimientos de la siguiente manera: sesión inicial y consentimiento informado, mediciones iniciales, calcular el Índice de Masa Corporal (IMC). Seguido de (segundo día) la administración de la batería completa del Senior Fitness Test (SFT) para compilar los datos describiendo el estado físico inicial de los adultos mayores, la intervención tuvo una duración total de 12 semanas, con 36 sesiones de entrenamiento distribuidas en cuatro microciclos. Las sesiones se llevaron a cabo 4 días a la semana, en horario matutino de 10:00 a 11:00 a.m. bajo techo, se utilizó el método de entrenamiento progresivo escalonado con cargas submáximas, siguiendo las dosis de ejercicio físico prescritas en el Senior Fitness Test (SFT). Esto permitió trabajar de manera segura, enfocándose en la técnica y en la resistencia muscular sin el riesgo asociado a levantar máximos absolutos para mejorar la fuerza y resistencia muscular.

En lo que respecta a la estructura de la sesión, su duración fue de 60 minutos (calentamiento y estiramientos 20 minutos, fase central 40 minutos), cabe mencionar que los ejercicios de fuerza se realizaron a una intensidad de 8/10 RM (Repetición Máxima), ello permitió entre 8 y 10 repeticiones antes del fallo muscular. Se realizaron 4 a 6 repeticiones por grupo muscular, asegurando un trabajo adecuado de fuerza. La recopilación de los datos pre y post intervención para cada participante se registraron en hojas de datos individuales.

En consecuencia, esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo, porque se fundamenta en la necesidad de estimar magnitudes y ocurrencias del fenómeno en estudio, por consiguiente, un análisis estadístico (Hernández & Mendoza, 2018). Por esta razón, el diseño fue de tipo no experimental. Esto implica que no se manipularon deliberadamente las variables; el propósito principal fue describir las variables de la muestra seleccionada en un periodo definido. La muestra es de tipo no probabilísticas o dirigidas, porque estuvo orientada por las características y contexto de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Con un tipo de muestreo intencional al seleccionar los participantes que cumplen con criterios específicos y tener la capacidad física para completar el Senior Fitness Test. Cabe aclarar que fue necesario acatar el diagnóstico médico de cada adulto mayor para poder realizar la intervención. (Hernández y Mendoza, 2018, p.177-200). En síntesis, la muestra estuvo compuesta por 10 mujeres comprendidas entre las edades de 65 a 84 años y 4 varones entre las edades de 85 a 89 años.

Componentes de la Batería Senior Fitness Test (SFT)

Tabla 1

Senior Fitness Test (SFT)

Fecha _____	Sexo	KG	Años/ estatura
Sujeto / participante	M/ F	Peso kg	Edad / Altura en cm
1. Sentarse y levantarse de una silla			
2. Flexiones del brazo			
3. 2 Minutos marcha			
4. Caminar 6 minutos			
5. Flexión del tronco en silla			
6. Levantarse, caminar y volverse a sentar.			

Nota. La tabla muestra los diferentes ejercicios de la batería SFT. Fuente: Tomada de Rikli y Jones (2001).

El análisis de los datos se centró en establecer las modificaciones positivas en la condición funcional de los adultos mayores intervenidos. El procedimiento por seguir se

centró en el cálculo de mejora individual, para cada participante y componente la batería del SFT, se calculó la mejora utilizando la regla de tres. Si "X" fue el resultado inicial (reintervención) e "Y" el resultado final (post-intervención), la mejora se calculó como:

$$\text{Mejora (\%)} = \left(\frac{Y - X}{X} \right) \times 100$$

Esto permitió establecer la proporción de mejora en relación con el resultado inicial, es decir, comparar pre y post intervención los adultos mayores, estableciendo las diferencias de cada variable y componente evaluada por el SFT, además, en el análisis estadístico, se verificó la normalidad de las diferencias entre los resultados pre y post intervención. Puesto que el objetivo fue determinar las mejoras positivas del programa sobre las capacidades físicas en los adultos mayores intervenidos. Aunque como investigadoras el texto no se especifica las pruebas estadísticas inferenciales concretas si se indica la intención de aplicar análisis estadísticos apropiados para comparar los resultados antes y después de la intervención.

RESULTADOS

A propósito, para hacer el análisis inicial es necesario realizar el índice de Masa Corporal (IMC), en la muestra se evidencia una población predominantemente femenina, con edades de 65 a 84 años. El peso oscila entre 48.5 y 64 kilogramos, mientras que las estaturas varían entre 1.50 y 1.68 metros. Se observó que los hombres presentaron una mayor altura en comparación con las mujeres. Todos los adultos mayores participantes se encuentran dentro de los rangos normales de IMC. Paralelamente, todos los participantes cumplían con criterios pertinente para la intervención en el programa de ejercicios, lo que evidencia un perfil general saludable. Por consiguiente, permitió la participación activa en las intervenciones propuestas del SFT.

En cuanto a la fuerza, sentarse y levantarse de una silla, los participantes presentaron incrementos positivos en sus repeticiones, alcanzando mejoras entre el 64% y el 79%, lo que indica una efectividad del programa de entrenamiento en la fuerza del tren inferior. Para la evaluación de la fuerza en el tren superior, (test 2 del SFT, que consiste en medir la cantidad de repeticiones de flexiones de brazos con mancuerna) .los adultos mayores de 65 a 69 años mostraron un incremento en su fuerza del 60% al 63%

después del programa, ello indica que, a pesar del avance de la edad, este grupo tuvo la capacidad de mantener y mejorar su fuerza, capacidad fundamental para su independencia, de manera que puedan cumplir con actividades cotidianas y la mejora en su calidad de vida.

En la evaluación de la capacidad de la resistencia cardiorrespiratoria, ritmo y equilibrio (Test número 3. 2 minutos de marcha) que evalúa la capacidad test número 4 caminar 6 minutos, se demostró en el grupo de 65 a 69 años un 86 % de mejora su resistencia cardiorrespiratoria, alcanzando niveles dentro de los rangos normales para su grupo de edad. Por otro lado, los participantes comprendidos ente 70 a 74 años alcanzaron un 83% de mejora dentro del rango normal, de ahí que, los resultados positivos en el aumento de la mejora son crucial para la realización de actividades diarias con independencia sin llegar a la fatiga, y se asocia con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares y un estilo de vida más activo.

Para el test numero 5 flexión del tronco en silla valora la flexibilidad mostró mejoras limitadas, es decir, no se detectaron cambios positivos en la mejora de los adultos mayores del estudio en cuanto a esta capacidad, lo cual indica que es una de las habilidades que presenta una menor probabilidad de recuperación. Test N.6. Evaluación levantarse, caminar y volverse a sentar mide la velocidad y la capacidad de moverse rápidamente desde una posición inicial de sentado. Es te test se interpreta un porcentaje positivo indica una mejora en el tiempo (menor duración), mientras que un porcentaje negativo indica un agravamiento en el tiempo (mayor duración). Los adultos mayores entre 65 a 69 años y mostraron mejora en un 120% en sus tiempos, para las edades de 70 a 74 alcanzaron un 114%. Esto indica un notable aumento en la velocidad y agilidad al realizar la prueba después de la intervención

En síntesis, los resultados demuestran que el programa de ejercicios fue eficaz en mejorar la fuerza y la resistencia cardiorrespiratoria de los adultos mayores. Las intervenciones fueron adecuadas porque llevaron a un aumento significativo en la capacidad funcional de los participantes, manteniendo su autonomía en términos de funcionalidad y calidad de vida. Sin embargo, la flexibilidad antes y después de la intervención NO se evidencian cambios significativos, en contraste, la flexibilidad en la capacidad de juntar las manos tras la espalda mostró mejoras significativas, es decir la

flexibilidad fue la capacidad con menor mejora visible después del programa, tampoco se registraron diferenciaciones entre mejoras de acuerdo con los rangos de edad como se han observado en las otras capacidades evaluadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En primer término, la representatividad del 80% en la muestra en este estudio es el sexo femenino, reporta un importante comportamiento sociodemográfico, coherente con los resultados de (Liu y otros, 2023), reportan en su estudio que la mayoría son mujeres debido a la mayor expectativa de vida, a su vez, se puede presumir un mayor interés y adherencia por parte de los sujetos de sexo femenino al ejercicio físico” (p.63). Los resultados también se alinean con el panorama demográfico actual hondureño, que muestra un incremento sostenido de la población adulta mayor, lo que refuerza la necesidad de estrategias de intervención física accesibles y efectivas (INE, 2021)

Por otro lado, se demostró que los efectos del ejercicio físico con una estructura definida y muy específica para los diferentes grupos musculares, mejoran la condición física, funcional y la estabilidad en los adultos mayores, especialmente con la implementación de programas con multicomponentes basados en herramientas validadas a nivel mundial como el Senior Fitness Test (SFT). Los resultados de esta investigación coinciden con investigaciones previas que destacan el impacto del ejercicio en la fuerza, la resistencia cardiorrespiratoria, la flexibilidad y el equilibrio, capacidades que son esenciales para preservar la autonomía y la calidad de vida en el envejecimiento, al respecto (Cigarroa y otros, 2021), indican que los programas que engloban ejercicios de resistencia, fuerza, equilibrio, coordinación y flexibilidad constituyen una excelente opción para mejorar la funcionalidad, reducir el riesgo de caídas, mejorar la marcha, equilibrio y la fuerza muscular (p.501).

Paralelamente, con la capacidad de la fuerza muscular, los adultos mayores participantes mostraron mejoras desde un 70% hasta un 79% tanto en el tren superior como en el tren inferior. Este progreso superó los rangos normales establecidos para cada grupo etario, lo que permite concluir que la progresividad de la intervención de 12 semanas, no solo se puede restaurar capacidades disminuidas por el envejecimiento, sino incluso mejorar el rendimiento funcional por encima de los valores esperados. Estos hallazgos complementan los resultados reportados por (Barbosa y otros, 2018), quienes

encontraron una asociación directa de fuerza y una mayor independencia funcional. Esto concuerda con lo señalado por (Rodríguez y otros, 2021), en su estudio observaron valores por encima a los de referencia del SFT en las pruebas de fuerza de miembros inferiores y superiores.

Prosiguiendo con, la resistencia cardiorrespiratoria también, se demostró una mejora positiva, ubicándose dentro de los rangos normales para los adultos mayores intervenidos de acuerdo con los valores establecidos en el SFT, en consonancia con (Cárcamo y otros, 2021), en su estudio bibliográfico de manera general sostienen que el aumento de la resistencia reduce la fatiga y mejora la tolerancia a las tareas cotidianas. Además, estudios como los de (Wilke & Mohr, 2020), apoyan la idea de que las intervenciones a mediano plazo (8–12 semanas) favorecen la salud cardiovascular, disminuyendo riesgos asociados al envejecimiento. La ausencia de diferencias por sexo sugiere que el ejercicio multicomponente tiene efectos similares en hombres y mujeres. Acorde con (Aboite y otros, 2021), demostraron que el ejercicio físico mostró efecto significativo en los factores de riesgo cardiovascular, es decir, la mejora a la resistencia cardiorrespiratoria esa directamente relacionada directamente con la salud cardiovascular.

De manera puntual, la OMS afirma que las enfermedades cardiovasculares representan un grave problema de salud a nivel mundial, por su alta incidencia, además se coloca como la principal causa de muerte de la población adulta debido a las consecuencias que esta conlleva (OMS, 2021). También, las personas mayores, la actividad física es beneficiosa por cuanto respecta a los siguientes resultados sanitarios: mejora de la mortalidad por todas las causas y la mortalidad cardiovascular, la incidencia de hipertensión, la incidencia de cáncer en lugares específicos y la incidencia de diabetes de tipo 2, la salud mental (menor presencia de síntomas de ansiedad y depresión), la salud cognitiva y el sueño, y posible mejora de las medidas de la adiposidad (p.43).

Ahora bien, la flexibilidad, se demostró avances notorios en la movilidad del miembro superior, alcanzando valores dentro de los rangos normales. Esta mejora tiene implicaciones directas en actividades como el aseo personal o vestirse, que se consideran funciones básicas y elementales para mantener la independencia. No obstante, la flexión del tronco en silla mostró estancamiento, lo cual coincide con la literatura que reconoce

la flexibilidad como una de las capacidades más difíciles de recuperar en edades avanzadas (Flores & Jiménez, 2024), señalan que el envejecimiento está acompañado por un proceso natural de deterioro en los sistemas musculoesquelético y nervioso, lo que contribuye a una disminución progresiva de la flexibilidad y el equilibrio. Estos hallazgos concuerdan con la (OMS, 2021). En las personas mayores la actividad física sirve para prevenir caídas y las lesiones por caídas, así como el deterioro de la salud ósea y funcional.

Estos cambios, si bien inevitables, pueden ser mitigados mediante la práctica regular de ejercicio físico, lo que ha demostrado ser una intervención eficaz para preservar la salud física y retrasar los efectos degenerativos que conlleva la edad, en otras palabras, la flexibilidad es la capacidad con posibilidades reducidas de mejora, por la asociación del envejecimiento natural de la pérdida de elasticidad de los músculos y tendones, así como al endurecimiento de los tejidos conectivos. Este hallazgo sugiere la necesidad de incorporar estrategias de flexibilidad más específicas y de mayor frecuencia dentro de los programas de intervención futuros. La flexibilidad y el equilibrio son dos de las capacidades físicas esenciales que garantizan la movilidad funcional y la calidad de vida en los adultos mayores, quienes, debido al envejecimiento progresivo, experimentan un declive considerable en estas habilidades (Flores & Jiménez, 2024)

Respecto a la coordinación, la agilidad y el equilibrio, las mejoras fueron más evidentes en los grupos de menor edad (65–74 años) 88% y 86% en rangos de edad avanzados (80–89 años), desde 78% a un 81% lo que significa que se logró disminuir los tiempos de ejecución en comparación de antes y después de la intervención de la velocidad de reacción y estabilidad, Sin embargo, la mejora positiva observada contribuyen a reducir el riesgo de caídas, lo cual es una de las prioridades más importantes en salud pública para esta población, en consonancia con (Aboite y otros, 2021). De conformidad con (OMS, 2021), recomienda que los adultos también deben realizar actividades de fortalecimiento muscular de intensidad moderada o más elevada para trabajar todos los grandes grupos musculares dos o más días a la semana, ya que ello reporta beneficios adicionales para la salud.

En otras palabras. entrenamiento orientado a estas capacidades es fundamental para preservar la movilidad y la seguridad, (OMS, 2021), en consecuencia, existe la

necesidad de adaptar aún más la intensidad y el tipo de ejercicios de acuerdo con el nivel de deterioro funcional inicial de los adultos mayores sin embargo, se observó las limitaciones naturales del proceso de envejecimiento, y el nivel de sedentarismo en la muestra de este estudio, pues, en Honduras no se cuenta con un programa de salud integral para los adultos mayores residentes en hogares o asilos, aunque si existe una Ley integral para el adulto mayor como se cita en párrafos anteriores, pero la limitante de instituciones y programas para lograr dicho cometido es inexistente.

En conjunto, los resultados se relacionan directamente con los objetivos del estudio, ya que permiten concluir que el programa basado en el SFT generó modificaciones funcionales positivas en fuerza, resistencia, movilidad y equilibrio. Además, constituyen una base útil para establecer valores de referencia para poblaciones similares en la región de Santa Bárbara, donde la disponibilidad de programas estructurados para adultos mayores es limitada. Esto convierte a la intervención en un posible modelo replicable para otros centros comunitarios y de cuidado de adultos mayores en Honduras.

Finalmente, el estudio aporta evidencia sobre la capacidad que poseen los adultos mayores para mejorar su condición física, sin perder el enfoque del deterioro natural por el envejecimiento, sin embargo, a través de programas de ejercicio organizados, con multicomponentes incluso en edades avanzadas resultan ser beneficiosos. No obstante, las limitaciones metodológicas, como la ausencia de grupo control, la variabilidad entre participantes y la falta de seguimiento a largo plazo, abren oportunidades para futuras investigaciones. Estudios longitudinales, diseños experimentales más robustos y la inclusión de parámetros psicosociales que permitan comprender de manera más integral los efectos del ejercicio en el envejecimiento. Aun así, las inferencias en este estudio, derivadas de los hallazgos indican claramente que el ejercicio/entrenamiento físico multicomponente es una herramienta valiosa para promover un envejecimiento activo, saludable y con mayor funcionalidad y por ende más autonomía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aboite, C. Y., Gutiérrez, A. S., Enríquez, R. M., & Hernández, C. K. (2021). Efectos del ejercicio físico en adultos con riesgo cardiovascular. *Scielo. Horizonte sanitario*, vol.21(num.3), 551. <https://doi.org/DOI: 10.19136/hs.a21n3.4733>
- Barbosa, M. P., Cunha, O. V., França da Silva, A. K.-R., & Vanderlei, L. C. (2018). Effectiveness of functional training on cardiorespiratory parameters: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *pubmed*, vol.38(num.4), 548. <https://doi.org/ DOI: 10.1111/cpf.12445>
- Cárcamo, R. R., Zapata, L. R., Ulloa, N., & Cigarroa, I. c. (2021). ¿En qué personas mayores, dónde y cómo se está aplicando el ejercicio multicomponente para obtener beneficios en su salud? Una revisión sistemática. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, VOL.56, 103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.regg.2020.11.005>
- Cigarroa, C. I., Ledezma, D. A., Sepúlveda, M. S., Zapata, L. R., Leiva, O. A., & Concha, C. Y. (2021). Efectos de un programa de ejercicio multicomponente en personas. *Scielo*, Vol.19, 591. <https://doi.org/ISSN 1727-897X..> <https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/5043>
- Flores, C. Y., & Jiménez, C. a. (2024). Impacto de la flexibilidad y el equilibrio en la salud física de . *Ciencia Latina*, vol.8 (num.5), 2514. https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13715
- Hernández, S. R., & Mendoza, T. C. (2018). Metodología de la Investigacion: rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- Honduras, C. N. (21 de Julio de 2006). Ley Integral de Protección al Adulto Mayor y Jubilado (Decreto Legislativo No. 199-2006),. *La Gaceta*. <https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Decreto-199-2006.pdf>
- INE. (2021). *Caracterizacion de la poblacion adulta mayor en Honduras (60 años o mas)*. Centro Cívico Gubernamental, info@ine.gob.hn.

- Liu, Q., Ni, W., Zhang, Ligia, Zhao, M., Bai, X., Zhang, a. S., . . . Chen, L. (2023). Comparative efficacy of various exercise interventions on depression in older adults with mild cognitive impairment: A systematic review and network meta-analysis. *ScienceDirec, Volume 91,*, 1.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.102071>
- MINSAL. (2021). *Plan Nacional de Salud Integral para Personas Mayores y su Plan de Acción 2020-2030*,. Ministerio de Salud de Chile, División de Prevención y Control de Enfermedades (DIPRECE).Departamento Ciclo Vital Oficina de Salud Integral para Personas Mayores.
- Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M., Palacios, V. J., & Romero, D. H. (2014). Metodología de la Investigación . Cuantitativa - cualitativa y Redacción de tesis. 4a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. ISBN 978-958-762-188-4.
- OMS. (2021). *Envejecimiento y salud. Organización Mundial de la Salud*. .
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health> [Links].
- OMS. (2021). *Directrices de la OMS sobre actividad física y comportamientos sedentarios*. ISBN 978-92-4-003219-4. Creative Commons (CC BY-NC-SA 3.0 IGO); . <https://doi.org/Organización Mundial de la Salud; 2021>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.ISBN 978-92-4-003219-4 (
- Piña, M. M., Olivo, V. M., Martínez, M. C., Poblete, T. M., & Guerra, G. V. (2022). Envejecimiento, calidad de vida y salud. Desafíos para los roles sociales de las personas mayores. *Scielo. Rumbos TS, vol.17 (no.28)*, 3.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.51188/rrts.num28.642>
- Rikli, R. E., & Jones, J. C. (2013). *Senior Fitness Test Manual*. 2nd ed. United States Canadá: Human Kinetics; 2013. Human Kinetics. <https://doi.org/doi:ISBN 10: 1-4504-111 8-9>
- Rodríguez, C. M., Calderón, G. V., & Aguirre, R. D. (2021). Valores de referencia del Senior Fitness Test en mujeres adultas mayores físicamente activas. *Rev Cubana Invest Bioméd. Ciudad de la Habana jul.-set. 2021 Epub 01-Sep-2021, vol.40(no.3)*, 1. <https://doi.org/versión On-line ISSN 1561-3011>

Wilke, J., & Mohr, L. (2020). Chronic effects of high-intensity functional training on motor function: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Scientific Reports*, vol.10(num.1), 16. <https://doi.org/DOI: 10.1038/s41598-020-78615-5>

CRÓNICA SOBRE LA MOVILIDAD HUMANA Y TERRITORIAL POR EL NORESTE DE MÉXICO: EL CASO DE TAMAULIPAS, NUEVO LEÓN Y COAHUILA³⁷

A CHRONICLE ON HUMAN AND TERRITORIAL MOBILITY IN NORTHEASTERN MEXICO: THE CASE OF TAMAULIPAS, NUEVO LEÓN AND COAHUILA

Jaime Uribe Cortez³⁸

Claudio Rubén Ku Pérez³⁹

Enrique Cercas López⁴⁰

Ariel Ramón Medina Alonso⁴¹

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.⁴²

³⁷ Derivado del proyecto de investigación: Crónica sobre la movilidad humana y territorial por el noreste de México: El caso de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.

³⁸ Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, Dpto. de Seguridad Pública y Criminalística. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0000-0001-6699-8545>

³⁹ Doctor en Derecho, Dpto. de Derecho. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0009-0007-0326-3585>

⁴⁰ Doctor en Economía Pública y Desarrollo Local, Dpto. de Seguridad Pública y Criminalística. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0000-0003-4162-0305>

⁴¹ Doctor en Derecho, Dpto. de Derecho. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0009-0001-1145-3123>

⁴² Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

CRÓNICA SOBRE LA MOVILIDAD HUMANA Y TERRITORIAL POR EL NORESTE DE MÉXICO: EL CASO DE TAMAULIPAS, NUEVO LEÓN Y COAHUILA⁴³

Jaime Uribe Cortez⁴⁴, Claudio Rubén Ku Pérez⁴⁵, Enrique Cercas López⁴⁶,
Ariel Ramón Medina Alonso⁴⁷

RESUMEN

El propósito de este capítulo es presentar una crónica académica y compartir una reflexión sobre algunos conceptos. Narra la experiencia de un viaje que se realizó a la mitad de 2023 a lo largo de estados del noreste de la república mexicana: Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Este documento es una reflexión cuyo objetivo se refiere a dar cuenta de tres ejes esenciales del recorrido que se comentan a lo largo del manuscrito además de unos cuantos aspectos que son parte de la estructura general de la movilidad humana de tipo turística.

ABSTRACT

The purpose of this chapter is to present a specialized and academic chronicle, share a reflection on some concepts and elements, narrates the experience of a travel journey that took place in the middle of the year 2023 through several states of the Mexican Republic, especially towards the north of the country, to Coahuila, Nuevo León and Tamaulipas. This document is a reflection whose objective is to give an account of three essential axes of the journey that are discussed throughout the Introduction, as well as a few aspects that are part of the general structure of human mobility of the tourist type.

⁴³ Derivado del proyecto de investigación: Crónica sobre la movilidad humana y territorial por el noreste de México: El caso de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.

⁴⁴ Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, Dpto. de Seguridad Pública. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0000-0001-6699-8545> Responsable del proyecto de investigación para el año 2026 denominado: El concepto de agenda pública en el desarrollo regional de Quintana Roo, proyecto en el cual se circunscribe este capítulo de libro.

⁴⁵ Doctor en Derecho, Dpto. de Derecho. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), crku@uqroo.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0007-0326-3585>

⁴⁶ Doctor en Doctor en Economía Pública y Desarrollo Local, Dpto. de Seguridad Pública. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0000-0003-4162-0305>

⁴⁷ Doctor en Derecho, Dpto. de Derecho. Univ. Autónoma del Estado de Quintana Roo (México), <https://orcid.org/0009-0001-1145-3123>

PALABRAS CLAVE: región, trayecto, turismo, individuo, grupo.

Keywords: Region, route, tourism, individual, group.

INTRODUCCIÓN

La movilidad territorial es muy parecida a la movilidad humana. En realidad, la diferencia fundamental radica en que la movilidad humana estriba en el traspaso de las personas de un lugar a otro, de una región a otra, que puede ser por motivos de empleo; visitar a familiares; radicar y construir hogares permanentemente, y también por razones de turismo, que en este caso es lo que interesa. Por su parte el concepto de movilidad territorial responde al movimiento de población de territorio en territorio que puede ser a diferentes escalas: Estatal, regional, nacional, municipal, metropolitana, etc.

El concepto de *movilidad humana* se entiende de modo similar a un movimiento migratorio. Desde el punto de vista de Lara Flores (2010a), Tarrus (2000) y Hily y Ma Mung (2002) es una transformación del fenómeno migratorio. Se ha sustituido el término por: *movilidad y circularidad*, que forman parte fundamental de los procesos de transición propios de los desplazamientos poblacionales entre los territorios por medio de flujos de personas en términos de temporalidades, rangos de tiempos específicos, que se desarrollan en el espacio urbano y comunitario.

El análisis de la movilidad desde el turismo permite observar, como diría la autora Lara Flores (2010b), la complejidad de los trayectos, la temporalidad junto con sus similitudes y diferencias con respecto a otros viajeros o turistas, las estrategias de producción y reproducción de los viajes, así como las redes de amistad o de solidaridad que se constituyen a lo largo del viaje.

Se comprende la movilidad de distintas maneras: puede ser de ida y vuelta, una migración de retorno intermunicipal (turismo de vuelta a casa), que podría ser causada y detonada por motivos como la búsqueda del progreso para el sustento y subsidio familiar mediante un cambio de trabajo, cambio de vivienda –quizás para dejar de rentar y adquirir un hogar propio– también podría ser para escapar de algún peligro, como en una especie de migración forzada por diversos motivos que pueden ser por desastres naturales, conflictos culturales, políticos y/o religiosos, entre otras cuestiones. Todas estas razones podrían dar sentido a la movilidad humana.

El objeto que se va a estudiar en este capítulo es el fenómeno de la movilidad humana y territorial por causas del turismo. El propósito del manuscrito es compartir la experiencia de viaje de profesores, un grupo de investigadores que hicieron un recorrido turístico por

el norte del país y que describen la experiencia como una crónica de movilidad humana y las vivencias que experimentaron desde un principio hasta el final de la travesía.

El objetivo central es dar cuenta de cuatro ejes esenciales que son:

- 1) Inseguridad y complejidad en el trayecto.
- 2) Aspectos sobresalientes del trayecto turístico.
- 3) Área de movilidad turística.
- 4) El trayecto colectivo: La construcción de experiencias en el transcurso viaje.

Cabe decir que este no es propiamente un artículo de investigación ni un ensayo, es un documento de experiencias y buenas prácticas, un capítulo de libro diferente, una especie de informe de investigación empírica con la estructura de una crónica que tiene por objetivo compartir datos, algunos hallazgos, experiencias, información obtenida en el transcurso de un viaje por el norte de México, y discernir cuáles son las condiciones de seguridad por las que atraviesan los viajeros en sus diversos recorridos por las regiones del país.

Este manuscrito se erige como una descripción colectiva, una reseña de la experiencia de viaje. Es una especie de diario en el que se registran los hechos acaecidos por quienes suscriben durante el trabajo de campo efectuado.

Inseguridad y complejidad en el trayecto

De acuerdo con el autor Robert Lanquiar (2007) el turismo es de las primeras actividades económicas que surgieron desde la fundación de Europa y América. Esto para los países latinoamericanos y particularmente para México no es la excepción. El estilo de vida, el sentido que cada persona asigna a las vivencias que suceden en el mundo condicionan en mayor o menor manera el entendimiento de las diferentes dinámicas culturales. La forma en que se ve el mundo social es, al mismo tiempo, particular y colectiva.

Surge el siguiente cuestionamiento: ¿Cómo se producen y reproducen las experiencias, los patrones, las pautas de viaje que se originan alrededor del territorio norteño de México?

El cuestionamiento se responde en términos de que la idea de complejidad vive allí en los respectivos recorridos, en las profundidades y en las particularidades de cada lugar, en las

características del viaje y del viajero. Dígase que se ubica en la especificidad individual y grupal, cada uno tiene su propio color y matiz para plasmar los trayectos de manera particular. La dificultad también significa una oportunidad para aprender y resolver eventualidades aún en situación de certidumbre o incertidumbre durante los recorridos.

Cuando se viaja por primera vez, el conocimiento o desconocimiento de los trayectos es algo que incide sobre la confianza de los viajeros. Por supuesto que la confianza se incrementa, se nutre y alcanza un grado más de seguridad, sube la moral, se fortalece la autoestima sobre todo cuando la mayoría de las personas van acompañadas. Y sí, es muy importante viajar en compañía de amigos, pareja, familia, pues se hace el camino más relajado.

Para Tomás⁴⁸ los viajes grupales dejan una enseñanza hondísima, que se queda anidada en el marco general de saberes aprendidos por parte de los viajeros; se queda en el corazón de las personas, en el alma grupal, pues de acuerdo con nuestro testimonio se piensa que los viajes grupales dejan un influjo muy fuerte sobre la conciencia individual, permite ver el mundo en su máxima expresión, turística, cultural, filosófica, ecológica, económica, sociológica y política, en suma, toda una conformación de la realidad. Cuando es grupal, para el buen Tomás, es más profundo su significado debido al intercambio de experiencias, el viaje es más amplio, se tienen conversaciones, se intercambian puntos de vista, se comparan argumentos y se distinguen con claridad las posturas de los individuos.

En una frase de Tomás, “los viajes permiten comprender que México es un país hermoso con vasta historia, cultura, su folklor y sus tradiciones”, que por medio de los recorridos se puede conocer, por lo menos un poco de los rincones poco explorados de México.

Desde la óptica de Lorena⁴⁹, la complejidad radica en arriesgarse a los peligros que conlleva hacer el viaje, ir a cada recorrido, “caminar el sendero del peligro” es algo inquietante y excitante a la vez. La expresión “salir al mundo” implica tomar conciencia que al dejar el hogar por algunos días puede representar ciertos imponderables, situaciones imprevistas, tiempos de decisión y de acción que son inherentes de cada viaje. Se trata de cuestiones normales que sin querer se exteriorizan, emergen delante de todas las personas y que se muestran tales como son con sus vivencias positivas y negativas,

⁴⁸ Tomás, Testimonio, Monterrey, Nuevo León, julio de 2023

⁴⁹ Lorena, Testimonio, Monterrey, Nuevo León, julio de 2023

cotidianas y no cotidianas, todo lo cual genera conocimiento y aprendizaje que va enriqueciendo la estructura de conocimiento de los individuos y colectivos.

Tanto a nivel individual como colectivo hay peligros inherentes al proceso, tensiones que se consideran normales, que están relacionadas con todo viaje. Es, sin duda, una experiencia fuente de enseñanzas múltiples para aplicar en la vida (Cohen, 2005).

En cuanto a lo colectivo el recorrido por la zona norte de México es sumamente gratificante.⁵⁰ Es parte de reconocer el territorio en que se nace, crece y se desarrolla cada individuo. Se piensa que todo viaje sirve para comprender cuáles son las características y partes constitutivas de los territorios.⁵¹ Ayuda a identificar las estructuras físicas, las dinámicas sociales y entender por qué son muy distintas.

En México hay varios lugares, varios contextos que están ahí para conocerse, en el mismo norte del país existen lugares que turísticamente son interesantes para recorrer y visitar. Todos tienen particularidades muy propias. Viajar a los distintos municipios de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas entraña profundas enseñanzas, que inclusive con el paso del tiempo, al terminar cada viaje, es posible retomar, todo lo cual incrementa el nivel del conocimiento adquirido a modo que después se constituya en conceptos y categorías que son diferentes aun entre los mismos lugares de los mismos estados o las mismas regiones del noreste.

El pensador francés Jean Viard (2006) señaló, a lo largo de su prolífica obra, que la libertad es solamente uno de los elementos que hacen al ser humano tener movilidad humana, ir de un lado a otro de los espacios geográficos. El punto es conocer de aquí y de allá, particularidades de viaje que se aprenden precisamente en el transcurso de los trayectos, los cuales facilitan que el movimiento sea más tranquilo, más pausado, lo más ameno posible, con seguridad pública lo que proporciona una sensación de confianza, certeza y dota de la capacidad para ampliar las motivaciones individuales y grupales.

Se coincide plenamente con el argumento de Tomás puesto que la motivación por conocer México es una gran razón para realizar viajes y aprender de las costumbres de los pueblos originarios y mestizos. Los autores Knafour, Bruston *et al.* (1997) arguyen que las movilidades de naturaleza humana y geográfica, inclusive la turística, repercuten sobre

⁵⁰ Julia, Testimonio, Arteaga, Coahuila, julio de 2023

⁵¹ José Juan, Testimonio, Parras, Coahuila, julio de 2023

las transformaciones sociales, inciden en la percepción que se tiene sobre la posición en el mundo fenoménico que es particular para cada ser humano.

Es necesario y menester conocer los territorios, las regiones, las localidades y sus características. Viajar significa adentrarse en las diferentes comunidades, imbuirse en las diferentes culturas, es probar comidas típicas, colocarse atuendos desconocidos, escuchar música popular y el pop actual. Consiste en hacer una conclusión individual o grupal sobre el estado de la seguridad que se encuentra en las diferentes rutas.

El autor Daniel Cohen (2005) señala que la máxima complejidad de la movilidad territorial y humana en el mundo capitalista radica en que se caracteriza por ser un continuo tránsito de mercancías, bienes de capital y flujos financieros. En este tenor no cabe duda de que las personas también se trasladan no únicamente entre los municipios y los estados, sino entre los diferentes países, pues la gente posee diferentes motivaciones para viajar.

En México existen lugares como el pueblo de Aculco, en el Estado de México, o de igual modo hasta hace poco tiempo el mínimamente conocido pero muy importante y uno de los pocos pueblos mágicos con playa es Loreto, en Baja California Sur, -junto con Mazunte en Oaxaca- cercano a la capital, La Paz, se caracterizan porque son lugares muy concurridos por su belleza, una arquitectura distinta a otros territorios y en la actualidad representan una oferta turística de gran valía.

Parte de la dificultad de los viajes surge, como dictan los autores Kuentzel y Ramaswany (2005), en la concepción que cada uno tiene sobre la movilidad turística. Los recorridos y viajes diversos poseen un valor inconmensurable al observar la relación que se da entre la migración, el turismo, el cuidado del medio ambiente y la preservación de la biodiversidad. La concepción de la complejidad se funda sobre el principal motivo que incentiva a los individuos a moverse de un lugar a otro y visitar múltiples contextos. Uno de los motivos medulares para comprender por qué viajan las personas se basa en la pretensión de conocer más lugares, las tradiciones, la vestimenta, la comida, las catedrales, sus centros históricos y otras características que son relevantes para los viajantes.

Área de movilidad turística

Cabe mencionar que el área central que se estudió en esta oportunidad es el tramo que va de Monterrey a Ciudad Victoria y luego a Torreón, esto es: Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila.

A modo de hipótesis este recorrido es seguro para los viajeros que van con mochila en mano emprender el viaje sin recibir daños, si acaso la intención es únicamente ir de visita, tal vez conocer los lugares representativos y solamente por un periodo definido.

Parte de las similitudes entre los viajeros se refiere a establecer contactos comunicativos: unos duraderos otros espontáneos o más limitados con personas oriundas de los lugares visitados u otros visitantes, con quien compartir experiencias, anécdotas y futuros traslados. A veces brevemente, otras veces extensamente, a fin de socializar y tener en cuenta los pormenores de las travesías. Con ese fin resultan útiles las redes sociales, y hacer más entretenido el trayecto. Parece pertinente el análisis de la región noreste de México porque es un sitio que en términos de seguridad es crucial conocer y estudiar comparativamente con las regiones del sureste o del centro del país.

En cuanto a las diferencias, una muy importante es que en comparación con otras regiones el nivel de las percepciones de los individuos en cuanto a la seguridad para viajar en la región del noreste es contemplada como más peligrosa, riesgosa para transitar, si se considera a su contraparte la región del sur, según se escuchan los testimonios, más aún que el propio estado de Quintana Roo y sus municipios, más que otras zonas y localidades de Chiapas, por decir otro lugar.

Una diferencia más en los trayectos especialmente los colectivos no corren tantos riesgos al transitar o ir de viaje cuando van en grupo pues se sienten más protegidos, más arropados que en el trayecto individual, es lo que se conoce como *colectivo de ayuda*.

El concepto de *colectivo de ayuda* comprende una importante asistencia para el viajero, que proviene no necesariamente de la familia, aunque sí de las personas conocidas como pares que son otros viajeros que recorren el norte del país en circunstancias similares y confluyen entre sí por lo que comparten experiencias y vivencias de todo tipo. De acuerdo con lo anterior se tiene la siguiente definición sobre lo que significa un *colectivo de ayuda* que es similar a la idea de red:

Los colectivos de ayuda son similares a las redes familiares y sociales que constituyen una fuente de recursos materiales, afectivos, psicológicos y de servicios, que pueden ponerse en movimiento para hacer frente a diversas situaciones de riesgo que se presenten en los hogares, como falta de dinero o empleo, como apoyo en caso de una enfermedad o para el cuidado de niñas, niños o personas adultas mayores. Nos referimos a los colectivos (redes) mediante las cuales las personas crean lazos entre sí para brindarse apoyo y no a las extendidas redes virtuales que cada vez cobran mayor importancia con las tecnologías de la información (Instituto de las Nacional de las Mujeres, 2015: 2).

Los colectivos de ayudas poseen un papel fundamental cuando se enfrentan a situaciones de tensión en el momento de viajar, sobre todo entre individuos que viajan continuamente. Muchas veces no es la familia ni la burocracia las que protegen durante el transcurso del viaje, sino que son cubiertos por el acompañamiento de sus compañeros viajeros (CEPAL-EUROPEAID, 2007).

Hay un elemento esencial, todo colectivo es una especie de alivio contra la tensión de un viaje solitario, perceptivamente se zanján muchas áreas que necesitan ser restauradas, en especial una que se refiere a la parte comunicativa. Estriba en la necesidad de instaurar un sistema de comunicación por lo menos en alguna parte del trayecto.

Un aspecto crucial para realizar un buen viaje corresponde a no estar ligados con negocios ilegales, con el crimen organizado, situación que colocaría a los viajeros en peligro, riesgo, tensión, eventos dilemáticos que podrían generar algún trauma, también aplica para las personas con quienes se van encontrando y con quienes hacen nexo.

En este manuscrito se comparte el testimonio de los autores, así como una reflexión sobre su travesía en el noreste (Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila) para indagar acerca de la seguridad durante el viaje y así dar una opinión veraz y concisa sobre la movilización entre los municipios y estados.

Un aspecto nodal en cuanto a la similitud en los trayectos estriba en que no es que las personas pretenden conocer nuevos sitios, varias personas lo han hecho, esto ayuda a compartir experiencias, ver similitudes y diferencias. La diferencia estriba en la posición personal del viajero lo cual es variable, es diferente, lógicamente, y al pensar en la calidad de los trayectos, es diversa la experiencia, es diferente cada vivencia, lo cual se puede compartir.

Grupal e individualmente se tienen argumentos similares. Son distintos, tienen cuestiones en común, contienen aspectos parecidos. Se realiza una tarea o varias. Es como una especie de ejercicio de verificación muy útil para los turistas más elaborados y elegantes, así como también para los turistas que solamente van con la mochila sobre la espalda. Esto se define como la constatación de los argumentos de viaje en cuanto a las vivencias, las travesías y los resultados que cada experiencia ha reproducido.

La tesis principal se refiere a que el recorrido es apacible, sin mayores sobresaltos, disfrutable, se observan y se admiran los paisajes, las arquitecturas, los amaneceres, los atardeceres, el anochecer. No hay contratiempo firme si se avanza con el objetivo bien preciso, que es conocer el país y sondear, si es posible, las veredas sin sufrir contratiempos.

El trayecto colectivo: la construcción de experiencias en el transcurso del viaje

En este apartado se explican las incidencias en el trayecto individual realizado por los cinco investigadores y la experiencia que se vivió. ¿A qué se le llama trayecto individual? Se le denomina al viaje personal que se realiza durante un tiempo determinado y que implica salir de la comodidad del hogar. Casi siempre se habla de que es hacia otros municipios o estados.

Es en sí mismo un viaje, un trayecto de forma independiente a todo grupo, pues lo realizan las personas individualmente, externamente a los grupos de amigos o conocidos, tal como lo realizó quien suscribe, al norte del país.

Como ya se mencionó, el viaje se desarrolló por tres estados del país, siete pueblos mágicos, cinco ciudades y capitales. Entre otras cosas, se facilitó imaginar las incidencias generales, las peripecias por las que transita un viajero o una viajera, todo un colectivo de personas que podrían externar vivencias, impresiones semejantes o radicalmente distintas a las que experimentan otros turistas que recorren México, tanto nacionales como internacionales.

Un aspecto de gran valor es que los colectivos de ayuda que los viajeros tejen empiezan desde la apertura del viaje, desde el primero hasta el último día. En el caso de quienes suscriben todo inició al llegar a Monterrey desde Chetumal. Del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Chetumal llegamos al Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo. De ahí nos trasladamos hasta el hotel *Kavia*, ubicado sobre la calle Melchor Ocampo,

enfrente de la famosa Macroplaza de Monterrey y muy cerca del Ayuntamiento del municipio.

Pasando por el boulevard Aeropuerto, vía principal de la ciudad, nos acercamos a la avenida Miguel Alemán hasta llegar a la calle Melchor Ocampo en taxi. Realmente cabe decir que recorrimos el cuadro principal de Monterrey, es muy tranquilo y agradable. La Macroplaza, el Barrio Antiguo y el Paseo Santa Lucía son espacios públicos muy bien cuidados. Sitios obligados para todo paseante y para aquellos que visitan la ciudad por distintos motivos.

Una vez ubicados en el Paseo Santa Lucía recordamos aquella famosa y extinta plaza denominada *Fundidora Monterrey*, lugar emblemático no solamente de la ciudad, sino también de la economía estatal, pues ahí comulgaban muchas personas para laborar y ganar el sustento. Había la posibilidad de obtener un buen sueldo, convivir y con ello vivir en armonía unos con otros.

Definitivamente para los viajantes, un interés compartido con muchos otros es el deseo por ir a tres espacios representativos del municipio de Monterrey:⁵² la Macroplaza, el Paseo Santa Lucía y el Barrio Antiguo. Son parte de los atractivos turísticos más importantes de la ciudad. Se disfruta caminar sobre estos lugares, es muy tranquilo, no hay sobresaltos ni contratiempos agudos o problemas recios.⁵³

La experiencia es aleccionadora pues se conocen diferentes espacios y se plática con varias personas. Resulta muy interesante porque se obtiene una idea de cómo se ha conformado la primera parte del cuadro ciudadano que es el centro neurálgico de la traza urbana.

Es una especie de construcción mediante un proceso sociohistórico articulado en varias fases y etapas bien entrelazadas. La dinámica social de Monterrey se puede dividir en dos: Antes de la década de los ochenta, y la otra, la parte construida después de los ochenta.

Esto quiere decir que ha habido una evolución que consiste en que posteriormente a la década de los años ochenta han surgido un par de nuevos espacios, en específico desde

⁵² Juan Daniel, testimonio, Monterrey, Nuevo León, julio de 2023

⁵³ Abraham, Testimonio, Ciudad Victoria, Tamaulipas, julio de 2023

1984 hasta la fecha, me refiero a El Paseo Santa Lucía y la Macroplaza. No se vislumbran complejidades para los visitantes a estos espacios.

Se dice que al visitar Tamaulipas pudiera surgir algún contratiempo. Esto se expresa más por la percepción de la inseguridad que por ser una realidad, algo fáctico, debido a toda la fama que se vivió durante la década de los noventa y algunos años después del dos mil, especialmente en municipios como Reynosa, Laredo, Ciudad Mante, Matamoros, Altamira y Ciudad Victoria que estuvieron asediados por diversos problemas y múltiples peligros relacionados con las redes delincuenciales, la corrupción y el crimen organizado, situación que afectó a visitantes y locales.

Un factor de riesgo para las personas que no viajan en grupos, sino que van individualmente, por decir algo desde Monterrey hasta alguno de los municipios de Tamaulipas estriba en ir de un sitio a otro con la mochila al hombro y pasando de camión en camión. Es más, por lo que se dice sobre la visión que se ha constituido en torno a Tamaulipas, que por ser una realidad definitiva. Esto es una percepción que se puede corroborar con la experiencia de los viajeros, sus testimonios.

Aunque la verdad es un mito esto de los innumerables peligros que se supone existen. Ir a Tamaulipas y, en general a todo el norte del país, se considera inseguro para viajar. Pero no hay nada como hacer el recorrido y cerciorarse por cuenta propia para ver qué tan inseguro o seguro es.

Para viajar desde la Macroplaza las personas tienen que recorrer un buen tramo hasta llegar a la Central de Autobuses de Monterrey, lugar amplio y extenso. Luego habrá que tomar un camión de la ruta 42 que pasa sobre avenida Juárez para llegar a la terminal y abordar el autobús del Grupo Senda directo hasta la capital de Tamaulipas, Ciudad Victoria.⁵⁴ Es interesante ir recorriendo los caminos, paseando por los senderos, todos seguros –aparentemente– sin contratiempos de robos, asaltos o algún otro dilema parecido. Se llega a la capital del territorio tamaulipeco, Ciudad Victoria, y cada uno se puede alojar en uno de los buenos hoteles presentes en el Centro Histórico.

A título personal la zona que más nos agrada es la Unidad Deportiva Miguel Alemán Valdés que se encuentra entre las avenidas Carrera Torres y Berriozábal, vialidades emblemáticas. También entre las calles 17 y 19 se puede ver el mítico estadio del equipo

⁵⁴ Laura, Testimonio, Villa de Santiago, Nuevo León, agosto de 2023.

Xde futbol *El Correcaminos*, el inmueble denominado Marte R. Gómez de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

Recordamos que hace unos cuantos años hablamos por teléfono con Alejandro, un buen amigo que vive en Ciudad Victoria.⁵⁵ Comentó que caminar por la ciudad era una cuestión complicada y había peligros innumerables por razón de algunos enfrentamientos que existían entre grupos que se pueden pensar eran del crimen organizado. Le contestamos que esto no es nuevo, sino que siempre ha existido.⁵⁶ Por supuesto que se conocía la delincuencia, siempre ha estado presente, ha habido algo de inseguridad que con el paso del tiempo unos diez años a la fecha prácticamente ha desaparecido.

El trayecto hacia Coahuila es realmente fascinante. En Ramos Arizpe se toma el transporte interurbano que va hasta Arteaga y pasa por Saltillo. Es un transporte de color verde que atraviesa tres ciudades, incluyendo Arteaga y llega hasta el Ejido la Unión que está pasando precisamente el mencionado pueblo mágico, es la última estación.

El transporte interurbano es público. Todo el camino es seguro, sin contratiempos. La seguridad es evidente, toda vez que después de la estadía en Arteaga y visitar uno de los ejidos que queda cercano a la sierra circunda el majestuoso pueblo mágico. Hay un par de complejos con cabañas; uno es *Cabañas El Diamante* y el otro es *Cabañas La Joya* con gente muy amable que atiende y otorga varios servicios de alta calidad para aquellos que quieren relajarse unos días, en periodo vacacional o en periodos normales. Inclusive la persona que atiende puede mandar a preparar unas “gorditas tradicionales de Coahuila” para aquellos que quieran descansar, no salir y pedir algo de comer rápido, delicioso y barato.

La peculiaridad de visitar el ejido denominado El Diamante es que hay que llegar por taxi o con vehículo propio, no hay transporte público directo a la sierra. Inclusive llegar a San Antonio de las Alazanas, pueblo muy pintoresco y bonito que, por cierto, acerca a los visitantes a un lugar fundamental para los coahuilenses, que es un complejo hotelero con cabañas denominado Monterreal con pista de esquí, muy visitado por turistas extranjeros; de igual modo requiere del servicio de taxi o ir en coche propio.

⁵⁵ Conversación con Alejandro en el año 2020 sobre la temática de seguridad al andar por calles y vialidades.

⁵⁶ Alejandro, Testimonio, Ciudad Victoria, Tamaulipas, 2023.

Finalmente se terminó la estancia y con ello el trabajo de campo. De regreso al municipio de Arteaga tomamos el taxi que va a Saltillo. Una vez allí iniciamos otra travesía rumbo a Parras de la Fuente, otro interesante pueblo mágico de Coahuila. Abordamos un transporte desde la Central de Autobuses de Saltillo y a las casi tres horas de traslado llegamos a ese bonito lugar pintoresco y lleno de gente amable, gente linda que recibe bien a sus visitantes y que, como se puede pensar, la estadía fue tranquila, sin contratiempos, sin mayores aspavientos.

La seguridad había sido excelente durante todo el viaje. Al otro día partimos rumbo a Torreón, tardamos en llegar cuatro horas y media. El transporte es directo de Parras de la Fuente a Torreón, aunque la Central de Autobuses de Parras también tiene viajes para los que quieren regresar a Saltillo o Monterrey.

Estuvimos un par de días en Torreón e inclusive fuimos al estadio de béisbol de los Algodoneros de Unión Laguna y la verdad disfrutamos de un buen sábado en que jugaron contra los Toros de Tijuana. Posteriormente nos dirigimos en un transporte interurbano denominado Los Rojos de Matamoros al pueblo mágico de Viesca. Tardamos seis horas en llegar puesto que el viaje interurbano cruza toda la ciudad de Torreón, inclusive pasa por la Central de Autobuses que está retirada del centro urbano.

El pueblo mágico de Viesca, Coahuila, es un espacio seguro muy bien vigilado, sin inseguridad y con un cuerpo policiaco suficiente para atender a sus ciudadanos. Sin embargo, no hay muchos hoteles ni muchas opciones para comer. De hecho, nos fue difícil conseguir hospedaje hasta que pudimos alojarnos en el hotel *La Joya*.

Conocimos a un buen hombre que se llama Carlos Praga, precisamente en Viesca. Es originario de la Ciudad de México, ha hecho su vida en este maravilloso pueblo, tiene una hermosa familia, amplia y serena.⁵⁷ Son buenas personas quienes al ver que no conseguíamos comida nos invitaron un delicioso plato de comida tradicional que se llama *Reliquia*, la cual disfrutamos en demasía y agradecemos por este gesto al instante.

En la charla durante la comida nos preguntó: “¿Cómo paseaban? ¿Cómo viajaban?” Le dijimos que solamente acostumbrábamos a hacerlo así con mochila al hombro, y nos contestó: “Son muy valientes pues viajar solos no es tan seguro”.⁵⁸ A lo que replicamos: “Si quieres conocer México solamente se puede así con la mochila al hombro, sin

⁵⁷ Carlos Puebla, Testimonio, Viesca, Coahuila, agosto de 2023

⁵⁸ *Ibidem*

itinerario concreto; planeando día a día, yendo a cada lugar por medio de camiones o transporte público echando mano de los diversos transportes que existen”, a lo que Carlos apoyó este argumento.

Todo lo explicado deja un sinfín de reflexiones, se destacan las que siguen:

- 1) Si bien la seguridad pública es un tema imprescindible para todos los viajantes, es menester que haya la certeza, la intención de querer conocer el país.
- 2) Es necesario que haya seguridad humana y se garantice una buena condición para la ciudadanía. Esto es algo que tanto en el trayecto individual como en el trayecto colectivo se requiere.
- 3) Es apasionante viajar sin un paquete de recorridos ni estancias preestablecidas por una agencia, más bien con la mochila al hombro y atreverse a recorrer las regiones, ciudades, pueblos mágicos, entre otros lugares, a pie. Lo que cuenta es viajar con el deseo verdadero de explorar, prácticamente volverse un descubridor.
- 4) Sin embargo, para no dispersarse y aprovechar mejor los recursos, la organización es fundamental, tener un plan de viaje es muy importante.

A manera de cierre, los destinos del viaje fueron los estados de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas; siete pueblos mágicos: 1) Arteaga, 2) Villa de Santiago, 3) Ciudad Mier, 4) Guerrero, 5) Linares, 6) Viesca y 7) Parras de la Fuente, además de cuatro ciudades fundamentales: 1) Ciudad Victoria, 2) Monterrey, 3) Saltillo y 4) Torreón. Al finalizar la estancia en Torreón nos regresamos a Nuevo León, fue un trayecto de cinco horas. Días después del regreso inminente a Chetumal, cabe decir que el viaje de regreso transcurrió sin problemas.

CONCLUSIONES

Uno de los factores que ayudó enormemente a todos los colectivos de viajeros inclusive a los viajeros individuales, a caminar con seguridad, es tener los destinos bien precisos, con certeza y pertinencia, pues se garantiza llegar a cada lugar de forma tranquila y sin sobresaltos.

Un segundo factor radica en que para sentirse seguros es vital programar las llegadas con anticipación a los diferentes hoteles, hacer la reservación, tener claridad de las centrales de autobuses y aeropuertos, así como andar por lugares céntricos, no ir a las periferias. Estar ubicados y hospedados en las primeras cuadrículas, en las primeras calles y avenidas, cerca de los atractivos turísticos, también ayuda a mantenerse siempre contentos y animados en los viajes.

Un elemento que es esencial tiene que ver con llevar ropa limpia en el viaje. Aunque parezca obvio es de gran importancia que la vestimenta que vaya en la maleta esté limpia. El peso es más ligero cuando en la maleta hay ropa limpia, se siente menos densa, menos pesada con lo cual se avanza más ligero y cómodo. Ocurrió que en Torreón durante tres días no se pudo conseguir una lavandería, y estuvimos un poco incómodos, además la imagen que se ofrece a las personas no es muy adecuada. La limpieza es parte de la seguridad en el trayecto, se cumple con la etiqueta indispensable para ser bien vistos por las personas que no ubican a los viajeros y eso da mucha certidumbre al visitar otros sitios, conocer nuevos amigos e intercambiar experiencias. Por eso fue la incomodidad al tener nuestras sudaderas y shorts sucios durante tres días. Al final todo se arregló y conseguimos una lavandería. Limpia la ropa, se prosiguió con el viaje.

Se espera que este documento facilite que el lector comprenda que viajar a través del país es una actividad segura, no hay riesgos altos de ser sorprendido por maleantes. La única inseguridad radica en que, al no prevenir bien, al no contemplar todas las características del viaje, se corre el riesgo de incurrir en desorganización y con ello se gaste de más o se pierdan cosas.

REFERENCIAS BIBLIORAFICAS

CEPAL-EUROPEAID (2007). *Un sistema de indicadores para el seguimiento de la Cohesión Social en América Latina*, Santiago de Chile.

Cohen, D. (2005). *Globalization and its Enemies*. Boston, MIT Press.

Cooper, C. y Hall, C. M. (2008), “Contemporary tourism, an international approach”. *Butterworth-Heinemann (Elsevier)*, Gran Bretaña

De la Torre Padilla, O. (1980). “El turismo fenómeno social”. Editorial SL, Fondo de Cultura Económica de España.

Hily, M. A. y Ma Mung E. (2002). “Categories et lieux des circulations migratoires”, *Cahiers de recherches de la mire, Paris, La Documentatio Francaise*, núm. 16(1), pp.33-39.

Instituto de las Nacional de las Mujeres (2015). *Cómo funcionan las redes de apoyo familiar y social en México*. México: Instituto Nacional de las Mujeres, Gobierno de la República.

Lanquar, R. (2007). “Turismo, migraciones y codesarrollo”. *Revista Internacional de Sociología*. Vol. LXV, 48, PP.221-241.

Lara Flores, S. M. (2010a). *Migraciones de trabajo y movilidad territorial*. México: Editorial Porrúa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Lara Flores, S. M. (2010b). “Movilidad y migración de familias jornaleras: Una mirada a través de las genealogías”. *Empiria. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, núm. 19, pp.183-203.

Morrison, P and Hughes, L. (2001). *Visions of Wanderlust: The world of travel of Photography*. USA: Wanderlust Publication ltd.

Knafour, R, M.M. Bruston, *et. al.* (1997). “Une approche géographique du tourisme”, *L’Espace Géographique*, vol. 27, n°4, pp. 194-203.

Kuentzel, W. F. y V. M. Ramaswany (2005), “Tourism and amenity migration: a longitudinal analysis”. *Annals of Tourism Research*, vol. 32, n° 2, pp. 419-438, Londres: *Elsevier Press*.

Organización Mundial del Trabajo (2008): “Entender el turismo: Glosario Básico” y

“Recomendaciones internacionales para estadísticas de turismo 2008”. en <http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico> y https://unstats.un.org/unsd/publication/Seriesm/SeriesM_83rev1s.pdf, Consultado el 12/03/2017.

Tarrius, A. (2000). “Leer, escribir, interpretar: Las circularidades migratorias: Conveniencias de la noción de territorio circulatorio. Los nuevos hábitos de la identidad”. *Relaciones*, núm. 83, vol. XXI.

Viard, J. (2006). *Agora et Tourisme, ou Tourisme et Post-tourisme en la société Provençale*. France: Ministère de l’Environnement, Service de la Recherche, des Etudes et du Traitement de l’Information sur l’Environnement, Neuilly.

**INDICADORES DE CALIDAD: UN
ENFOQUE SISTÉMICO PARA LA
MEJORA CONTINUA DE LOS
PROGRAMAS DE ESTUDIO⁵⁹**

**QUALITY INDICATORS: A SYSTEMIC
APPROACH TO THE CONTINUOUS
IMPROVEMENT OF ACADEMIC
PROGRAMS**

Eliana Mazuelos Chávez⁶⁰

Jesús Manuel Donayre Cahua⁶¹

Víctor Hugo Aguayo Polar⁶²

Sobeyda Madelayne Mazuelos Chávez⁶³

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.⁶⁴

⁵⁹ Derivado del proyecto de investigación: Indicadores de calidad: Un enfoque sistémico para la mejora continua de los programas de estudio

⁶⁰ Licenciado en Educación, Universidad Católica de Santa María, Doctor en Gestión y educación, Universidad San Pedro, Docente, Universidad Nacional del Altiplano.

⁶¹ Ingeniero Mecánico Eléctrico, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Posgrado, Magister, Universidad Católica de Santa María, Docente, Universidad Católica de Santa María.

⁶² Licenciado en Educación, Universidad José Carlos Mariategui, Magister en Educación Superior e Investigación, Universidad José Carlos Mariategui, Docente, SENATI.

⁶³ Ingeniero Economista, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro de Gestión y Políticas Públicas, Universidad Jorge Basadre Grohman, Docente, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman.

⁶⁴ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

INDICADORES DE CALIDAD: UN ENFOQUE SISTÉMICO PARA LA MEJORA CONTINUA DE LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO⁶⁵

Eliana Mazuelos Chávez⁶⁶ , Jesús Manuel Donayre Cahua⁶⁷, Víctor Hugo Aguayo Polar⁶⁸, Sobeyda Madelayne Mazuelos Chávez⁶⁹

RESUMEN

La calidad en la educación superior se concibe como un constructo multidimensional que integra condiciones institucionales, coherencia curricular, desempeño formativo, resultados e impacto social (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015). En este marco, el Modelo de Acreditación de Programas del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) estructura la evaluación mediante estándares e indicadores orientados a la mejora continua y a la rendición de cuentas (SINEACE, 2025). El presente capítulo tiene como objetivo analizar dichos indicadores desde un enfoque sistémico y proponer una taxonomía conceptual de cinco niveles que facilite su comprensión operativa en los procesos de aseguramiento interno de la calidad. Metodológicamente se desarrolló un análisis documental del modelo y de literatura especializada en gestión y evaluación universitaria (OECD, 2018), complementado con un estudio aplicado del Indicador ID20, relativo a la satisfacción de egresados con la calidad y utilidad de la formación para la empleabilidad. Los resultados evidencian niveles favorables de inserción laboral y valoración formativa, confirmando la pertinencia del programa analizado. No obstante, se destaca la necesidad de integrar estos hallazgos en mecanismos formales de gobernanza basados en el ciclo de mejora continua (Biggs & Tang, 2011). Se concluye que una organización sistémica de indicadores fortalece la articulación entre planificación, evaluación y toma de decisiones institucionales en el marco de la mejora continua.

⁶⁵Derivado del proyecto de investigación: Indicadores de calidad: Un enfoque sistémico para la mejora continua de los programas de estudio

⁶⁶ Licenciado en Educación, Universidad Católica de Santa María, Doctor en Gestión y educación, Universidad San Pedro, Docente, Universidad Nacional del Altiplano.

⁶⁷Licenciado en Educación, Universidad José Carlos Mariategui, Magister en Educación Superior e Investigación, Universidad José Carlos Mariategui, Docente, SENATI.

⁶⁸Ingeniero Economista, Universidad Nacional del Altiplano, Maestro de Gestión y Políticas Públicas, Universidad Jorge Basadre Grohman, Docente, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman.

ABSTRACT

Quality in higher education is understood as a multidimensional construct that integrates institutional conditions, curricular coherence, formative performance, outcomes, and social impact (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015). Within this framework, the Program Accreditation Model of the National System for Evaluation, Accreditation and Certification of Educational Quality (SINEACE) structures evaluation through standards and indicators aimed at continuous improvement and accountability (SINEACE, 2025). This chapter analyzes these indicators from a systemic perspective and proposes a five-level conceptual taxonomy to enhance their operational understanding within internal quality assurance processes. Methodologically, a documentary analysis of the accreditation model and relevant literature on higher education quality management was conducted (OECD, 2018), complemented by an applied examination of Indicator ID20, which measures graduate satisfaction regarding the quality and usefulness of training for employability. The findings reveal favorable levels of labor market insertion and positive formative evaluation, confirming program relevance. However, the study highlights the need to integrate these results into formal governance mechanisms grounded in continuous improvement cycles (Biggs & Tang, 2011). It is concluded that a systemic organization of indicators strengthens the articulation between planning, evaluation, and institutional decision-making processes.

PALABRAS CLAVE: Aseguramiento de la calidad; indicadores; acreditación; educación superior; mejora continua.

Keywords: Quality assurance; quality indicators; accreditation; higher education; continuous improvement.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la calidad en la educación superior se ha consolidado como un eje estructural de las políticas universitarias y de los sistemas de regulación a nivel global. La expansión de la matrícula, la diversificación institucional y las crecientes demandas de rendición de cuentas han impulsado el desarrollo de marcos formales de aseguramiento de la calidad orientados no solo al control, sino al fortalecimiento institucional y a la mejora continua (Harvey & Williams, 2010; UNESCO, 2017). En este contexto, los indicadores se han convertido en instrumentos centrales para evaluar desempeño, resultados e impacto, articulando medición, gestión y gobernanza académica.

Los Estándares y Directrices para el Aseguramiento de la Calidad en el Espacio Europeo de Educación Superior (ENQA, 2015), así como las directrices de buenas prácticas de INQAAHE (2018), enfatizan la necesidad de sistemas internos robustos, basados en evidencia y orientados a resultados. De manera complementaria, la OECD (2018, 2019) ha subrayado la importancia de contar con indicadores comparables y mecanismos de seguimiento que permitan vincular planificación estratégica, desempeño institucional y resultados formativos. Estos enfoques coinciden en que la calidad no puede reducirse a la verificación documental, sino que requiere mecanismos sistemáticos de análisis, retroalimentación y mejora.

Desde el plano pedagógico, la teoría del alineamiento constructivo (Biggs & Tang, 2011) y los enfoques de evaluación para el aprendizaje (Boud & Falchikov, 2007) han contribuido a reforzar la necesidad de coherencia entre diseño curricular, enseñanza, evaluación y resultados. En consecuencia, los indicadores deben interpretarse como parte de un sistema integrado que conecta condiciones institucionales, prácticas pedagógicas y logros verificables.

En el contexto peruano, la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva al 2030 (Ministerio de Educación, 2020) reconoce la existencia de brechas en competencias profesionales y plantea la necesidad de fortalecer la calidad y pertinencia de la formación. En coherencia con esta orientación, el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) ha estructurado su

Modelo de Acreditación de Programas mediante estándares e indicadores que abarcan condiciones, procesos, resultados e impacto.

No obstante, la interpretación de estos indicadores suele realizarse de manera fragmentada, limitando su potencial como herramientas de gobernanza basada en evidencia. Frente a esta problemática, el presente capítulo tiene como propósito analizar los indicadores del Modelo SINEACE desde un enfoque sistémico y proponer una taxonomía conceptual de cinco niveles que facilite su comprensión integrada, su aplicación operativa y su contribución a la institucionalización de la mejora continua en los programas de estudio.

DESARROLLO

1. Calidad en la educación superior

1.1. Enfoque de calidad en la educación superior

La calidad en la educación superior contemporánea se concibe como un constructo multidimensional, que integra condiciones institucionales, procesos académicos, resultados formativos e impacto social. Esta concepción supera enfoques reduccionistas centrados exclusivamente en la eficiencia o en el cumplimiento normativo, y reconoce que la calidad se expresa en la capacidad de las instituciones para generar aprendizajes significativos, pertinentes y socialmente valiosos (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015).

En las últimas décadas, los sistemas de aseguramiento de la calidad han evolucionado desde modelos predominantemente documentales hacia enfoques orientados a resultados, evidencias y mejora continua, en concordancia con estándares internacionales como los promovidos por ENQA, INQAAHE y UNESCO (ENQA, 2015; INQAAHE, 2018; UNESCO, 2017). Estos enfoques enfatizan el uso sistemático de la información para la toma de decisiones y el fortalecimiento de capacidades institucionales.

En el contexto peruano, esta evolución se articula con la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva al 2030 (PNESTP), que identifica como problema público central la existencia de una población con competencias insuficientes para el ejercicio profesional, la investigación y la innovación, y establece como objetivo

prioritario garantizar una formación integral de calidad, pertinente y alineada al desarrollo nacional (Ministerio de Educación [MINEDU], 2020, 2024).

En este marco, el Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE se alinea con las tendencias internacionales y con la PNESTP, al estructurar la evaluación de la calidad mediante estándares, criterios e indicadores que permiten analizar de manera integral el desempeño de los programas de estudio y la capacidad institucional para sostener procesos sistemáticos de mejora (SINEACE, 2025a).

1.2. Enfoque sistémico de los indicadores de calidad

Desde la teoría de sistemas aplicada a la gestión universitaria, la calidad no puede evaluarse mediante indicadores aislados, sino como el resultado de la interacción coherente entre los distintos componentes del sistema educativo. En este enfoque, los indicadores no solo cumplen una función descriptiva, sino también explicativa y orientadora de la gestión, al permitir identificar brechas, tendencias y oportunidades de mejora (OECD, 2018).

Los indicadores de calidad cumplen, por tanto, una doble función estratégica:

- a) evidenciar el nivel de logro de los estándares de calidad, y
- b) orientar la toma de decisiones académicas, pedagógicas y de gestión, fortaleciendo la mejora continua (Schindler et al., 2015).

Este enfoque sistémico es coherente con la PNESTP, la cual organiza la política pública en objetivos prioritarios, lineamientos y servicios articulados mediante una lógica de cadena de valor y seguimiento permanente, reforzando el uso de indicadores para la evaluación de diseño, implementación y resultados de la educación superior (MINEDU, 2020).

De manera consistente, el Modelo SINEACE plantea indicadores que abarcan integralmente:

- las condiciones habilitantes del servicio educativo,
- el diseño curricular y el alineamiento académico,
- el desarrollo efectivo del proceso formativo,
- los resultados e impacto en los egresados y la sociedad,
- y la gobernanza del sistema de calidad y la mejora continua (SINEACE, 2025a).

1.3. Taxonomía de indicadores del Modelo SINEACE

Con el propósito de facilitar la comprensión, aplicación operativa y uso estratégico de los indicadores del Modelo SINEACE, se propone una taxonomía conceptual de cinco niveles, organizada de manera progresiva y articulada. Esta taxonomía no modifica la estructura normativa del modelo de acreditación, sino que ordena los indicadores según su función dentro del sistema de aseguramiento de la calidad, permitiendo una lectura integrada y coherente.

Desde el punto de vista teórico, esta taxonomía se sustenta en:

- el enfoque de alineamiento constructivo entre diseño curricular, enseñanza y evaluación (Biggs & Tang, 2011);
- la teoría de la evaluación basada en resultados (outcomes-based education);
- y el enfoque de mejora continua asociado al ciclo planificar–hacer–verificar–actuar (PDCA), ampliamente utilizado en sistemas de gestión de la calidad (OECD, 2018).

Asimismo, la taxonomía se articula con los principios de la PNESTP, en tanto:

- prioriza el fortalecimiento de capacidades institucionales y condiciones básicas de calidad;
- enfatiza la coherencia curricular y la formación por competencias;
- focaliza la evaluación en el desempeño real del proceso formativo;
- orienta la medición hacia resultados, empleabilidad e impacto social;
- y consolida la gobernanza, la gestión de la información y la mejora continua como ejes transversales del sistema (MINEDU, 2020; SINEACE, 2025a).

De este modo, la taxonomía propuesta constituye un marco conceptual integrador que vincula el Modelo SINEACE con la PNESTP, facilitando que los procesos de autoevaluación, acreditación y planificación institucional se alineen tanto con los estándares de calidad como con los objetivos nacionales de la educación superior al 2030.

2. Organización para la implementación de indicadores:

2.1 Nivel 1: Indicadores habilitantes

Condiciones para operar con calidad

El Nivel 1 de la taxonomía, referido a los indicadores habilitantes, se fundamenta en la teoría de las condiciones habilitantes de la calidad (enabling conditions), la cual sostiene que los procesos formativos solo pueden desarrollarse de manera efectiva cuando existen capacidades institucionales mínimas que aseguren la prestación adecuada del servicio educativo. Estas capacidades comprenden dimensiones organizativas, académicas, humanas, materiales y de soporte, cuya ausencia compromete la calidad del proceso formativo, independientemente de la solidez del diseño curricular.

Desde la teoría de sistemas aplicada a la gestión universitaria, este nivel constituye la base estructural del sistema de calidad, en tanto garantiza que el programa cuente con los insumos y condiciones necesarias para que los procesos académicos puedan ejecutarse de forma sostenida y coherente. En esta perspectiva, los indicadores habilitantes no miden directamente resultados de aprendizaje, sino la capacidad institucional para generarlos, lo que los convierte en un componente crítico del aseguramiento interno de la calidad.

En el Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE, este nivel se operacionaliza a través de estándares vinculados a:

- La gestión del programa de estudios, que asegura la conducción académica y organizativa del programa, la planificación, el seguimiento de metas y la toma de decisiones basada en información pertinente.
- La plana docente, que garantiza la idoneidad del capital humano responsable de la formación, considerando su calificación académica, experiencia profesional y adecuación al perfil del programa.
- Los recursos para la enseñanza–aprendizaje, que comprenden infraestructura, equipamiento, recursos bibliográficos, tecnológicos y digitales necesarios para el desarrollo del currículo.
- El bienestar y los servicios de apoyo al estudiante, orientados a favorecer la permanencia, la progresión académica y la atención integral del estudiantado, incluyendo tutoría, orientación y servicios complementarios.

Desde la perspectiva de la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (PNESTP), este nivel se vincula directamente con el fortalecimiento de las capacidades institucionales como condición necesaria para asegurar una formación de calidad, pertinente y equitativa. La PNESTP reconoce que la insuficiencia de recursos, la debilidad de la gestión y la limitada disponibilidad de servicios de apoyo inciden

negativamente en el desarrollo de competencias profesionales y en la permanencia de los estudiantes, especialmente en contextos de mayor vulnerabilidad.

En este sentido, los indicadores habilitantes cumplen una función preventiva y estructurante, ya que permiten identificar brechas críticas antes del inicio o durante el desarrollo del semestre académico, posibilitando la adopción de decisiones oportunas en materia de asignación docente, dotación de recursos, fortalecimiento de servicios estudiantiles y mejora de los mecanismos de gestión académica.

Cabe destacar que la presencia de condiciones habilitantes adecuadas no garantiza por sí misma la calidad del proceso formativo, pero su ausencia la hace inviable. Por ello, este nivel constituye el punto de partida del sistema de aseguramiento de la calidad, sobre el cual se articulan los niveles posteriores de coherencia académica, desempeño formativo, resultados e impacto, y gobernanza de la calidad.

En síntesis, el Nivel 1 establece las bases organizativas y operativas que permiten que el programa de estudios funcione en condiciones de calidad, asegurando que los esfuerzos de diseño curricular y evaluación del aprendizaje se desarrollen en un entorno institucional capaz de sostenerlos de manera efectiva y sostenible.

2.2 NIVEL 2 · INDICADORES DE COHERENCIA ACADÉMICA

Diseño y alineamiento del programa

Fundamentación teórica ampliada

El Nivel 2 de la taxonomía, referido a los indicadores de coherencia académica, se sustenta principalmente en la teoría del alineamiento constructivo propuesta por Biggs y Tang, la cual plantea que la calidad del aprendizaje universitario depende de la coherencia sistemática entre lo que se espera que el estudiante logre, cómo se organiza la formación y cómo se evalúan dichos logros. Desde este enfoque, el diseño curricular no es un ejercicio meramente formal, sino un dispositivo pedagógico estratégico que orienta y condiciona el proceso de enseñanza–aprendizaje.

En este marco, el alineamiento constructivo exige una correspondencia explícita entre tres componentes fundamentales:

- El perfil de egreso, que expresa las competencias profesionales, académicas y éticas que el estudiante debe demostrar al culminar el programa.
- El currículo, entendido como la organización intencionada de experiencias formativas, cursos, secuencias y estrategias pedagógicas orientadas al logro del perfil.

- Los resultados de aprendizaje, que operacionalizan el perfil de egreso en desempeños observables y evaluables a lo largo del proceso formativo.

La ausencia de coherencia entre estos componentes genera fracturas en el proceso formativo, tales como cursos que no contribuyen al perfil, evaluaciones desconectadas de las competencias esperadas o secuencias curriculares que no favorecen la progresión del aprendizaje.

Adicionalmente, este nivel se articula con el enfoque de gestión curricular por competencias, el cual enfatiza la necesidad de asegurar consistencia interna y progresividad en el diseño del plan de estudios. Desde esta perspectiva, la calidad curricular se evalúa no solo por la pertinencia de los contenidos, sino por la capacidad del currículo para desarrollar competencias de manera gradual, integrada y contextualizada, en coherencia con las demandas del entorno profesional y social.

En el Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE, los indicadores de coherencia académica permiten evaluar si el programa:

- cuenta con un perfil de egreso claramente definido, actualizado y pertinente;
- organiza su plan de estudios de manera coherente con dicho perfil;
- asegura que los cursos y resultados de aprendizaje contribuyan de forma explícita y verificable al logro de las competencias declaradas;
- y mantiene alineamiento con las políticas académicas institucionales, el modelo educativo y las orientaciones de la política pública.

Desde la perspectiva de la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (PNESTP), este nivel resulta estratégico, ya que la política prioriza la mejora de la pertinencia y calidad de la formación, promoviendo currículos orientados al desarrollo de competencias relevantes para el ejercicio profesional, la investigación, la innovación y el desarrollo territorial. En este sentido, la coherencia académica constituye un mecanismo clave para garantizar que la oferta formativa responda efectivamente a las necesidades del país, y no solo a requerimientos internos de las instituciones.

Un programa de estudios puede contar con recursos adecuados, infraestructura suficiente y docentes altamente calificados; sin embargo, si su diseño curricular carece de coherencia interna, la calidad del proceso formativo se ve seriamente comprometida. La falta de alineamiento entre perfil de egreso, currículo y resultados de aprendizaje impide

que los estudiantes desarrollen de manera sistemática las competencias previstas, generando aprendizajes fragmentados y desarticulados.

Por ello, los indicadores de coherencia académica cumplen una función estructurante y articuladora dentro del sistema de aseguramiento de la calidad, al garantizar que los esfuerzos institucionales en términos de gestión, recursos y docencia se orienten hacia un propósito formativo común y claramente definido. Este nivel actúa, así, como un puente entre las condiciones habilitantes (Nivel 1) y el desempeño real del proceso formativo (Nivel 3), asegurando que la calidad no solo sea viable, sino pedagógicamente consistente.

En síntesis, el Nivel 2 consolida la calidad del diseño formativo, condición indispensable para que los procesos de enseñanza–aprendizaje y la evaluación del desempeño estudiantil se desarrollen de manera coherente, progresiva y orientada a resultados.

2.3 NIVEL 3 · INDICADORES DE DESEMPEÑO FORMATIVO

Funcionamiento real del proceso de enseñanza–aprendizaje

El Nivel 3 de la taxonomía, referido a los indicadores de desempeño formativo, se fundamenta en la teoría de la evaluación formativa y en los enfoques de aprendizaje centrado en el estudiante, los cuales conciben la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación como procesos interdependientes y dinámicos. Desde esta perspectiva, la evaluación deja de ser un acto final de verificación para convertirse en un proceso continuo de acompañamiento, retroalimentación y mejora del aprendizaje.

La evaluación formativa se orienta a recoger evidencias durante el proceso, interpretar el progreso del estudiante y proporcionar retroalimentación oportuna que permita ajustar tanto las estrategias de enseñanza como las acciones de aprendizaje. Este enfoque se alinea con la pedagogía universitaria contemporánea, que prioriza el desarrollo de competencias, el aprendizaje significativo y la autorregulación del estudiante.

En el marco de la educación superior orientada por resultados, este nivel cumple un rol crítico, ya que permite verificar si el diseño curricular (Nivel 2) se traduce efectivamente en prácticas pedagógicas coherentes y experiencias de aprendizaje de calidad. Así, los indicadores de desempeño formativo actúan como un mecanismo de control pedagógico del sistema, evidenciando la consistencia entre lo planificado y lo ejecutado.

En el Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE, los indicadores de este nivel permiten observar cómo se desarrolla efectivamente el proceso formativo, considerando de manera integrada:

- La evaluación de la enseñanza, entendida como el análisis sistemático de las prácticas docentes, metodologías empleadas y estrategias didácticas utilizadas en el aula y en otros entornos de aprendizaje.
- La evaluación del aprendizaje, orientada a medir el logro progresivo de los resultados de aprendizaje a través de instrumentos válidos, pertinentes y alineados con el perfil de egreso.
- La evaluación del logro progresivo del perfil de egreso, que permite identificar el nivel de avance de los estudiantes en el desarrollo de competencias a lo largo del plan de estudios.
- Los mecanismos de acompañamiento al estudiante, tales como tutoría académica, orientación, reforzamiento y otras acciones de soporte que contribuyen a la permanencia y progresión académica.

Desde la perspectiva de la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (PNESTP), este nivel se vincula con la necesidad de asegurar trayectorias formativas efectivas, reduciendo la deserción, el rezago académico y el bajo logro de competencias. La PNESTP enfatiza que la calidad de la formación no depende únicamente del diseño curricular, sino del funcionamiento real del proceso educativo, en particular de la capacidad de las instituciones para acompañar el aprendizaje y responder oportunamente a las necesidades de los estudiantes.

El Nivel 3 constituye el núcleo operativo del sistema de calidad, ya que es en este nivel donde la calidad planificada se manifiesta —o no— en la experiencia formativa cotidiana del estudiante. Mientras que los niveles 1 y 2 aseguran las condiciones y la coherencia del diseño, los indicadores de desempeño formativo permiten verificar si dichos elementos se materializan efectivamente en prácticas pedagógicas de calidad.

La ausencia de mecanismos efectivos de evaluación formativa y acompañamiento al estudiante limita la capacidad del programa para identificar dificultades de aprendizaje, ajustar estrategias docentes y prevenir el fracaso académico. En este sentido, los indicadores de este nivel cumplen una función diagnóstica y correctiva, permitiendo introducir mejoras durante el desarrollo del semestre académico y no únicamente al cierre del proceso.

Asimismo, este nivel cumple una función articuladora dentro de la taxonomía, al conectar la planificación académica con los resultados formativos. Los datos generados en este nivel alimentan directamente los indicadores de resultados e impacto (Nivel 4) y constituyen insumos clave para los procesos de supervisión, revisión y mejora continua (Nivel 5).

En síntesis, el Nivel 3 garantiza que la calidad no permanezca en el plano declarativo, sino que se exprese en la experiencia real de aprendizaje del estudiante, asegurando que la formación universitaria sea efectiva, pertinente y orientada al logro progresivo del perfil de egreso.

2.4 NIVEL 4 · INDICADORES DE RESULTADOS E IMPACTO

Valor académico y social del programa

El Nivel 4 de la taxonomía, referido a los indicadores de resultados e impacto, se fundamenta en el enfoque de la educación superior orientada a resultados (outcomes-based education), el cual prioriza la verificación del logro efectivo de los propósitos formativos declarados por los programas de estudio, así como la evaluación de su pertinencia e impacto en el entorno social, productivo y cultural.

Desde esta perspectiva, la calidad universitaria se valida no solo por la solidez de sus procesos internos, sino por la evidencia objetiva de los resultados alcanzados por los estudiantes y egresados, así como por la contribución del programa al desarrollo de la sociedad. En consecuencia, este nivel introduce una mirada ex post del proceso formativo, orientada a analizar los efectos reales de la formación una vez que el estudiante ha culminado o avanzado significativamente en el programa.

En el marco del Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE, los indicadores de este nivel permiten evaluar el logro del perfil de egreso como resultado central del modelo, así como otros resultados asociados, tales como la empleabilidad, la continuidad académica, la inserción profesional y el impacto social de la formación. De este modo, el modelo desplaza el énfasis desde la mera ejecución del proceso hacia la verificación de su efectividad.

Este enfoque se encuentra alineado con las orientaciones de organismos internacionales de aseguramiento de la calidad, que destacan la importancia de evaluar resultados e impacto como elementos clave para la rendición de cuentas y la mejora de la educación superior. Asimismo, se articula con la Política Nacional de Educación Superior

y Técnico-Productiva (PNESTP), la cual establece como objetivo prioritario que los egresados cuenten con competencias pertinentes y reconocidas por el mercado laboral y la sociedad, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Componentes del Nivel 4 en el Modelo SINEACE

En el Modelo SINEACE, los indicadores de resultados e impacto comprenden principalmente:

- El logro del perfil de egreso, entendido como el grado en que los egresados demuestran las competencias profesionales, académicas y éticas declaradas por el programa.
- La empleabilidad y trayectoria de los egresados, que permite evaluar la pertinencia de la formación en relación con las demandas del entorno laboral y profesional.
- La responsabilidad social universitaria (RSU), que evidencia el impacto del programa en su entorno social, territorial y cultural, así como su contribución al desarrollo local y nacional.

Estos indicadores permiten valorar la relevancia externa del programa, es decir, su capacidad para generar resultados significativos más allá del ámbito académico inmediato.

El Nivel 4 cumple una función legitimadora dentro del sistema de aseguramiento de la calidad, ya que es en este nivel donde la universidad demuestra que su oferta formativa produce resultados verificables y socialmente relevantes. Un programa puede contar con condiciones adecuadas (Nivel 1), un diseño coherente (Nivel 2) y un proceso formativo bien implementado (Nivel 3); sin embargo, si los egresados no logran las competencias esperadas o no se insertan adecuadamente en el entorno profesional y social, la calidad del programa se ve cuestionada.

Desde esta perspectiva, los indicadores de resultados e impacto permiten cerrar el ciclo lógico de la formación universitaria, al vincular los esfuerzos institucionales con evidencias concretas de logro y pertinencia. Asimismo, proporcionan información clave para la revisión y actualización del perfil de egreso y del currículo, retroalimentando los niveles previos de la taxonomía.

En términos de gestión, este nivel aporta insumos estratégicos para:

- la toma de decisiones curriculares,
- el fortalecimiento de la vinculación con el entorno,

- y la rendición de cuentas ante la sociedad y los organismos reguladores.

En síntesis, el Nivel 4 consolida la orientación a resultados del Modelo SINEACE y refuerza el compromiso de la educación superior con la formación de profesionales competentes, éticos y socialmente responsables, en coherencia con los objetivos de la PNESTP y con las expectativas de la sociedad.

2.5 NIVEL 5 · INDICADORES DE GOBERNANZA Y MEJORA CONTINUA

Meta–nivel del sistema de aseguramiento de la calidad

El Nivel 5 de la taxonomía, referido a los indicadores de gobernanza y mejora continua, se fundamenta en las teorías de la gestión de la calidad, la gobernanza universitaria basada en evidencia y el enfoque de mejora continua, ampliamente representado por el ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar (PDCA). Desde esta perspectiva, la calidad no se concibe como un estado alcanzado, sino como un proceso dinámico y permanente de aprendizaje institucional.

Este nivel constituye un meta–nivel, en tanto integra, analiza y retroalimenta la información generada en los niveles anteriores (condiciones, coherencia, desempeño y resultados), permitiendo a la institución tomar decisiones informadas, ajustar sus políticas y fortalecer la sostenibilidad del sistema de calidad. En consecuencia, la gobernanza de la calidad implica no solo contar con información, sino usarla estratégicamente para la mejora del desempeño institucional.

En el Modelo de Acreditación de Programas del SINEACE, los indicadores de este nivel se expresan a través de estándares vinculados a:

- La gestión de la información, que asegura la recopilación, sistematización, análisis y uso de datos confiables y pertinentes para la evaluación del programa.
- La supervisión y revisión periódica del programa de estudios, que permite evaluar su vigencia, pertinencia y coherencia con el entorno académico y social.
- La gestión de la calidad, entendida como el conjunto de políticas, procesos y mecanismos institucionales orientados a la mejora continua del programa.

Estos estándares evidencian la existencia de un sistema interno de aseguramiento de la calidad funcional, capaz de aprender de sus propios resultados y transformarlos en acciones de mejora.

Desde la perspectiva de la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (PNESTP), este nivel resulta estratégico, ya que la política enfatiza la

necesidad de fortalecer la capacidad de gobernanza de las instituciones de educación superior, promoviendo la toma de decisiones basada en evidencia, la rendición de cuentas y la articulación entre planificación, evaluación y mejora. La PNESTP reconoce que la sostenibilidad de la calidad depende de la capacidad institucional para gestionar información, evaluar resultados y adaptar sus estrategias de manera oportuna.

Función del Nivel 5 en la taxonomía

El Nivel 5 cumple una función integradora y retroalimentadora dentro del sistema de aseguramiento de la calidad, al:

- consolidar la información proveniente de los niveles 1, 2, 3 y 4;
- evaluar la efectividad de las decisiones adoptadas;
- orientar la actualización del currículo, la mejora del proceso formativo y el fortalecimiento de las condiciones institucionales;
- y asegurar la alineación del programa con las políticas institucionales y nacionales.

En este sentido, los indicadores de gobernanza y mejora continua actúan como el mecanismo de cierre y reinicio del ciclo de calidad, garantizando que los aprendizajes institucionales se traduzcan en cambios concretos y sostenibles.

La existencia de resultados positivos o impactos relevantes (Nivel 4) no garantiza, por sí sola, la sostenibilidad de la calidad si estos no son analizados, institucionalizados y utilizados para la mejora continua. Sin mecanismos de gobernanza efectivos, la calidad se vuelve dependiente de esfuerzos aislados o coyunturales, perdiendo consistencia en el tiempo.

Por ello, el Nivel 5 representa el mayor grado de madurez del sistema de calidad, al evidenciar que la institución:

- reflexiona críticamente sobre su desempeño,
- aprende de sus resultados,
- y toma decisiones estratégicas orientadas a la mejora permanente.

Asimismo, este nivel fortalece la transparencia y la rendición de cuentas, tanto hacia la comunidad universitaria como hacia el Estado y la sociedad, reafirmando el rol de la educación superior como bien público.

En síntesis, el Nivel 5 consolida la lógica del Modelo SINEACE y de la PNESTP, al asegurar que la calidad no sea un ejercicio episódico asociado a la acreditación, sino

un proceso institucionalizado de mejora continua, capaz de sostener y elevar progresivamente el desempeño de los programas de estudio.

Con la incorporación del Nivel 5, la taxonomía de indicadores de calidad del Modelo SINEACE se completa como un sistema progresivo, integrado y cíclico, en el que:

- las condiciones habilitan,
- el diseño orienta,
- el proceso concreto,
- los resultados validan,
- y la gobernanza mejora y reinicia el ciclo.

3. Ventajas del uso de indicadores en la gestión universitaria

El uso sistemático de indicadores de calidad en la gestión universitaria constituye una herramienta clave para el aseguramiento, la mejora continua y la sostenibilidad de la calidad educativa. Lejos de cumplir únicamente una función de control, los indicadores permiten comprender, monitorear y orientar el desempeño institucional en coherencia con los objetivos estratégicos y las políticas públicas vigentes (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015).

3.1. Toma de decisiones basada en evidencia

Los indicadores permiten transformar información dispersa en evidencia objetiva y comparable, fortaleciendo la toma de decisiones académicas y de gestión basadas en datos confiables. Esto reduce la dependencia de percepciones subjetivas y favorece decisiones oportunas, transparentes y fundamentadas, en línea con el enfoque de gobernanza basada en evidencia promovido por el Modelo SINEACE y la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (OECD, 2018; MINEDU, 2020).

3.2. Articulación entre planificación, evaluación y mejora

El uso de indicadores facilita la articulación efectiva entre planificación institucional, procesos de evaluación y acciones de mejora, permitiendo cerrar el ciclo de la calidad. De este modo, los resultados de la evaluación no se limitan al cumplimiento de estándares, sino que se convierten en insumos estratégicos para la actualización curricular, la mejora del proceso formativo y el fortalecimiento de las condiciones institucionales (ENQA, 2015; INQAAHE, 2018).

3.3. Seguimiento del desempeño académico y formativo

Los indicadores posibilitan el monitoreo sistemático del desempeño del programa de estudios, tanto a nivel del proceso de enseñanza–aprendizaje como del logro progresivo del perfil de egreso. Esto permite identificar oportunamente brechas, riesgos y oportunidades de mejora durante el desarrollo del semestre académico, favoreciendo una gestión académica preventiva y centrada en el estudiante (Biggs & Tang, 2011; OECD, 2019).

3.4. Evaluación de resultados e impacto

El uso de indicadores de resultados e impacto permite evaluar la pertinencia y relevancia externa de los programas de estudio, considerando el logro del perfil de egreso, la empleabilidad y la responsabilidad social universitaria. Esta información resulta fundamental para asegurar la alineación del programa con las demandas del entorno social y productivo, así como con los objetivos de desarrollo nacional establecidos en la PNESTP (Schindler et al., 2015; MINEDU, 2020).

3.5. Fortalecimiento de la gobernanza y la rendición de cuentas

Los indicadores constituyen un pilar para la gobernanza universitaria, al facilitar la rendición de cuentas hacia la comunidad universitaria, el Estado y la sociedad. Asimismo, fortalecen la transparencia institucional y la legitimidad de las decisiones adoptadas, contribuyendo a consolidar la confianza en los procesos de aseguramiento de la calidad (Harvey & Williams, 2010; OECD, 2018).

3.6. Sostenibilidad del sistema de aseguramiento de la calidad

La utilización sistemática de indicadores favorece la institucionalización de la mejora continua, evitando que la calidad dependa de esfuerzos aislados o coyunturales asociados a procesos de acreditación. En este sentido, los indicadores permiten convertir la evaluación en un proceso permanente de aprendizaje organizacional, asegurando la sostenibilidad del sistema de calidad en el mediano y largo plazo (UNESCO, 2017; SINEACE, 2025).

4. Análisis del Indicador ID20 en el marco del Modelo de Acreditación SINEACE

Satisfacción de los egresados y pertinencia formativa para la empleabilidad

La evaluación de la calidad en la educación superior ha evolucionado hacia enfoques centrados en los resultados formativos y el impacto social de los programas de estudio, particularmente en relación con la empleabilidad y el desempeño profesional de los egresados. En este contexto, los sistemas de aseguramiento de la calidad incorporan indicadores que permiten valorar la pertinencia externa de la formación universitaria,

entendida como la capacidad de los programas para responder a las demandas del entorno laboral y social (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015).

El Modelo de Acreditación de Programas de Estudios del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) incorpora el Indicador 20 (ID20), orientado a medir el porcentaje de egresados satisfechos con la calidad y utilidad de la formación recibida para su empleabilidad, como una evidencia clave del Nivel 4: Resultados e Impacto. El presente apartado tiene como objetivo analizar y debatir los resultados del ID20 a partir de la evidencia empírica recogida en el informe de encuestas a egresadas, interpretándolos a la luz del Modelo SINEACE y de la literatura especializada en aseguramiento de la calidad.

Desde el enfoque de la educación superior orientada a resultados (outcomes-based education), la calidad de un programa no se limita a sus insumos o procesos, sino que se valida a través del logro efectivo del perfil de egreso y de la valoración que realizan los propios egresados sobre la utilidad de su formación en el ejercicio profesional (Biggs & Tang, 2011; OECD, 2019).

En el Modelo SINEACE, el ID20 se articula con los estándares relacionados con el logro del perfil de egreso (E3) y la responsabilidad social universitaria (E6), en tanto permite evaluar la coherencia entre la formación impartida, la inserción laboral y el impacto social del programa. Asimismo, este indicador dialoga con la Política Nacional de Educación Superior y Técnico-Productiva (PNESTP), que enfatiza la necesidad de asegurar trayectorias formativas pertinentes y empleabilidad de los egresados como parte del desarrollo sostenible del país (MINEDU, 2020).

El análisis se basa en los resultados del Informe de Encuestas a Egresadas (periodo 2022–2024), elaborado por la Escuela Profesional de Educación Inicial. La encuesta recoge información cuantitativa y cualitativa sobre la situación laboral, la relación del empleo con la formación recibida, la valoración de competencias adquiridas y el nivel de satisfacción con la calidad de la formación universitaria.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y revisión cualitativa de respuestas abiertas, con el propósito de interpretar el grado de cumplimiento del ID20 y explorar oportunidades de mejora alineadas con el enfoque de mejora continua del Modelo SINEACE.

Los resultados evidencian un alto nivel de satisfacción de las egresadas con la formación recibida y su utilidad para la empleabilidad. El 87.7 % de las egresadas se

encuentra actualmente trabajando, y más de la mitad logró insertarse laboralmente antes de culminar sus estudios o en los primeros seis meses posteriores al egreso, lo que constituye un indicador favorable de pertinencia formativa y oportunidad de inserción laboral.

Asimismo, el 86.2 % de las egresadas reporta que su empleo está directamente relacionado con su área de formación, lo que sugiere una adecuada correspondencia entre el perfil profesional declarado y las demandas del mercado laboral. En relación con las competencias adquiridas, el promedio general de valoración alcanza 4.34 sobre 5, destacando dimensiones como innovación y creatividad y ética y responsabilidad social, competencias centrales en el ejercicio profesional docente.

En cuanto a la satisfacción global, las egresadas reportan promedios superiores a 4.3 sobre 5 tanto en la valoración de la preparación académica como en la satisfacción general con la institución, lo que refuerza la percepción de calidad del proceso formativo.

Desde la perspectiva del Modelo de Acreditación SINEACE, los resultados del ID20 constituyen una evidencia sólida del cumplimiento del Nivel 4: Resultados e Impacto, al demostrar que la formación impartida resulta pertinente, valorada y útil para el desempeño profesional de las egresadas. Estos hallazgos son consistentes con estudios internacionales que destacan la satisfacción de los egresados y la empleabilidad como indicadores clave de calidad en educación superior (OECD, 2018; Schindler et al., 2015).

No obstante, el análisis cualitativo de las respuestas abiertas revela oportunidades de mejora relacionadas con el fortalecimiento de la gestión educativa, la ampliación de experiencias prácticas, la incorporación de tecnologías emergentes y el desarrollo de competencias en educación inclusiva. Estas observaciones refuerzan la necesidad de interpretar el ID20 no solo como un indicador de cumplimiento, sino como un insumo estratégico para la mejora continua, en coherencia con el Nivel 5 de gobernanza y gestión de la calidad del Modelo SINEACE.

En este sentido, el ID20 cumple una función articuladora entre resultados e innovación curricular, al permitir que la voz de los egresados retroalimente el diseño del programa y las decisiones académicas, fortaleciendo la sostenibilidad del sistema de aseguramiento de la calidad.

El análisis del Indicador ID20 evidencia que el programa de estudios presenta altos niveles de satisfacción de los egresados respecto a la calidad y utilidad de la formación recibida para su empleabilidad, lo que valida el logro del perfil de egreso y la

pertinencia social de la formación universitaria. Al mismo tiempo, los resultados aportan información valiosa para orientar acciones de mejora curricular y de gestión académica, consolidando el enfoque de mejora continua promovido por el Modelo SINEACE.

En consecuencia, el ID20 se configura como un indicador clave para integrar evaluación, resultados y gobernanza, contribuyendo a una gestión universitaria basada en evidencia y orientada al impacto social.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis desarrollado permite sostener que los indicadores del Modelo de Acreditación del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) deben interpretarse como dispositivos de regulación cognitiva y organizacional más que como instrumentos meramente técnicos de medición. Desde una perspectiva sistémica, los indicadores configuran una arquitectura de gobernanza que articula insumos, procesos, resultados e impacto en un circuito continuo de retroalimentación institucional. Esta lectura se alinea con los enfoques contemporáneos de aseguramiento de la calidad que conciben la evaluación como un proceso integrado a la gestión estratégica y al aprendizaje organizacional (Harvey & Williams, 2010; ENQA, 2015).

La taxonomía propuesta aporta un marco interpretativo que permite superar aproximaciones fragmentadas al uso de indicadores, favoreciendo una comprensión estructural de su función dentro del sistema universitario. En coherencia con la teoría del alineamiento constructivo (Biggs & Tang, 2011) y con los enfoques de educación orientada a resultados, los niveles de la taxonomía evidencian que los resultados e impactos observables dependen de la consistencia entre condiciones institucionales, diseño curricular y desempeño formativo. Así, los indicadores de impacto —como el ID20— no pueden interpretarse de manera aislada, sino como expresión de una cadena de valor académica que integra planificación, implementación y evaluación.

El análisis del ID20 confirma la relevancia de incorporar la voz de los egresados como evidencia del valor formativo y de la pertinencia social del programa, en línea con las recomendaciones de la OECD (2018, 2019) sobre monitoreo de resultados y empleabilidad. No obstante, los hallazgos sugieren que la existencia de resultados

favorables no garantiza por sí sola la sostenibilidad de la calidad. La institucionalización de mecanismos de gobernanza basados en el ciclo de mejora continua resulta determinante para transformar la información en decisiones estratégicas y acciones correctivas. En este sentido, la calidad se consolida como un proceso dinámico de aprendizaje institucional, más cercano a un modelo de mejora adaptativa que a un esquema de verificación estática.

Entre las aportaciones teóricas del capítulo se destaca la conceptualización de un meta-nivel de gobernanza que integra los diferentes planos del aseguramiento interno de la calidad, reforzando la idea de que la acreditación puede operar como catalizador de capacidades organizacionales. Esta perspectiva dialoga con las aproximaciones que conciben la calidad como construcción relacional y contextual (Harvey & Green, 1993; Schindler et al., 2015), situando el uso de indicadores dentro de una lógica de responsabilidad académica y compromiso social.

No obstante, el estudio presenta limitaciones asociadas a su diseño documental y al análisis focalizado en un único indicador aplicado, lo que restringe la posibilidad de establecer relaciones causales o comparaciones interinstitucionales. Futuras investigaciones podrían desarrollar estudios longitudinales y comparativos que examinen la interacción entre gobernanza, cultura organizacional y resultados formativos, así como explorar el papel de la analítica de datos y los sistemas de información en la consolidación de modelos de aseguramiento interno más sofisticados.

En conclusión, el objetivo del capítulo se cumple al demostrar que una lectura sistémica de los indicadores fortalece su potencial como instrumentos de gobernanza académica. La calidad universitaria, entendida desde esta perspectiva, no se reduce al cumplimiento de estándares externos, sino que se configura como un proceso institucionalizado de generación, análisis y uso estratégico de evidencia para la mejora continua y el impacto social sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.

Boud, D., & Falchikov, N. (2007). *Rethinking assessment in higher education: Learning for the longer term*. Routledge.

ENQA. (2015). *Standards and guidelines for quality assurance in the European Higher Education Area (ESG)*. European Association for Quality Assurance in Higher Education. <https://bit.ly/ENQA-ESG2015>

Harvey, L., & Green, D. (1993). Defining quality. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 18(1), 9–34. <https://doi.org/10.1080/0260293930180102>

Harvey, L., & Williams, J. (2010). Fifteen years of quality in higher education. *Quality in Higher Education*, 16(1), 3–36. <https://doi.org/10.1080/13538321003679457>

INQAAHE. (2018). *Guidelines of good practice*. International Network for Quality Assurance Agencies in Higher Education. <https://bit.ly/INQAAHE-GGP>

Ministerio de Educación del Perú. (2020). *Política nacional de educación superior y técnico-productiva al 2030*. <https://bit.ly/PNESTP-2020>

OECD. (2018). *Enhancing quality assurance in higher education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264303968-en>

OECD. (2019). *Benchmarking higher education system performance*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ef3ef3e1-en>

Schindler, L. A., Puls-Elvidge, S., Welzant, H., & Crawford, L. (2015). Definitions of quality in higher education: A synthesis of the literature. *Quality Assurance in Education*, 23(4), 473–493. <https://doi.org/10.1108/QAE-09-2013-0043>

SINEACE. (2025). *Modelo de acreditación de programas de estudios de educación superior universitaria*. Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa.

UNESCO. (2017). *Quality assurance in higher education: Global perspectives*. UNESCO Publishing. <https://bit.ly/UNESCO-QA-2017>

MODELO NAIVE BAYES PARA EL DIAGNÓSTICO DE ANEMIA EN NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS DEL SUR DEL PERÚ⁷⁰

NAIVE BAYES MODEL FOR THE DIAGNOSIS OF ANEMIA IN CHILDREN UNDER FIVE YEARS OF AGE IN SOUTHERN PERU

Leidy Nayely Vilca-Choquemamani⁷¹

Junior Beltran Huaraya Chipana⁷²

Percy Huata Panca⁷³

Godofredo Quispe Mamani⁷⁴

Leonel Coyla Idme⁷⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –
REDIEES.⁷⁶

⁷⁰ Derivado del proyecto de investigación: Modelo Naive Bayes para el Diagnóstico de Anemia en niños menores de cinco años del sur del Perú.

⁷¹ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno,

⁷² Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁷³ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁷⁴ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁷⁵ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁷⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

MODELO NAIVE BAYES PARA EL DIAGNÓSTICO DE ANEMIA EN NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS DEL SUR DEL PERÚ⁷⁷

Leidy Nayely Vilca-Choquemamani⁷⁸, Junior Beltran Huaraya Chipana⁷⁹, Percy Huata Panca⁸⁰, Godofredo Quispe Mamani⁸¹, Leonel Coyla Idme¹³

RESUMEN

El presente trabajo analiza la aplicación de un modelo probabilístico Naive Bayes para la predicción de anemia en niños menores de cinco años en la región de Puno, Perú, donde la prevalencia de esta condición supera el 70%, representando un problema crítico de salud pública. El objetivo del estudio fue desarrollar e implementar un modelo de clasificación binaria que permitiera identificar la presencia o ausencia de anemia a partir de variables sociodemográficas y de acceso a servicios de salud provenientes del Sistema de Información del Estado Nutricional (SIEN). Se realizó un proceso de limpieza y depuración de datos, seguido de la transformación de la variable edad mediante la técnica Box-Cox y la aplicación de la técnica de sobre-muestreo sintético SMOTE para el balanceo de clases. El modelo fue implementado estimando probabilidades a priori y condicionales con suavizamiento de Laplace. Los resultados mostraron una exactitud global de 58,7%, con una sensibilidad de 63% para la clase anemia y un área bajo la curva ROC de 0,63. El desempeño limitado del modelo se atribuye principalmente al uso exclusivo de variables sociodemográficas, sin incluir indicadores clínicos directos como los niveles de hemoglobina. Se concluye que, si bien el modelo presenta restricciones inherentes tanto a sus supuestos como a la naturaleza de las variables disponibles, constituye una línea base interpretable y replicable que evidencia el potencial y las limitaciones de los clasificadores probabilísticos simples en contextos de salud pública con recursos diagnósticos limitados.

⁷⁷ Derivado del proyecto de investigación: Modelo Naive Bayes para el Diagnóstico de Anemia en niños menores de cinco años del sur del Perú.

⁷⁸ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁷⁹ Ingeniero Estadístico e Informático, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁸⁰ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

⁸¹ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

¹³ Ingeniero Estadístico, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Investigador, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

ABSTRACT

This study analyzes the application of a Naive Bayes probabilistic model for predicting anemia in children under five years of age in the Puno region of Peru, where the prevalence of this condition exceeds 70%, representing a critical public health problem. The objective was to develop and implement a binary classification model to identify the presence or absence of anemia based on sociodemographic variables and health service access indicators from the Nutritional Status Information System (SIEN). A data cleaning process was carried out, followed by the Box-Cox transformation of the age variable and the application of the SMOTE synthetic oversampling technique for class balancing. The model was implemented by estimating prior and conditional probabilities with Laplace smoothing. Results showed an overall accuracy of 58.7%, with a sensitivity of 63% for the anemia class and an area under the ROC curve of 0.63. The limited performance is primarily attributed to the exclusive use of sociodemographic variables, without direct clinical indicators such as hemoglobin levels. It is concluded that, although the model has inherent limitations in its assumptions and in the nature of the available variables, it constitutes an interpretable and replicable baseline that demonstrates both the potential and the constraints of simple probabilistic classifiers in public health contexts with limited diagnostic resources.

PALABRAS CLAVE: Anemia infantil, Naive Bayes, Clasificación binaria, Aprendizaje automático, Salud pública.

Keywords: Childhood anemia, Naive Bayes, Binary classification, Machine learning, Public health.

INTRODUCCIÓN

La anemia infantil constituye uno de los principales problemas de salud pública en países de ingresos bajos y medianos, debido a su alta prevalencia y a sus efectos adversos sobre el desarrollo físico y cognitivo en niños menores de cinco años. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la anemia afecta a cerca de 269 millones de niños menores de cinco años a nivel mundial, con mayor concentración en regiones de África subsahariana y Asia meridional (OMS, 2023). En el Perú, la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) del año 2023 reportó que el 43,1% de los niños de 6 a 35 meses presenta anemia a nivel nacional, con diferencias regionales significativas. La región de Puno registra la mayor prevalencia del país con un 70,4%, lo que convierte a esta zona en un caso crítico que justifica el desarrollo de herramientas analíticas orientadas a la identificación temprana de esta condición (INEI, 2024).

En los últimos años, el uso de modelos de aprendizaje automático ha permitido fortalecer la identificación temprana del riesgo de anemia en poblaciones vulnerables mediante el análisis de datos demográficos y clínicos (Yimer et al., 2025). Asimismo, la aplicación de algoritmos de clasificación ha ampliado las posibilidades de diagnóstico automatizado en contextos clínicos con recursos limitados (Asare et al., 2023). En esta misma línea, el desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en inteligencia artificial ha demostrado ser una estrategia viable para mejorar la predicción y el abordaje de la malnutrición y la anemia infantil (Maasthi et al., 2023). Los enfoques de aprendizaje automático explicable han cobrado especial relevancia al permitir una interpretación transparente de los resultados obtenidos por los modelos predictivos, facilitando su adopción en entornos clínicos y de gestión sanitaria (Noviandy et al., 2024).

Entre los algoritmos probabilísticos más utilizados en clasificación médica destaca el modelo Naive Bayes, fundamentado en el teorema de Bayes (Berrar, 2018), el cual ha sido aplicado en estudios de diagnóstico clínico debido a su simplicidad, interpretabilidad y capacidad para operar con conjuntos de datos de tamaño moderado (Vohra et al., 2022). Este algoritmo pertenece a la familia de clasificadores generativos que modelan la distribución conjunta de las variables predictoras y la clase, asumiendo independencia condicional entre los atributos (Mitchell, 1997). Investigaciones comparativas han mostrado que Naive Bayes puede ofrecer desempeños competitivos frente a métodos estadísticos tradicionales como la regresión logística binaria, particularmente cuando las

variables presentan independencia condicional razonable (Sahila et al., 2024). El uso de técnicas de minería de datos también ha permitido optimizar la selección de variables relevantes para mejorar la clasificación de subtipos de anemia (Setiawan et al., 2024).

Uno de los principales desafíos en bases de datos clínicas es el desbalance de clases, fenómeno que puede afectar la capacidad de los modelos para identificar adecuadamente los casos positivos (Lestari et al., 2023). Para enfrentar esta problemática, Chawla et al. (2002) propusieron la técnica SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique), la cual genera instancias sintéticas de la clase minoritaria a partir de interpolaciones entre observaciones cercanas en el espacio de características. La aplicación de este tipo de técnicas ha mostrado mejoras en la sensibilidad diagnóstica de modelos basados en Naive Bayes en contextos de detección de anemia (Appiahene et al., 2023; Zuhanda et al., 2025)

En este marco, el presente estudio tiene como propósito desarrollar e implementar un modelo Naive Bayes orientado a la predicción de anemia en niños menores de cinco años en la región de Puno, Perú. La investigación se fundamenta en la necesidad de contar con herramientas metodológicas interpretables, reproducibles y aplicables en escenarios de salud pública donde los recursos diagnósticos especializados son limitados. A diferencia de estudios previos que emplean indicadores hematológicos o clínicos y reportan exactitudes superiores al 90% (Edwine et al., 2022), este trabajo explora la viabilidad de un clasificador probabilístico basado exclusivamente en variables sociodemográficas y de acceso a programas de salud, lo cual permite evaluar tanto su utilidad como sus limitaciones como herramienta complementaria de tamizaje poblacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Diseño del estudio y fuente de datos

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con diseño no experimental y alcance predictivo. La investigación se fundamentó en el análisis retrospectivo de datos secundarios con el objetivo de construir un modelo probabilístico para la clasificación binaria de anemia en niños menores de cinco años. La base de datos utilizada fue obtenida del Sistema de Información del Estado Nutricional (SIEN), administrado por el Instituto Nacional de Salud del Perú. Este sistema consolida registros oficiales recolectados en establecimientos de salud pública como parte del monitoreo

rutinario del estado nutricional infantil, constituyendo una de las fuentes de datos secundarios más completas disponibles para este tipo de análisis en el contexto peruano.

La población de estudio estuvo conformada por niños menores de cinco años registrados en la región de Puno durante el periodo correspondiente al conjunto de datos analizado. Se realizó una selección de tipo censal, incorporando todos los registros que cumplieran con criterios de integridad y consistencia de la información. Se excluyeron observaciones con valores faltantes en la variable diagnóstico o con codificaciones inconsistentes, con el propósito de garantizar la calidad del análisis. Tras el proceso de depuración, el conjunto de datos final quedó conformado por 40.978 registros válidos.

Es importante señalar que las variables disponibles en el SIEN para este estudio corresponden exclusivamente a características sociodemográficas y de acceso a servicios de salud. El conjunto de datos no incluye indicadores clínicos directos como niveles de hemoglobina, ferritina sérica o volumen corpuscular medio, lo cual constituye una restricción inherente a la fuente de información y condiciona el alcance predictivo del modelo. Esta limitación, lejos de invalidar el estudio, permite evaluar de manera explícita qué nivel de capacidad predictiva es posible alcanzar con información rutinariamente disponible en los sistemas de vigilancia nutricional.

2. Descripción de las variables

Antes de la modelización, se definieron las variables incluidas en el análisis, distinguiendo entre variable dependiente y variables explicativas. La variable objetivo correspondió al diagnóstico de anemia, recodificado en formato binario para fines de clasificación. Las variables independientes incluyeron características demográficas y variables asociadas al acceso a servicios y programas de salud.

A continuación, se presenta la descripción estructurada de las variables utilizadas:

Tabla 1.

Descripción de las variables del conjunto de datos

Tipo de variable	Nombre	Descripción	Codificación
Dependiente	Dx_anemia_bin	Presencia de anemia	1 = Sí, 0 = No
Independiente	Sexo	Sexo del niño	0 = Masculino, 1 = Femenino
Independiente	Edad_meses	Edad del niño en meses	Variable continua
Independiente	Suplementación	Recibe suplementación con hierro	1 = Sí, 0 = No
Independiente	SIS	Afiliación al Seguro Integral de Salud	1 = Sí, 0 = No
Independiente	Juntos	Pertenencia al programa social Juntos	1 = Sí, 0 = No
Independiente	CRED	Control de crecimiento y desarrollo	1 = Sí, 0 = No

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que el conjunto de variables disponibles se compone mayoritariamente de indicadores binarios (cinco de seis variables independientes), con una única variable continua (Edad_meses). Esta configuración limita la dimensionalidad del espacio de características y, por ende, la capacidad del modelo para capturar relaciones complejas entre predictores y la variable objetivo. No obstante, este tipo de variables refleja la información efectivamente disponible en los registros rutinarios de salud pública, lo que confiere al estudio relevancia práctica para contextos de vigilancia epidemiológica.

3. Preprocesamiento y limpieza de datos

Antes de la implementación del modelo predictivo, se realizó un proceso sistemático de depuración y preparación del conjunto de datos, siguiendo las buenas prácticas recomendadas en la literatura sobre aprendizaje automático aplicado a datos clínicos (García et al., 2016). Esta etapa tuvo como finalidad garantizar la consistencia, calidad y adecuación estadística de la información utilizada en el entrenamiento del modelo.

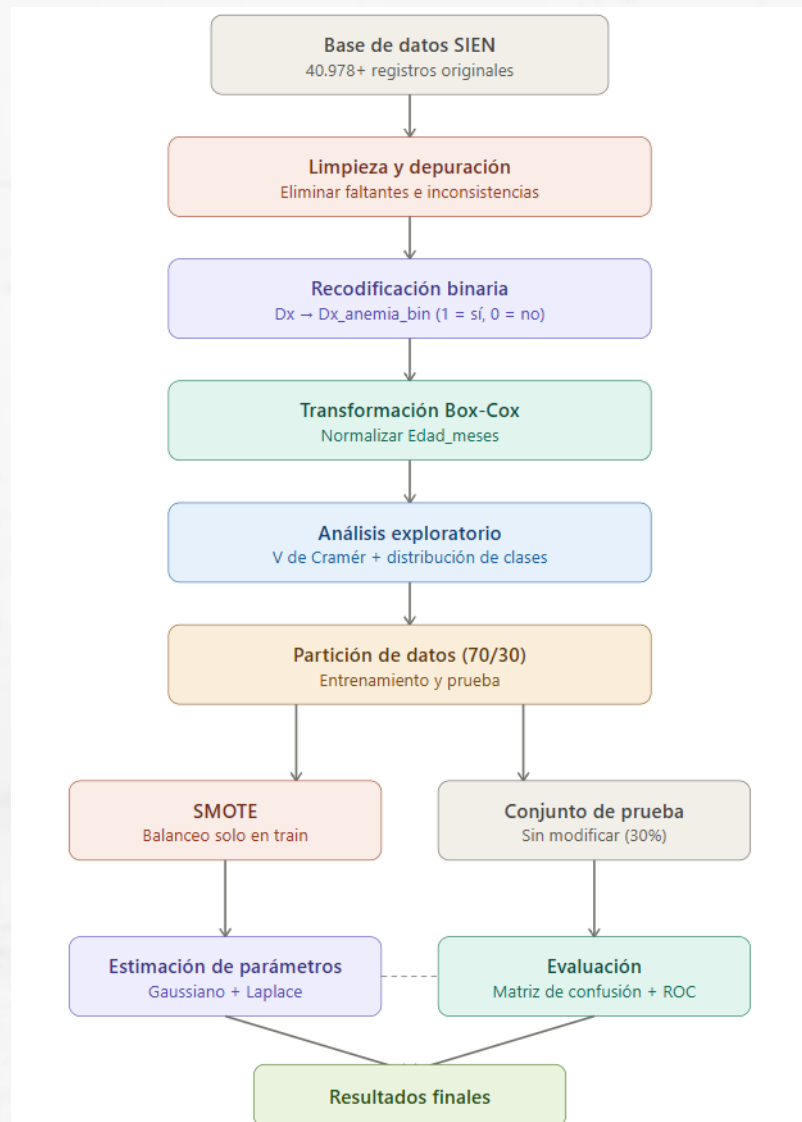
En primer lugar, se eliminaron los registros que presentaban valores faltantes, inconsistencias en la codificación o diagnósticos distintos a las categorías válidas establecidas para el análisis. Posteriormente, se estandarizó el formato de las variables categóricas y se verificó la correcta representación binaria de aquellas variables recodificadas.

La variable diagnóstico original fue transformada en una variable binaria (Dx_anemia_bin), agrupando todas las categorías de anemia (leve, moderada y severa) en una sola clase positiva y considerando como clase negativa a los registros clasificados como normales. Esta recodificación permitió estructurar el problema como una tarea de clasificación binaria, simplificando el proceso de modelización y facilitando la interpretación de los resultados.

Las variables categóricas independientes fueron codificadas mediante representación binaria (dummy encoding), mientras que la variable continua Edad_meses se mantuvo en su escala original para su posterior transformación y modelización bajo el supuesto de normalidad condicional por clase, característico del componente gaussiano del modelo Naive Bayes (Mitchell, 1997).

Figura 1.

Flujo del proceso metodológico



Asimismo, antes de aplicar cualquier técnica de balanceo, se realizó un análisis exploratorio preliminar con el objetivo de examinar la distribución de la variable dependiente y detectar posibles desbalances entre clases, aspecto crítico que puede comprometer el desempeño de los algoritmos de clasificación (Chawla et al., 2002).

4. Fundamentación del modelo Naive Bayes

El modelo Naive Bayes es un clasificador probabilístico basado en el teorema de Bayes, uno de los pilares fundamentales de la inferencia estadística y la teoría de la

probabilidad (Berrar, 2018). Este teorema permite estimar la probabilidad de pertenencia a una clase a partir de un conjunto de variables observadas, actualizando creencias previas (probabilidades a priori) mediante la incorporación de evidencia empírica. En el campo del aprendizaje automático, el clasificador Naive Bayes ha sido ampliamente estudiado y formalizado como uno de los métodos generativos más simples y eficientes para problemas de clasificación supervisada (Mitchell, 1997).

En el contexto del presente estudio, el objetivo del modelo es calcular la probabilidad de que un niño presente anemia dado un conjunto de características demográficas y de acceso a servicios de salud.

La formulación general del teorema de Bayes se expresa como (Berrar, 2018).

$$P(C_k | x) = \frac{P(x | C_k)P(C_k)}{P(x)}$$

donde:

- C_k representa la clase (anemia o no anemia),
- x corresponde al vector de variables explicativas,
- $P(C_k)$ es la probabilidad a priori de la clase,
- $P(x | C_k)$ es la probabilidad condicional de observar los datos dada la clase,
- $P(x | C_k)P(C_k)$ es la probabilidad posterior.

Dado que el denominador $P(x)$ es constante para todas las clases durante el proceso de clasificación, este término se omite al comparar probabilidades posteriores, de modo que la regla de decisión se basa en:

$$\hat{y} = \operatorname{argmax}_{C_k} P(C_k) \prod_{j=1}^p P(x_j | C_k)$$

El supuesto fundamental del modelo —y la razón de la denominación “naive” o ingenuo— es la independencia condicional entre las variables

explicativas dada la clase (Mitchell, 1997). Bajo este supuesto, la verosimilitud conjunta se descompone como el producto de las verosimilitudes individuales:

$$P(x | C_k) = \prod_{j=1}^p P(x_j | C_k)$$

Si bien este supuesto rara vez se cumple de manera estricta en aplicaciones reales, estudios teóricos y empíricos han demostrado que el clasificador Naive Bayes puede mantener un desempeño competitivo incluso cuando la independencia condicional se viola parcialmente, debido a que los errores de estimación tienden a compensarse mutuamente en la regla de decisión (Rish, 2001; Zhang, 2004).

5. Desbalance de clases

En problemas de clasificación binaria en el ámbito sanitario es frecuente que una de las clases tenga mayor representación que la otra, fenómeno conocido como desbalance de clases (Chawla et al., 2002). En el conjunto de datos analizado, la clase correspondiente a niños sin anemia presentó una frecuencia considerablemente mayor ($n = 35.487$; 86,6%) en comparación con la clase anemia ($n = 5.491$; 13,4%), generando un desbalance pronunciado con una razón de aproximadamente 6,5 : 1.

El desbalance de clases puede influir en la estimación de probabilidades a priori y afectar la capacidad del modelo para identificar correctamente la clase minoritaria, sesgando las predicciones hacia la clase mayoritaria (Lestari et al., 2023). Este fenómeno es particularmente problemático en contextos de salud pública, donde los falsos negativos (no detectar casos reales de anemia) tienen un costo clínico y social significativamente mayor que los falsos positivos. Por esta razón, se consideró necesario aplicar una técnica de balanceo antes del entrenamiento del modelo.

6. Corrección del desbalance mediante SMOTE

Para abordar el desbalance identificado, se aplicó la técnica Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE), propuesta originalmente por Chawla et al. (2002). Este método genera observaciones sintéticas de la clase minoritaria a partir de combinaciones

lineales entre instancias cercanas en el espacio de características, utilizando la vecindad k-nearest neighbors como base para la interpolación.

El procedimiento de generación de instancias sintéticas puede expresarse formalmente como (Chawla et al., 2002):

$$x_{new} = x_i + \delta(x_{zi} - x_i), \quad \delta \sim U(0,1)$$

donde:

- x_i es una observación original de la clase minoritaria,
- x_{zi} es uno de sus vecinos más cercanos,
- δ es un valor aleatorio entre 0 y 1.

Este mecanismo permite generar nuevos puntos dentro del espacio de características sin duplicar registros existentes, lo cual diferencia a SMOTE del sobre-muestreo aleatorio convencional y reduce el riesgo de sobreajuste (Chawla et al., 2002). Es pertinente señalar que SMOTE fue aplicado exclusivamente sobre el subconjunto de entrenamiento, preservando la distribución original del conjunto de prueba para garantizar una evaluación no sesgada del desempeño del modelo, conforme a las buenas prácticas metodológicas para el tratamiento del desbalance de clases (Fernández et al., 2018).

7. Estimación de parámetros del modelo

Una vez balanceado el conjunto de entrenamiento, se procedió a la estimación de los parámetros necesarios para la implementación del modelo Naive Bayes. La estimación se realizó separadamente para cada clase (anemia y no anemia), considerando tanto variables categóricas como la variable continua Edad_meses.

7.1 Parámetros para la variable continua

La variable Edad_meses fue modelada bajo el supuesto de normalidad condicional por clase, característico de la variante Gaussiana del clasificador Naive Bayes (Mitchell, 1997). Previamente, se aplicó la transformación Box-Cox (Box y Cox, 1964), una familia de transformaciones paramétricas de potencia diseñada para estabilizar la varianza y aproximar la distribución de los datos a una forma normal. Esta transformación se define como:

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda}, & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \ln(y), & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

donde λ es el parámetro de transformación estimado por máxima verosimilitud (Box y Cox, 1964). La transformación fue necesaria dado que la distribución original de la edad presentaba asimetría, lo cual podría afectar la estimación de las probabilidades condicionales bajo el supuesto gaussiano.

Para cada clase se calcularon la media y la varianza condicionales de la variable transformada:

Media condicional:

$$\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} x_i$$

Varianza condicional:

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} (x_i - \mu_k)^2$$

donde:

- x_i representa el valor de edad en meses,
- N_k es el número de observaciones en la clase C_k
- μ_k y σ_k^2 corresponden a la media y varianza de la clase.

Estos parámetros permiten calcular la probabilidad condicional de la variable continúa utilizando la función de densidad de probabilidad gaussiana (Mitchell, 1997):

$$P(x_j | C_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_k^2}} \exp\left(-\frac{(x_j - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}\right)$$

7.2 Probabilidades condicionales para variables categóricas

Las variables categóricas codificadas de forma binaria fueron estimadas mediante frecuencias relativas por clase. Para evitar probabilidades nulas en la estimación —problema conocido como “zero-frequency problem”—, se aplicó suavizamiento de Laplace:

$$P(x_j = v | C_k) = \frac{N_{v,C_k} + \alpha}{N_{C_k} + \alpha V}$$

donde:

- N_{v,C_k} es el número de veces que el valor v aparece en la clase C_k
- v es el número de posibles valores de la variable,
- $\alpha=1$ es la constante de suavizamiento.

Este procedimiento asegura estabilidad numérica en la estimación de probabilidades, evitando que valores no observados en el entrenamiento anulen el producto de verosimilitudes, lo cual sería catastrófico para el cálculo de la probabilidad posterior del modelo.

8. Evaluación del desempeño del modelo

El desempeño del modelo fue evaluado utilizando un subconjunto de prueba correspondiente al 30% del conjunto de datos. Se construyó una matriz de confusión, instrumento estándar para la evaluación de clasificadores binarios, que permite identificar los aciertos y errores de clasificación en función de cuatro categorías fundamentales.

Tabla 2.

Estructura conceptual de la matriz de confusión

	Predicción: Anemia	Predicción: No anemia
Anemia real	Verdaderos positivos (TP)	Falsos negativos (FN)
No anemia real	Falsos positivos (FP)	Verdaderos negativos (TN)

Fuente: Elaboración propia.

De la matriz resultante se calculan las siguientes métricas de evaluación.

Exactitud:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Precisión:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Sensibilidad (Recall):

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Especificidad:

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$$

Medida F1:

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

Asimismo, se evaluó la capacidad discriminadora del modelo mediante la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y el cálculo del Área Bajo la Curva (AUC). La curva ROC representa gráficamente la relación entre la tasa de verdaderos positivos (sensibilidad) y la tasa de falsos positivos (1 - especificidad) a diferentes umbrales de decisión. El AUC se define formalmente como:

$$AUC = \int_0^1 TPR(FPR) d(FPR)$$

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

El AUC cuantifica la probabilidad de que el modelo asigne una puntuación más alta a un caso positivo seleccionado aleatoriamente que a un caso negativo seleccionado aleatoriamente. Según los criterios de interpretación propuestos por Hosmer et al. (2013), un AUC de 0,5 indica ausencia de capacidad discriminatoria (equivalente al azar), valores entre 0,7 y 0,8 indican discriminación aceptable, entre 0,8 y 0,9 excelente, y superiores a 0,9 excepcional.

RESULTADOS

1. Evaluación de la variable Edad y distribución de la variable dependiente.

Se verificó el comportamiento de la variable **Edad_meses** con el fin de determinar su adecuación al supuesto de normalidad condicional requerido por el modelo Naive Bayes con componente gaussiano. Para ello, se aplicó la transformación Box-Cox, con el objetivo de estabilizar la varianza y aproximar la distribución a una forma normal.

Tabla 3.

Distribución de la variable dependiente (diagnóstico de anemia).

Clase diagnóstica	Frecuencia	Proporción
Normal	35.487	86,6%
Anemia	5.491	13,4%
Total	40.978	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 presenta la distribución inicial de la variable objetivo. Se observa una marcada desproporción entre las clases: la categoría “Normal” concentra el 86,6% de los registros ($n = 35.487$), mientras que la clase “Anemia” representa solo el 13,4% ($n = 5.491$), configurando una razón de desbalance de aproximadamente 6,5:1. Este patrón evidencia un desbalance de clases pronunciado, situación frecuente en bases de datos clínicas y que puede sesgar el entrenamiento de algoritmos de clasificación al favorecer la predicción de la clase mayoritaria (Chawla et al., 2002). Es notable que la proporción de anemia en el conjunto de datos (13,4%) es considerablemente menor que la prevalencia reportada por la ENDES 2023 para Puno (70,4%), lo cual podría explicarse por diferencias en el

grupo etario analizado, el periodo de recolección o criterios de inclusión específicos del SIEN.

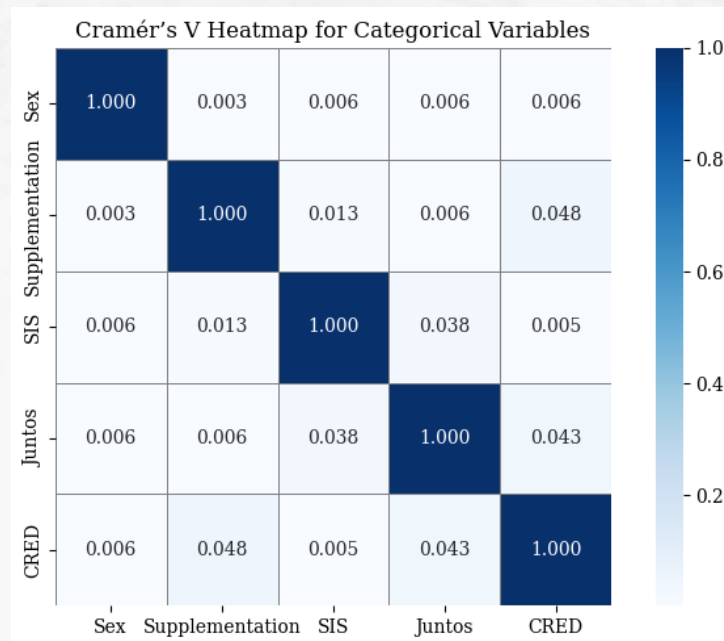
Respecto a la variable Edad_meses, se aplicó la transformación Box-Cox (Box y Cox, 1964) con el objetivo de estabilizar la varianza y aproximar su distribución a una forma normal, requisito del componente gaussiano del modelo. Esta transformación fue necesaria dado que la distribución original de la edad presentaba asimetría positiva, lo cual podría comprometer la estimación de las probabilidades condicionales bajo el supuesto de normalidad.

2. Asociación entre variables categóricas

Se calculó el estadístico V de Cramér para examinar el grado de asociación entre las variables categóricas incluidas en el modelo (Sexo, Suplementación, SIS, Juntos y CRED). Este coeficiente, derivado del estadístico chi-cuadrado de Pearson, oscila entre 0 (ausencia de asociación) y 1 (asociación perfecta), proporcionando una medida normalizada de la dependencia entre variables nominales.

Figura 2.

Mapa de calor del estadístico V de Cramér entre variables categóricas.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra los valores del estadístico V de Cramér entre pares de variables categóricas. Los valores observados indican asociaciones débiles a moderadas entre la mayoría de las variables analizadas. Este comportamiento sugiere que, si bien existen ciertas relaciones entre los predictores —como la esperable asociación entre la pertenencia al programa Juntos y la afiliación al SIS, ambos vinculados a la condición de pobreza—, no se evidencian niveles elevados de dependencia que comprometan de manera crítica el supuesto de independencia condicional del modelo Naive Bayes. No obstante, debe reconocerse que la V de Cramér evalúa asociación marginal y que la ausencia de multicolinealidad fuerte no garantiza independencia condicional dada la clase.

3. Balanceo de clases mediante SMOTE

Debido al desbalance identificado en la variable dependiente, se aplicó la técnica SMOTE sobre el conjunto de entrenamiento. La distribución posterior al balanceo se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4.

Distribución de clases en el conjunto de entrenamiento después de SMOTE

Clase diagnóstica	Frecuencia
Normal	35,487
Anemia	35,487
Total	70,974

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra que, tras la aplicación de SMOTE, ambas clases alcanzan la misma frecuencia en el conjunto de entrenamiento, eliminando el desbalance original de 6,5:1. Este equilibrio permite que el modelo no se sesgue hacia la predicción de la clase mayoritaria durante la fase de aprendizaje. El sobre-muestreo sintético generó 29.996 nuevas observaciones de la clase anemia interpolando entre vecinos cercanos de la clase minoritaria en el espacio de

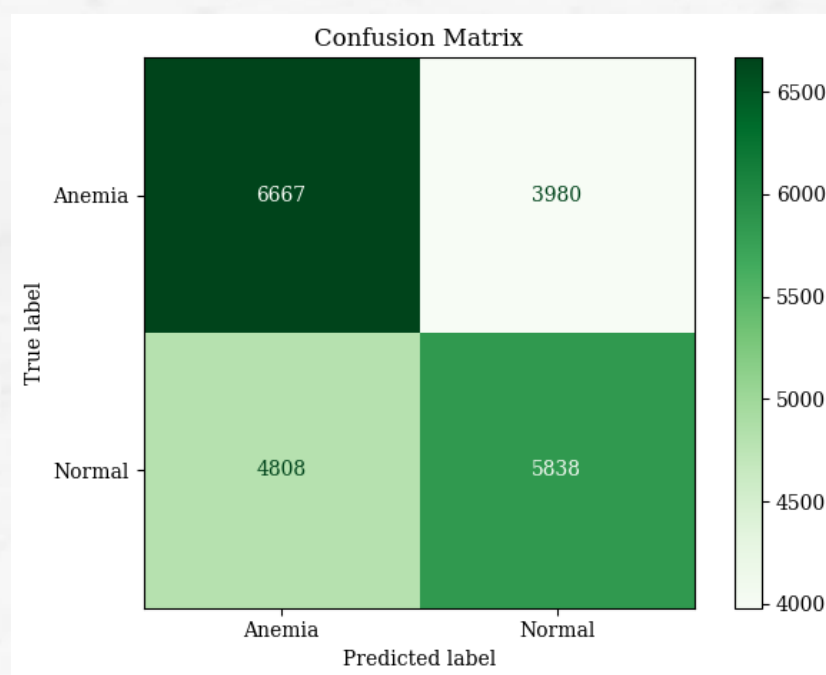
características, lo cual incrementa la representación de los casos de anemia sin duplicar registros existentes, reduciendo así el riesgo de sobreajuste asociado al sobre muestreo aleatorio convencional.

4. Desempeño del modelo Naive Bayes

El modelo fue evaluado utilizando el conjunto de prueba. La matriz de confusión se presenta en la Figura 3.

Figura 3.

Matriz de confusión del modelo Naive Bayes.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 presenta la distribución de las clasificaciones del modelo entre las dos categorías: Anemia y Normal. El modelo identificó correctamente 6.667 casos de anemia (verdaderos positivos) y 5.838 casos normales (verdaderos negativos). Sin embargo, se registraron 3.980 casos de anemia clasificados incorrectamente como normales (falsos negativos) y 4.808 casos normales clasificados como anemia (falsos positivos).

Desde la perspectiva sanitaria, los falsos negativos son particularmente preocupantes, ya que representan niños con anemia que no serían identificados por el modelo, comprometiendo la oportunidad de intervención temprana. Este tipo de error tiene implicaciones directas sobre la salud infantil, dado que la detección tardía de la anemia puede traducirse en retrasos en el desarrollo cognitivo y físico. Por otro lado, los falsos positivos, aunque menos graves clínicamente, implicarían derivaciones innecesarias a evaluación complementaria, generando costos adicionales al sistema de salud.

En conjunto, la matriz de confusión refleja una capacidad moderada del modelo para distinguir entre ambas clases. Este nivel de desempeño es consistente con las limitaciones inherentes al uso exclusivo de variables sociodemográficas como predictores, sin información clínica directa como niveles de hemoglobina o indicadores hematológicos, que son los determinantes primarios del diagnóstico de anemia.

Tabla 5.

Reporte de clasificación del modelo Naive Bayes

Clase	Precisión	Sensibilidad	F1-Score	Soporte
Anemia	0.58	0.63	0.60	10,647
Normal	0.59	0.55	0.57	10,646
Exactitud global	0.5873			21,293

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 presenta las métricas de desempeño del modelo conforme a los indicadores estándar de evaluación de clasificadores. Para la clase Anemia, la precisión de 0,58 indica que el 58% de los casos predichos como anemia efectivamente corresponden a esta condición. La sensibilidad de 0,63 muestra que el modelo logró detectar el 63% de los

casos reales de anemia, mientras que el 37% restante no fue identificado (falsos negativos). El F1-score de 0,60 refleja un equilibrio moderado entre precisión y sensibilidad. Para la clase Normal, la sensibilidad fue menor (0,55), lo que indica que una proporción considerable de casos normales fue clasificada incorrectamente como anemia.

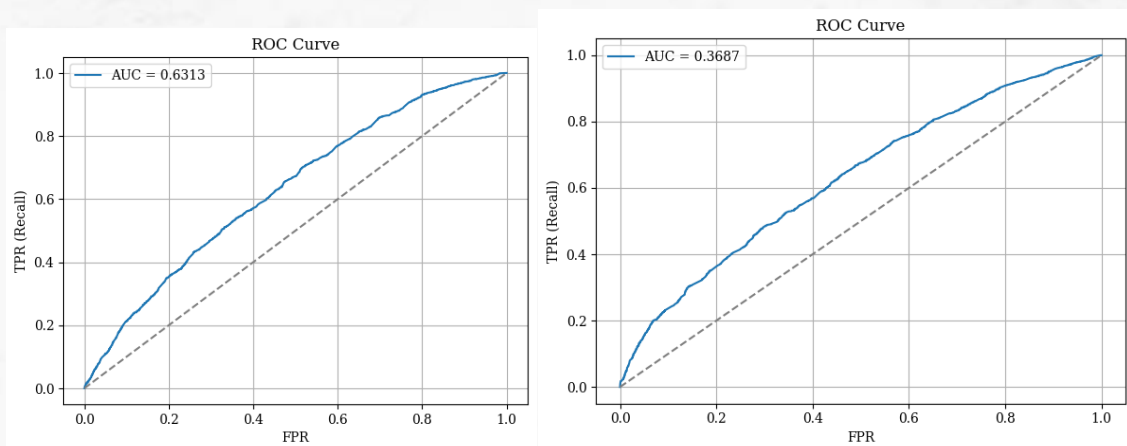
La exactitud global de 58,73% debe interpretarse considerando que, al tratarse de un conjunto de prueba balanceado, un clasificador aleatorio alcanzaría un 50% de exactitud. Si bien el modelo supera este umbral de referencia en casi 9 puntos porcentuales, el margen de mejora es sustancial. Este resultado sugiere que las variables sociodemográficas utilizadas, por sí solas, poseen una capacidad predictiva restringida para discriminar entre niños con y sin anemia, lo cual es coherente con la naturaleza multifactorial de esta condición, donde los determinantes clínicos directos (hemoglobina, estado nutricional cuantificado, presencia de infecciones) tienen un peso predictivo considerablemente mayor.

5. Curva ROC y Área Bajo la Curva (AUC)

La capacidad discriminatoria global del modelo fue evaluada mediante la curva ROC, herramienta gráfica ampliamente utilizada para visualizar el desempeño de clasificadores binarios en distintos umbrales de decisión.

Figura 4.

Curva ROC del modelo Naive Bayes



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 presenta la curva ROC del modelo. El AUC obtenido fue de 0,63, lo cual indica una capacidad discriminatoria limitada. Según la escala de interpretación propuesta por Hosmer et al. (2013), un AUC inferior a 0,70 se considera discriminación pobre, mientras que valores entre 0,70 y 0,80 corresponden a discriminación aceptable y valores superiores a 0,80 a discriminación excelente. El valor de 0,63 obtenido en este estudio indica que el modelo se encuentra por debajo del umbral mínimo aceptable para aplicaciones clínicas, aunque supera claramente la línea de no discriminación (AUC = 0,50).

Este resultado confirma que el modelo logra una diferenciación entre clases ligeramente superior al azar, pero insuficiente para su aplicación directa como herramienta de diagnóstico individual. El desempeño limitado es atribuible principalmente a la ausencia de variables clínicas con alto poder discriminatorio, tales como niveles de hemoglobina, ferritina sérica o indicadores hematológicos, que constituyen los determinantes directos del diagnóstico de anemia. Estudios comparables que han empleado este tipo de variables clínicas con modelos similares han reportado valores de AUC significativamente superiores.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que el modelo Naive Bayes permitió clasificar el estado de anemia infantil con un desempeño moderado, alcanzando una exactitud de 58,7% y un AUC de 0,63. Si bien estos valores superan el umbral de un clasificador aleatorio, reflejan una capacidad discriminatoria limitada que debe interpretarse en el contexto de las variables utilizadas y la complejidad del fenómeno estudiado. La anemia infantil es una condición multifactorial determinada por factores biológicos, nutricionales, ambientales y socioeconómicos que interactúan de manera compleja (OMS, 2023), y los predictores disponibles en este estudio capturan solo una dimensión parcial de dicha complejidad.

Este comportamiento es coherente con investigaciones que han aplicado técnicas de aprendizaje automático en la detección de anemia infantil y que reportan desempeños significativamente superiores cuando se incorporan indicadores hematológicos directos. Vohra et al. (2022) obtuvieron exactitudes superiores al 90% en la clasificación multiclase de anemia utilizando datos de hemograma completo con algoritmos que incluían Naive

Bayes, Random Forest y regresión logística. Del mismo modo, Yimer et al. (2025) reportaron mejoras sustanciales al combinar variables demográficas y clínicas en modelos de predicción de anemia en niños etíopes. Estos antecedentes refuerzan la hipótesis de que la capacidad predictiva del modelo está estrechamente condicionada por la calidad informativa y la relevancia clínica de los predictores disponibles.

La principal limitación del modelo no radica en el algoritmo en sí, sino en la naturaleza de las variables predictoras. El conjunto de datos utilizado se compone exclusivamente de variables sociodemográficas y de acceso a servicios de salud, sin incluir indicadores clínicos como niveles de hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM) o ferritina sérica, que constituyen los determinantes primarios del diagnóstico. Este hallazgo tiene implicaciones metodológicas importantes: sugiere que los esfuerzos por mejorar la predicción de anemia mediante aprendizaje automático deben priorizar la incorporación de variables clínicas en los sistemas de información, más que la sofisticación del algoritmo de clasificación.

La elección del algoritmo Naive Bayes se fundamentó en su estructura probabilística, su facilidad de implementación, su transparencia interpretativa y su capacidad para operar con conjuntos de datos de tamaño moderado (Mitchell, 1997; Berrar, 2018). Si bien su supuesto de independencia condicional entre variables puede no cumplirse estrictamente en contextos biomédicos —donde variables como la pertenencia al programa Juntos y la afiliación al SIS podrían estar correlacionadas—, la literatura ha demostrado que el clasificador puede mantener un desempeño razonable incluso cuando este supuesto se viola parcialmente, debido a la compensación mutua de errores en la regla de decisión (Rish, 2001; Zhang, 2004). El análisis de V de Cramér (Cramér, 1946) realizado en este estudio mostró asociaciones débiles a moderadas entre las variables, lo cual sugiere que la violación del supuesto no es severa, aunque no puede descartarse completamente su efecto sobre las estimaciones.

La aplicación de la técnica SMOTE (Chawla et al., 2002) resultó necesaria para abordar el desbalance pronunciado de la variable dependiente (86,6% vs. 13,4%). La literatura ha documentado que el sobre-muestreo sintético puede mejorar la sensibilidad de los modelos cuando la clase minoritaria se encuentra subrepresentada (Asare et al., 2023; Fernández et al., 2018). En el presente estudio, el balanceo permitió que el modelo alcanzara una sensibilidad de 0,63 para la clase anemia, lo cual representa una detección

parcial pero no negligible de los casos positivos. Sin embargo, este beneficio se acompañó de una especificidad reducida (0,55 para la clase normal), lo que indica un incremento en los falsos positivos, compromiso inherente al balanceo por sobre-muestreo.

Desde la perspectiva de aplicación, un modelo con estas características podría complementar, mas no sustituir, los procesos de tamizaje clínico. Su valor reside en la posibilidad de identificar perfiles poblacionales de riesgo a partir de variables recolectadas rutinariamente en los sistemas de información de salud, contribuyendo a la priorización de intervenciones preventivas en contextos con recursos diagnósticos limitados, como es el caso de muchas comunidades rurales de la región de Puno.

CONCLUSIÓN

El presente estudio desarrolló e implementó un modelo Naive Bayes para la clasificación binaria de anemia en niños menores de cinco años en la región de Puno, utilizando variables sociodemográficas y de acceso a servicios de salud provenientes del SIEN. Los resultados evidencian que el modelo logra una clasificación ligeramente superior al azar (exactitud de 58,7%, AUC de 0,63), lo cual refleja tanto las restricciones inherentes al supuesto de independencia condicional del algoritmo como, fundamentalmente, las limitaciones de las variables disponibles para la tarea de clasificación.

La investigación demuestra que es posible construir un clasificador funcional basado en información sociodemográfica rutinariamente disponible, pero que este tipo de variables, por sí solas, resultan insuficientes para alcanzar niveles de desempeño adecuados para aplicaciones diagnósticas directas. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas relevantes: subraya la necesidad de integrar indicadores clínicos — particularmente niveles de hemoglobina— en los sistemas de información de salud pública para potenciar el uso de modelos predictivos como herramientas de apoyo al tamizaje poblacional.

No obstante, el estudio aporta una línea base metodológica interpretable y replicable que puede servir como referencia para futuras investigaciones. La transparencia del modelo bayesiano, su bajo costo computacional y su capacidad para

operar con datos rutinarios constituyen ventajas relevantes en escenarios donde se requieren herramientas de tamizaje complementarias con requisitos técnicos mínimos.

Se recomienda que investigaciones futuras consideren las siguientes líneas de trabajo: (a) ampliar el conjunto de variables predictoras incorporando indicadores hematológicos y nutricionales directos; (b) comparar el desempeño de Naive Bayes con otros algoritmos de clasificación supervisada como regresión logística, árboles de decisión, Random Forest y máquinas de soporte vectorial (SVM); (c) evaluar el modelo bajo esquemas de validación más robustos como la validación cruzada k-fold o la técnica de bootstrapping; (d) explorar la incorporación de variables espaciales o temporales que capturen patrones regionales de prevalencia de anemia en la zona altoandina del Perú; y (e) considerar enfoques de aprendizaje automático explicable (XAI) que permitan identificar los factores sociodemográficos de mayor relevancia predictiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Appiahene, P., Asare, J. W., Donkoh, E. T., Dimauro, G., & Maglietta, R. (2023). Detection of iron deficiency anemia by medical images: a comparative study of machine learning algorithms. *BioData Mining*, 16(1).
<https://doi.org/10.1186/s13040-023-00319-z>
- Asare, J. W., Appiahene, P., Donkoh, E. T., & Dimauro, G. (2023). Iron deficiency anemia detection using machine learning models: A comparative study of fingernails, palm and conjunctiva of the eye images. *Engineering Reports*, 5(11).
<https://doi.org/10.1002/eng2.12667>
- Berrar, D. (2018). Bayes' theorem and naive Bayes classifier. En *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology* (Vol. 1, pp. 403–412). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20473-1>
- Box, G. E. P., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 26(2), 211–243.
<https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
- Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16, 321–357. <https://doi.org/10.1613/jair.953>
- Edwine, N., Wang, W., Song, W., & Ssebuggwawo, D. (2022). Detecting the Risk of Customer Churn in Telecom Sector: A Comparative Study. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8534739>
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- García, S., Luengo, J., & Herrera, F. (2016). Tutorial on practical tips of the most influential data preprocessing algorithms in data mining. *Knowledge-Based Systems*, 98, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.12.006>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2024). Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar – ENDES 2023. INEI.
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/>

- Lestari, N., Indahwati, Erfiani, & Julianti, E. D. (2023). A COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND NAIVE BAYES CLASSIFICATION USING UNBALANCED DATA HANDLING. *Barekeng*, 17(3), 1585–1594. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1585-1594>
- Maasthi, M. J., Gururaj, H. L., Ravi, V., D, B., Almeshari, M., & Alzamil, Y. (2023). Decision-making Support System for Predicting and Eliminating Malnutrition and Anemia. *The Open Bioinformatics Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/0118750362246898230921054021>
- Noviandy, T. R., Idroes, G. M., Suhendra, R., Bakri, T. K., & Idroes, R. (2024). Advanced Anemia Classification Using Comprehensive Hematological Profiles and Explainable Machine Learning Approaches. *Infolitika Journal of Data Science*, 2(2), 72–81. <https://doi.org/10.60084/ijds.v2i2.237>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2023). Anaemia. <https://www.who.int/health-topics/anaemia>
- Sahila, R., Widiharih, T., & Utami, I. T. (2024). ANALISIS KLASIFIKASI MENGGUNAKAN REGRESI LOGISTIK BINER DAN ALGORITMA NAÏVE BAYES CLASSIFIER PADA PENYAKIT HIPERTENSI. *Jurnal Gaussian*, 13(2), 319–327. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.13.2.319-327>
- Setiawan, J., Amalia, D., & Prasetiawan, I. (2024). Data Mining Techniques for Predictive Classification of Anemia Disease Subtypes. *Jurnal RESTI*, 8(1), 10–17. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i1.5445>
- Vohra, R., Hussain, A., Dudyala, A. K., Pahareeya, J., & Khan, W. (2022). Multi-class classification algorithms for the diagnosis of anemia in an outpatient clinical setting. *PLoS ONE*, 17(7), e0269685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269685>
- Yimer, A., Yesuf, H. A., Ahmed, S., Zemariam, A. B., Mussa, E., Sirage, N., Yesuf, A., & Kassaw, A. K. (2025). Optimizing machine learning models for predicting anemia among under-five children in Ethiopia: insights from Ethiopian demographic and health survey data. *BMC Pediatrics*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12887-025-05659-9>

Zuhanda, M. K. , Permata, L., Hartono, Ongko, E., & Desniarti. (2025). Impact of Adaptive Synthetic on Naïve Bayes Accuracy in Imbalanced Anemia Detection Datasets. *Jurnal RESTI*, 9(1), 85–93. <https://doi.org/10.29207/resti.v9i1.6031>

