

Modelos predictivos aplicados a los indicadores de ecoeficiencia de una entidad bancaria en el Perú

Predictive models applied to the eco-efficiency indicators of a banking institution, Peru

Leslye Millones-Cumpa^{1*}  y July Zegarra-Choque¹ 

¹ Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.



Citar como: Millones-Cumpa, L. y Zegarra Choque, J. (2025). «Modelos predictivos aplicados a los indicadores de ecoeficiencia de una entidad bancaria en el Perú». *South Sustainability*, 6(2), e133.
DOI: 10.21142/SS-0602-2025-e133

Artículo recibido: 2/10/2025
Revisado por pares
Artículo aceptado: 17/10/2025



© Los autores, 2025. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Peru)

* E-mail de correspondencia:
leslye.millones@usil.pe

RESUMEN

El ahorro institucional para las entidades públicas fue una disposición obligatoria emitida por el Ministerio de Ambiente (Minam) en el Perú a partir de 2009. Años más tarde, sería enfocado hacia la ecoeficiencia. En este sentido, Agrobanco, como entidad bancaria estatal, estableció su línea base e integró este instrumento de gestión ambiental en 2022. El desarrollo de esta investigación tiene por objetivo establecer modelos de predicción de los indicadores de ecoeficiencia a partir de sus registros de 2022 a 2024. Se analizó la regresión lineal de la relación entre el número de colaboradores y los indicadores de ahorro de energía y agua, y la generación de residuos sólidos aprovechables publicados en sus reportes trimestrales en su portal oficial. Según el *p-value*, los modelos significativos para el estudio son CIDCA (2.07E-04), CCE (3.11E-06) y CIDCE (1.80E-09) respecto a sus valores críticos. En este sentido, el consumo de agua per cápita y energía eléctrica tiene un impacto positivo frente al número de colaboradores, lo que refleja la eficacia del instrumento de gestión para estos recursos. Cabe precisar que los modelos establecidos para la generación de residuos aprovechables no refieren relaciones significativas con el número de colaboradores para predecir su comportamiento. En síntesis, los datos de los indicadores de ecoeficiencia en ahorro de agua y energía de 2022 a 2024 permiten la construcción de modelos predictivos eficaces para la evaluación del instrumento de gestión.

Palabras clave: ecoeficiencia, consumo per cápita, regresión lineal, agua, energía, residuos sólidos aprovechables

ABSTRACT

Institutional savings for public entities was a mandatory provision established by Peru's Ministry of the Environment (MINAM) in 2009, and in subsequent years the emphasis was oriented toward eco-efficiency. In this context, as a state-owned bank, Agrobanco set a baseline and adopted this environmental management tool in 2022. The aim of this study was to build prediction models for eco-efficiency indicators using Agrobanco's records from 2022 to 2024. A linear regression analysis was conducted to investigate the relationship between the number of employees and indicators for energy and water savings, as well as the generating of recoverable solid waste, as published in the institution's quarterly reports on its official website. According to the *p-value*, the significant models for the study were CIDCA (2.07E-04), CCE (3.11E-06) and CIDCE (1.80E-09), relative to their critical values. The study found that per capita water consumption and electricity consumption demonstrate a positive effect with respect to the number of employees, reflecting the effectiveness of the management instrument for these resources. It should be noted that the established models for the generation of recoverable waste do not indicate a significant relationship to the number of employees when predicting their behavior. To summarize, the data from the eco-efficiency indicators for water and energy savings from 2022 to 2024 facilitate the building of effective predictive models for evaluating the management tool.

Keywords: eco-efficiency, per capita consumption, linear regression, water, energy, recoverable solid waste



Introducción

Las medidas de ecoeficiencia para el ahorro institucional se establecieron como una implementación obligatoria para las instituciones públicas por el Ministerio de Ambiente (Minam) en 2009, con el fin de reducir los impactos ambientales de la gestión pública y convertir a los servidores en agentes de ahorro (Minam, 2009). Esta política se constituye con el objetivo de disminuir el consumo de recursos escasos y promover una cultura sostenible en los servidores públicos (Acuña, 2022; UNEP FI, 2021). Un año después se realizaron modificaciones a la normativa, con la finalidad de fortalecer el uso de materiales reciclados y mejorar el reporte de los indicadores. Finalmente, se aprobó el Decreto Supremo 016-2021-MINAM en 2021, y de esa forma se estableció la definición de gestión de la ecoeficiencia para las entidades de administración pública.

Para su implementación, el Minam publicó la *Guía de ecoeficiencia para instituciones del sector público*, cuyo propósito es orientar la implementación en el sistema de gestión de las entidades estatales. Mediante la primera disposición complementaria final del Decreto Supremo 016-2021-MINAM, se dispuso brindar asistencia técnica, ya sea a solicitud de las entidades o a través de los talleres de la iniciativa «Instituciones públicas ecoeficientes modelo (EcolP)», para facilitar una transición orgánica hacia prácticas de consumo responsable y sostenible (Minam, 2017; Scarpellini *et al.*, 2020). Desde 2017, la Dirección General de la Calidad Ambiental del Minam lidera este acompañamiento técnico, con el objetivo de consolidar la ecoeficiencia como modelo de gestión en el sector público, mediante la asistencia técnica, seguimiento continuo, capacitaciones y promoción de una cultura hacia la ecoeficiencia. Este acompañamiento técnico incluye el diagnóstico y diseño del plan de ecoeficiencia a ejecutarse en un periodo de tres años. Además, la segunda disposición complementaria final del citado decreto supremo establece y promueve el reconocimiento a las entidades que implementen medidas de ecoeficiencia, buenas prácticas y tecnologías limpias. Cabe precisar que, en el marco del compromiso peruano con la mejora continua, la guía ha sido actualizada en dos ocasiones para estar alineada a los lineamientos de la ISO 14045, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a 2030 (Ouyang *et al.*, 2025). Con ello, se refuerza la importancia de la participación de los funcionarios públicos en la adopción y difusión de conductas de consumo sostenibles que contribuyan al ahorro institucional y fortalezcan la gestión ambiental (Benites *et al.*, 2025).

Las disposiciones legales peruanas no consideran alguna penalización económica directa; no obstante, el incumplimiento puede ser la causa de resultados administrativos significativos asociados a las disposiciones de la Ley 31288 sobre la responsabilidad funcional

administrativa (Ley 31288, 2021). Asimismo, la ausencia de reportes de ecoeficiencia puede ser detectada por el Minam, el Órgano de Control Institucional y la Contraloría General de la República, lo que puede resultar en informes de supervisión, procedimientos disciplinarios o limitaciones en el presupuesto, a razón de la falta de seguimiento a los compromisos de la gestión ambiental. De acuerdo con los informes anuales de ecoeficiencia del Minam, se ha registrado ausentismo en los reportes de ecoeficiencia, ya que se identificó a 142 instituciones en 2014 que registraban sus indicadores en la plataforma del Minam, mientras que en 2022 pasaron a ser 101 (Minam, 2023a y 2023b).

La discontinuidad en los reportes refleja el efecto de impulsores de cambio en la conducta de los funcionarios públicos frente al seguimiento del plan de ecoeficiencia (Cano, 2023). Ante esta situación, la iniciativa del Minam (2023, 2024) adiciona instrumentos de reconocimiento anual para las instituciones públicas que se alinean a la gestión de la ecoeficiencia. El porcentaje de cumplimiento fue el parámetro de evaluación para identificar a los merecedores del reconocimiento «Modelo de institución pública ecoeficiente». Desde otra línea de acción del Minam, dentro de las subcategorías del premio nacional «Antonio Brack Egg», se encuentra la mención «Ecoeficiencia en instituciones públicas», destinada para el reconocimiento de proyectos de alto impacto de las entidades públicas. El aprovechamiento del sistema de premios del Minam tiene por objetivo motivar a los funcionarios públicos a través del posicionamiento de la imagen institucional y el alcance de metas y objetivos.

En este contexto normativo, Agrobanco es una entidad bancaria, con capital mixto, que participó en esta iniciativa a partir de 2022, al implementar este instrumento de gestión en su sede principal en Lima y elaborar un plan de ecoeficiencia para los siguientes tres años (Agrobanco, 2023; George *et al.*, 2025). Este plan abarcó seis programas con actividades institucionalidad y promoción que en conjunto garantizan el ahorro del agua, el ahorro de la energía eléctrica, el consumo responsable del combustible, el papel y materiales conexos, y la gestión integral de los residuos sólidos (Abubakar *et al.*, 2022; Firdausy y Ardiani, 2024). En aras de su ejecución, estableció alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas para la gestión de los residuos sólidos aprovechables, importantes para la ejecución de sus compromisos en el plan de ecoeficiencia, con la capacitación del personal y el desempeño técnico, tomando en cuenta al gobierno local, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado (Ogutú *et al.*, 2020). Cabe precisar que la entidad bancaria en estudio ha diagnosticado 14 agencias ubicadas en Ayacucho, Cajamarca, Chíncha, Huacho, Puno, Tingo María, Huancaayo, entre otras localidades, en el periodo 2022-2023. Este instrumento de gestión les permite identificar el escenario y elaborar planes de ecoeficiencia para las necesidades de cada oficina, de acuerdo con la disposición de los recursos disponibles en la ubicación.

Según la información disponible en el portal de transparencia de Agrobanco, de 2022 a 2024 se realizó una inversión de S/ 835 115,33 soles en las compras de bienes y servicios bajo los conceptos de diagnósticos, mantenimientos y reemplazo de equipos de consumo de energía eléctrica y agua, señalización sobre las buenas prácticas de consumo, campañas de reciclaje y activaciones ambientales (Agrobanco, 2024). El crecimiento de la inversión en la implementación a partir del segundo año de gestión tuvo un costo significativo derivado de la extensión e instalación de oficinas, tomando en cuenta las recomendaciones de ecoeficiencia. El programa de ahorro de energía eléctrica registra S/ 606 734,23 respecto del total invertido, a razón de los trabajos vinculados a la reubicación de personal a ambientes con mejor aprovechamiento de la energía, seguidos de los programas de ahorro de papel y agua, que comprendieron el 23,29 % del costo total anual. El flujo de los costos orientados a la ecoeficiencia del banco se enfoca principalmente en cubrir aquellas actividades de mantenimiento (44 %) que garanticen la vida útil de los equipos y el buen aprovechamiento de los ambientes. El análisis de la inversión de esta entidad bancaria sostiene la importancia de establecer las oportunidades o condiciones para impulsar conductas de ahorro y cuidado del ambiente (Fang *et al.*, 2024).

La *Guía de ecoeficiencia para instituciones del sector público*, establecida desde 2009 y actualizada en 2016, señala los indicadores de seguimiento que son publicados en el portal de la institución y en el sistema de ecoeficiencia del Minam para el seguimiento del plan de trabajo (Minam, 2024). En esta línea, estos datos estadísticos permiten la identificación de patrones y factores de cambio que determinen su comportamiento a prácticas ecoamigables (Church *et al.*, 2023; Siddique, 2024). De esta manera, establecer modelos de predicción colabora con las estrategias diseñadas para la cadena de suministro y orienta a los colaboradores a prácticas de consumo sostenible de los recursos (Chimayco *et al.*, 2023; Hosta y Zabkar, 2021; Padilla *et al.*, 2024).

El objetivo de esta investigación es analizar la correlación entre el comportamiento del número de colaboradores y el de los indicadores de seguimiento del consumo de agua y energía, así como los correspondientes a la generación de residuos aprovechables (vidrio y plástico), los cuales son segregados para su donación a ONG y

recicladores formalizados, que llevan y comercializan este material para nuevos procesos productivos. De este modo, se busca validar su grado de influencia y establecer ecuaciones de predicción que originen estrategias de consumo responsable orientadas al comportamiento de los colaboradores de Agrobanco.

Materiales y métodos

Este estudio emplea una metodología aplicada y un enfoque cuantitativo no experimental, con el fin de observar el comportamiento de los indicadores en el año de diagnóstico y los dos años de gestión de la ecoeficiencia en el banco de estudio. En primer lugar, se plantea el análisis de varianza (ANOVA) de 2022 a 2024, a fin de identificar diferencias significativas en sus registros mensuales. En el caso del registro de generación de residuos sólidos aprovechables, es de 2023 a 2024. El análisis es de tipo correlación lineal simple, que tiene como variable independiente al número de colaboradores, y como variables dependientes al consumo mensual de agua (m^3) (CA) y per cápita (m^3 /colaborador) (IDCA), el consumo mensual de energía eléctrica (kWh) (CE) y per cápita (kWh/colaborador) (IDCE), la generación de residuos aprovechables de vidrio (kg) (RAV) y plástico (kg) (RAP), y per cápita (kg/colaborador), respectivamente (RAVC y RAPC). Todas las variables se utilizaron siguiendo la *Guía de ecoeficiencia* del Minam en su versión de 2016 (Minam, 2019). Además, este análisis busca establecer los modelos de correlación entre el comportamiento de los indicadores y los cambios en el registro del número de colaboradores de Agrobanco para predecir escenarios y facilitar la toma de decisiones (Aldás y Uriel, 2017; Moreira, 2021). En el ámbito internacional establecer modelos de predicción se emplea para identificar la influencia entre los indicadores de los ODS, el crecimiento del mercado y el tipo de cambio, por lo que observar la aplicación de este análisis es escalable y depende de la cantidad de variables en estudio (Naveed y Rasheed, 2025).

Finalmente, se aplican para todos los modelos las pruebas estadísticas para validar la significancia y su capacidad para representar la variabilidad de los indicadores, que son: valor de probabilidad (*p-value*) y coeficiente de determinación (R^2).

Resultados y discusión

Modelos de predicción para el ahorro de recursos

Tabla 1. Análisis de varianza del consumo de agua y energía eléctrica

Fuente de variación	CCA		CIDCA		CCE		CIDCE	
	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos
SC	108840.02	190280.50	4.74	5.92	148473460.48	67420980.20	3483.90	7109.49
gl	2.00	33.00	2.00	33.00	2.00	33.00	2.00	33.00
CM	54420.01	5766.08	2.37	0.18	74236730.24	2043060.01	1741.95	215.44
P-value	5.74E-04		6.16E-05		4.57E-09		1.39E-03	

Nota. SC: suma de cuadrados; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio, *p-value*: valor de probabilidad.



Los registros de CA y IDCA presentan una diferencia interanual significativa con un 95 % de confianza. Ambos indicadores mantienen el p -value por debajo del 0.05, $5.74\text{E-}04$ y $6.16\text{E-}05$, respectivamente (véase la Tabla 1). Esta condición en la varianza sugiere que los indicadores para el ahorro del agua varían considerablemente en los años de estudio y no hay un comportamiento de consumo constante. Según el p -value aplicado a los modelos de predicción, CCA (0.56) supera el valor crítico, mientras que CIDCA ($2.07\text{E-}04$) no supera este límite, por lo que el segundo refiere una influencia significativa del número de colaboradores. Según los coeficientes de determinación, el modelo CCA explica muy poco de la variación de los datos, mientras que el CIDCA tiene una capacidad explicativa moderada ($R^2 = 33.67\%$) (véanse Figuras 1 y 2). Los datos del ANOVA y el análisis de regresión proponen que el número de colaboradores no es un factor significativo para el comportamiento en el consumo de agua, ya que tiene un efecto moderado en el indicador de consumo per cápita.

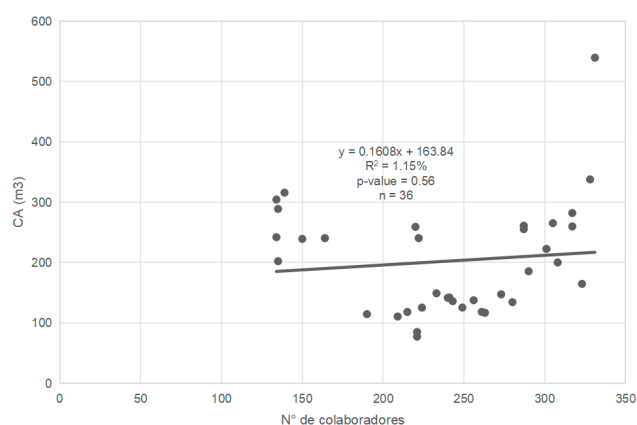


Figura 1. Relación entre el número de colaboradores y el consumo de agua (CCA)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (x) y el consumo de agua (y) de 2022 a 2024 ($n = 36$). El modelo de predicción ($y = 0.1608x + 163.84$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 1.15\%$) bajo y un p -value no significativo ($p = 0.56 > 0.05$).

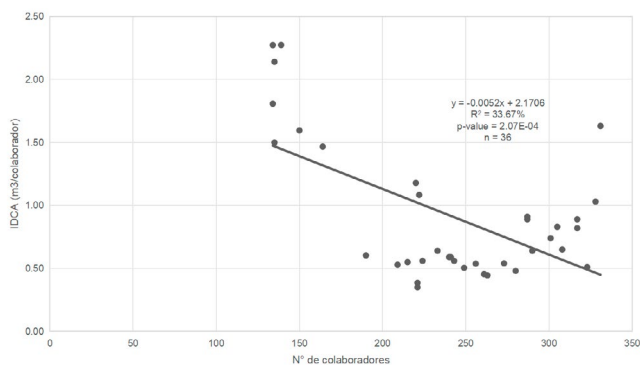


Figura 2. Relación entre el número de colaboradores y el indicador de consumo de agua per cápita (CIDCA)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (x) y el indicador de consumo de agua per cápita (y) de 2022 a 2024 ($n = 36$). El modelo de predicción ($y = -0.0052x + 2.1706$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 33.67\%$) moderado y un p -value significativo ($p = 2.07\text{E-}04 < 0.05$).

De acuerdo con el análisis de varianza, CE e IDCE han registrado diferencias significativas con p -value inferiores al margen de error, $4.57\text{E-}09$ y $1.39\text{E-}03$, respectivamente, que refieren registros discontinuos en los tres años de estudio (véase la Tabla 1). Los dos modelos CCE (p -value = $3.11\text{E-}06$) y CIDCE (p -value = $1.80\text{E-}09$) indican que tienen una fuerte significancia para representar la variabilidad de los indicadores dependientes del consumo de energía eléctrica. De acuerdo con el valor de R^2 , posiciona al modelo CIDCE con la mejor capacidad explicativa para la variabilidad de los datos (65.99%) (véanse las Figuras 3 y 4). En este sentido, el coeficiente de determinación establece que tanto CCE y CIDCE tienen la capacidad explicativa para determinar la variabilidad del consumo de energía eléctrica. En este sentido, el análisis de regresión lineal refiere que el número de colaboradores es un factor de influencia significativo para el comportamiento del consumo de energía eléctrica y per cápita.

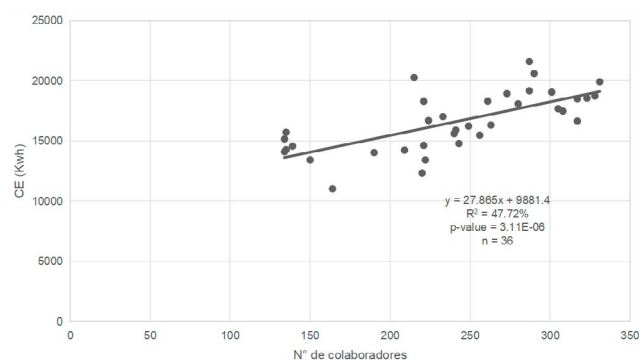


Figura 3. Relación entre el número de colaboradores y el consumo de energía (CCE)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (x) y el consumo de energía (y) de 2022 a 2024 ($n = 36$). El modelo de predicción ($y = 27.865x + 9881.4$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 47.72\%$) moderado y un p -value significativo ($p = 3.11\text{E-}06 < 0.05$).

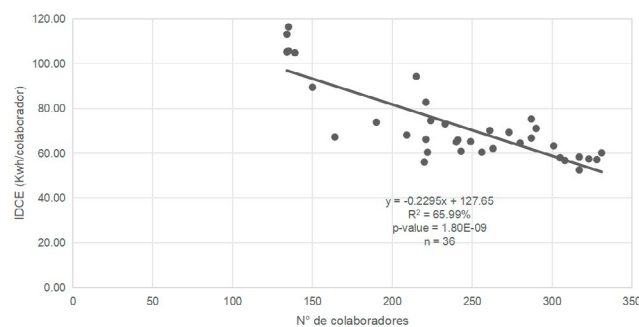


Figura 4. Relación entre el número de colaboradores y el indicador de consumo de energía per cápita (CIDCE)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (x) y el indicador de consumo de energía per cápita (y) de 2022 a 2024 ($n = 36$). El modelo de predicción ($y = -0.2295x + 127.65$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 65.99\%$) moderado y un p -value significativo ($p = 1.80\text{E-}09 < 0.05$).

Modelos de predicción para la gestión de residuos aprovechables

El análisis de varianza de los registros de la generación de residuos aprovechables de vidrio y plástico, y per

cápita, indican una varianza insignificante en el periodo 2023-2024, debido a que el *p-value* es elevado respecto al margen de error (véase la Tabla 2). Esta condición compartida sugiere un registro constante para los indicadores en estudio. En efecto, la evaluación de probabilidad (*p-value*) de los cuatro modelos señalan que no son significativos para representar la variabilidad de los indicadores, ya que no superan los valores críticos (RAV = 0.22, RAVC = 0.20, RAP = 0.066 y RAPC = 0.13) (véanse las Figuras 5, 6, 7 y 8). Además, el coeficiente de correlación describe relaciones débiles, lo que revela que las variables se mueven juntas en espacios limitados de la recta de la ecuación. Por tanto, al tener registros constantes, no se pueden establecer modelos de predicción significativos que validen la influencia del número de trabajadores en los indicadores de gestión de los residuos sólidos.

Tabla 2. Análisis de varianza de la generación de residuos aprovechables: vidrio y plástico

Fuente de variación	RAV		RAVC		RAP		RAPC	
	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos	Entre grupos	Dentro de los grupos
SC	4.59	32.06	7.52E-05	5.24E-04	901.60	6925.94	7.86E-03	0.08
df	1.00	22.00	1.00	22.00	1.00	22.00	1.00	22.00
CM	4.59	1.46	7.52E-05	2.38E-05	901.60	314.82	7.86E-03	3.70E-03
P-value	0.09		8.97E-02		0.10		0.16	

Nota. SC: suma de cuadrados; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio; *p-value*: valor de probabilidad.

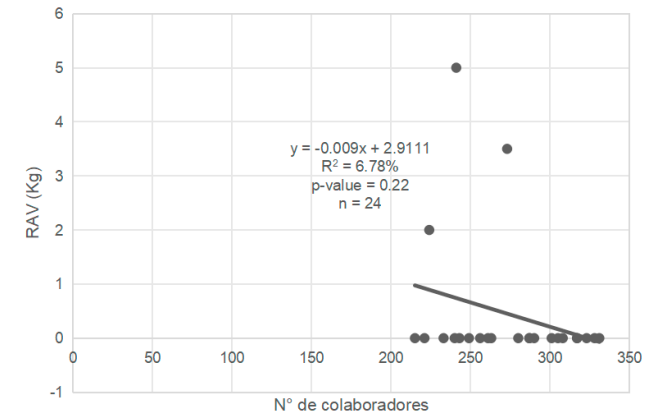


Figura 5. Relación entre el número de colaboradores y la generación de residuos aprovechables de vidrio (RAV)

Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (*x*) y la generación de residuos aprovechables de vidrio (*y*) de 2023 a 2024 (*n* = 24). El modelo de predicción ($y = -0.009x + 2.91$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 6.78\%$) bajo y un *p-value* no significativo ($p = 0.22 > 0.05$).

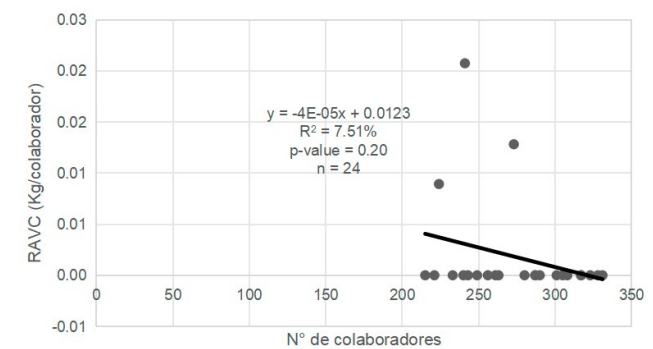


Figura 6. Relación entre el número de colaboradores y la generación de residuos aprovechables de vidrio per cápita (RAVC)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (*x*) y la generación de residuos aprovechables de vidrio per cápita (*y*) de 2023 a 2024 (*n* = 24). El modelo de predicción ($y = -4E-05x + 0.0123$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 7.51\%$) bajo y un *p-value* no significativo ($p = 0.20 > 0.05$).

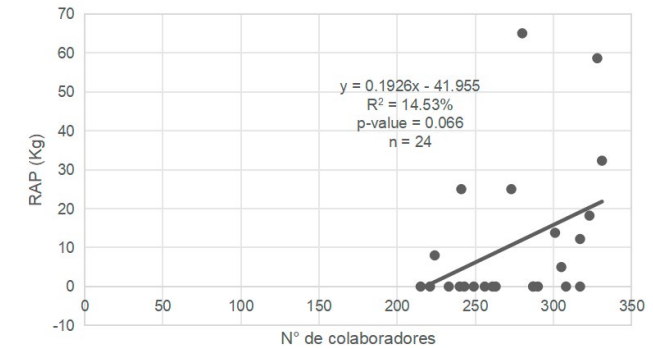


Figura 7. Relación entre el número de colaboradores y la generación de residuos aprovechables de plástico (RAP)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (*x*) y la generación de residuos aprovechables de plástico (*y*) de 2023 a 2024 (*n* = 24). El modelo de predicción ($y = 0.1926x - 41.955$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 14.53\%$) bajo y un *p-value* no significativo ($p = 0.066 > 0.05$).

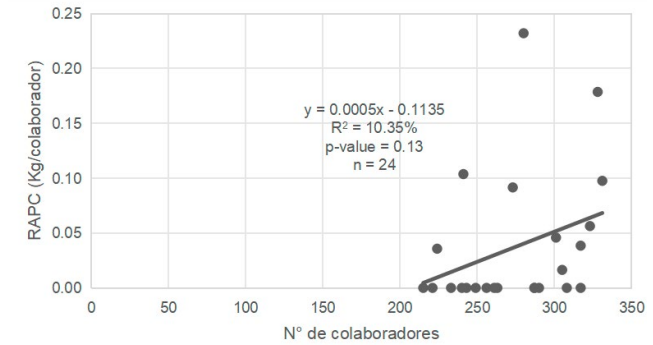


Figura 8. Relación entre el número de colaboradores y la generación de residuos aprovechables de plástico per cápita (RAPC)

Nota. Representación de la regresión lineal entre el número de colaboradores (*x*) y la generación de residuos aprovechables de plástico per cápita (*y*) de 2023 a 2024 (*n* = 24). El modelo de predicción ($y = 0.0005x - 0.1135$) presenta un coeficiente de determinación ($R^2 = 10.35\%$) bajo y un *p-value* no significativo ($p = 0.13 > 0.05$).

Discusiones

En este estudio se identifica la significancia de las relaciones del número de colaboradores con los indicadores de consumo y per cápita, en ahorro de agua y energía eléctrica, ya que permite la observación de



patrones de consumo. Primero, se establecieron las relaciones entre el número de colaboradores y el consumo total de agua (CCA) y per cápita (CIDCA). En el CCA no es significativa para el estudio, mientras que el CIDCA refiere una correlación negativa moderada. Esto refiere que el número de colaboradores tiene influencia en el consumo individual del recurso hídrico de la organización. En el caso de los indicadores de ahorro de energía eléctrica, ambos modelos mostraron relaciones significativas de moderadas a fuertes, lo cual señala la influencia del número de colaboradores en el consumo energético global e individual de Agrobanco.

La capacidad de representación de la varianza de los modelos refieren que, al incrementar el número de colaboradores, el registro del consumo per cápita de los recursos en estudio disminuye. Esto se puede vincular a las economías de escala o a la potencia de la eficiencia operativa en instalaciones con cantidades mayores de personal. En el caso de Agrobanco es el crecimiento sostenido en el periodo de estudio. Además, el coeficiente de determinación de estos modelos indica que una proporción considerable de la variación en las variables dependientes se pueden explicar por el número de colaboradores.

En el marco de este estudio, el número de colaboradores, indicador establecido en la *Guía de ecoeficiencia* del Minam, tiene influencia moderada en el comportamiento de los indicadores de ahorro per cápita. Sin embargo, es importante que como oportunidades de mejora se considere el seguimiento de otras variables, como la calidad del agua, las tarifas aplicadas y las condiciones climáticas, con el fin de identificar el efecto del cambio de conductas de consumo y la implementación del programa de trabajo con mayor precisión, de modo que se consideren factores adicionales que le brinden realismo a los modelos de predicción (Arellano y Peña, 2020; Visser *et al.*, 2021). Además, para el consumo eficiente de la energía eléctrica, otro factor influyente es la demanda energética de los equipos. En conjunto con el desarrollo del plan de trabajo, es importante considerar la ejecución de auditorías energéticas, para así establecer oportunidades y limitar los factores del comportamiento a intervenir, en capacidad y motivación (Hafez *et al.*, 2023; Kurniawan Saputra *et al.*, 2022; Velepucha *et al.*, 2024; West y Michie, 2023; Zhang *et al.*, 2022).

Otro aspecto es el contexto en el análisis de regresión del número de colaboradores y los indicadores de los residuos aprovechables generados (vidrio y plástico) y per cápita, ya que no fueron significativos para identificar algún patrón de comportamiento. Los valores en el estadístico T debajo de los valores críticos y los coeficientes de determinación inferiores al 20 % son evidencia estadística de que no hay una relación lineal clara entre estos indicadores. Estos datos refieren a que la generación de los residuos aprovechables probablemente tiene otros

factores influyentes, que pueden ser las políticas internas de reciclaje, hábitos de consumo, procesos de producción, etc.

De acuerdo con el programa de trabajo para la gestión de los residuos sólidos, en su primer año de ejecución se llevó a cabo la introducción de estos instrumentos de administración (Agrobanco, 2023). En este sentido, los datos recolectados por la institución sobre los residuos aprovechables de 2023 corresponden a esta fase inicial. Por lo tanto, para establecer modelos de predicción significativos para estos indicadores se debe aumentar la muestra de estudio. Ahora bien, puesto que la línea de gestión integral de los residuos sólidos está condicionada por las prácticas de segregación de los residuos, los programas de trabajo de las municipalidades y la inversión destinada para alcanzar la reducción de la generación de los residuos sólidos, se pueden identificar otras variables vinculadas con los modelos de predicción (Arias, 2023).

Las estrategias orientadas al comportamiento humano, enfocadas en la capacitación, evaluación de desempeño y recompensas, son instrumentos innovadores que otros sectores económicos ya aplican y que evidencian la relación entre el desempeño ambiental organizacional con la participación de los empleados (Amjad *et al.*, 2021). En este sentido, la mejora continua de las métricas de evaluación de la ecoeficiencia institucional sienta las bases para la inclusión de otros instrumentos ambientales (Dai *et al.*, 2021; Mikhno *et al.*, 2021; Prasetyo y Kistanti, 2020). De ese modo, la eficacia de la gestión depende de la educación ambiental de las partes interesadas, lo que refleja su importancia para la formulación y el cumplimiento de la normativa, así como para la promoción de buenas prácticas de consumo y gestión de residuos sólidos (Serge Kubanza y Danny Simatele, 2019).

En el marco de la integración de la ecoeficiencia en el sistema de gestión de Agrobanco, el contraste de la inversión entre el primer y segundo año refleja el desempeño del plan de trabajo, con tendencia a la disminución, por lo que se cumple así con el principio de ahorro de la ecoeficiencia, sin afectar las operaciones del banco. Cabe precisar que los programas de trabajo de infraestructura y mantenimiento aseguran el mejor rendimiento de la gestión ambiental implementada a través de la ecoeficiencia. No obstante, es importante precisar el seguimiento del programa de gestión de los residuos sólidos, a fin de proporcionar más datos que permitan establecer modelos de predicción significativos.

Por un lado, es importante precisar que el número de colaboradores tiene una influencia significativa en el consumo de agua y energía eléctrica en sus valores per cápita, donde se observan relaciones fuertes. Estos modelos sugieren el uso eficiente de los recursos en escenarios de crecimiento. A su vez, el consumo total de energía eléctrica también cuenta con una relación significativa con el número de colaboradores, aunque más

débil, el cual se puede asociar al uso de equipos eléctricos y electrónicos compartidos en instalaciones más grandes. Por último, no se ha detectado evidencia que relacione la cantidad de colaboradores con la generación de residuos aprovechables (vidrio y plástico), tanto en los indicadores totales como per cápita, para lo cual se sugiere abarcar más datos o, en dado caso, considerar otros factores influyentes en el comportamiento de la generación de residuos sólidos.

En síntesis, los modelos de predicción, obtenidos a través de los indicadores de seguimiento de la ecoeficiencia de Agrobanco orientados al ahorro del agua y energía eléctrica, per cápita, son herramientas que se pueden emplear para establecer estrategias de gestión de los recursos en función de la cantidad de personal, y cuentan con capacidades de determinación moderadas (CIDCA:

33.67 %, CCE: 47.72 % y CIDCE: 65.99 %). Estos modelos son un complemento a los indicadores preestablecidos por el Minam, que permiten la evaluación de escenarios frente al crecimiento institucional.

Contribución de autoría

LM se encargó de la metodología y redacción del manuscrito. JZ realizó la revisión del manuscrito.

Conflictos de interés

El presente estudio no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Agradecemos a las ingenieras Ysabel Montalvo y Carla Rivera por brindarnos el apoyo para esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Abubakar, I. R., Maniruzaman, K. M., Dano, U. L., Al Shihri, F. S., Al Shammari, M. S., Ahmed, S. M., Ghanem Al-Gehlani, W. A. y Alrawaf, T. I. (2022). «Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global south». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12717. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Acuña Rodríguez, R. (2022). «Gestión pública y financiera para el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles: estudio de caso de la Municipalidad de Heredia, Costa Rica». *Revista Científica Administrar lo Público*, 1(1). Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ralp/article/download/232/1181/4646?inline=1>
- Agrobanco. (2023). Ecoeficiencia. Agrobanco. Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/nosotros/ecoefficiencia/>
- Agrobanco. (2024). Portal de Transparencia estándar. Banco Agropecuario. Disponible en: https://www.transparencia.gob.pe/enlaces/pte_transparencia_enlaces.aspx?id_entidad=12998#.WWpxrNPYtTY
- Aldás, J. y Uriel, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*. (2.ª ed.). Paraninfo. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/An%C3%A1lisis_multivariante_aplicado_con_R_2/FyE3DwAAQBAJ?gbpv=1
- Amjad, F., Abbas, W., Zia-ur-Rehman, M., Ahmad Baig, S., Hashim, M., Khan, A. y Rehman, H.-u. (2021). «Effect of green human resource management practices on organizational sustainability: the mediating role of environmental and employee performance». *Environmental Science and Pollution Research*, 28, pp. 28191-28206. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11307-9>
- Arellano, A. y Peña, D. (2020). «Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable». *Revista Digital Novasineria*, 3(1). Disponible en: <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.03>
- Arias, J. N. (2023). *Propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje para el distrito de San Isidro*. [Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Federico Villarreal]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6955>
- Benites Aspiazu, E. L., Franco Cedeño, E. M., Sumba Nacipucha, N. A. y Cueva Estrada, J. M. (2025). «Preferencias de consumo y hábitos saludables: un estudio sobre consumidores de bienestar activo». *Revista de Ciencias Sociales y Económicas*, 9(2), pp. 126-141. Disponible en: <https://doi.org/10.18779/csye.v9i2.1096>
- Cano, J. (2023). *Estudio de caso sobre la contribución a la adaptación y a la resiliencia climática del programa Ecoeficiencia Operacional de Isa Intercolombia en las Subestaciones Sogamoso, La Cira Infanta y Comuneros en Santander, Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Externado de Colombia]. Disponible en: <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/24777>
- Chimayco, J., Molina, L. y Díaz, J. (2023). *Propuesta de optimización del Instrumento de Gestión Ambiental de Acuerdos de Producción Limpia en el Perú*. «Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas». Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668851>
- Church, E. K., Wilson, K. A. y Dean, A. J. (2023). «Broadening our understanding of what drives stewardship engagement: Relationships between social capital and willingness to engage in nature stewardship». *Journal of Environmental Management*, 342, 118128. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118128>
- Dai, J., Xie, L. y Chu, Z. (2021). «Developing sustainable supply chain management: The interplay of institutional pressures and sustainability capabilities». *Sustainable Production and Consumption*, 28(1), pp. 254-268. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.017>
- Fang, X., Khalaf, O. I., Guanglei, W., Espinosa, J. F. y Almasabi, S. (2024). «Exploring impact of green finance and natural resources on eco-efficiency: case of China». *Scientific Reports*, 14(1), 20153. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70993-4>
- Firdausa, R. R. y Ardiani, Y. M. (2024). «Comparative studies of water conservation application in office buildings in Indonesia and around the world». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012102>
- George, A., Huang, J., Nie, H. y Xie, T. (2025). «Can sustainability-linked lending reconcile environmental and financial motives?». *International Review of Financial Analysis*, 104(PB). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104317>
- Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifay, M., Seyedmahmoudian, M., Stojcevski, A., Horan, B. y Mekhilef, S. (2023). «Energy efficiency in sustainable buildings: A systematic review with taxonomy, challenges, motivations, methodological aspects, recommendations, and pathways for future research». *Energy Strategy Reviews*, 45, 101013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>
- Hosta, M. y Zabkar, V. (2021). «Antecedents of environmentally and socially responsible sustainable consumer behavior». *Journal of Business Ethics*, 171, pp. 273-293. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04416-0>
- Iniciativa Financiera del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP FI). (2021). *United Nations Environment Programme Finance Initiative: Latin America & Caribbean*. Disponible en: <https://www.unepfi.org/regions/latin-america-caribbean/>
- Kurniawan Saputra, K. A., Subroto, B., Rahman, A. F. y Saraswati, E. (2022). «Eco-efficiency and energy audit to improve environmental performance: An empirical study of hotels in Bali-Indonesia». *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), pp. 175-182. Disponible en: <https://doi.org/10.32479/ijeep.13565>
- Mikhno, I., Koval, V., Shvets, H., Garmatiuk, O. y Tamošiūnienė, R. (2021). «Green economy in sustainable development and improvement of resource efficiency». *Central European Business Review*, 10(1), pp. 99-113. Disponible en: <https://doi.org/10.18267/j.cebr.252>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (17 de mayo de 2009). Decreto Supremo N.º 009-2009-MINAM. Medidas de ecoeficiencia para el sector público. Disponible en: <https://www.MINAM.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-009-2009-MINAM/>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2017). *Ecoeficiencia en instituciones públicas*. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/informes-publicaciones/275260-ecoefficiencia-en-instituciones-publicas>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2019). *Guía de ecoeficiencia para instituciones del sector público 2016*. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/informes-publicaciones/305975-guia-de-ecoefficiencia-para-instituciones-del-secto-publico-2016>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2021) Decreto Supremo N.º 016-2021-MINAM. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/normas-legales/2035441-016-2021-MINAM>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2023a). *Informe anual de ecoeficiencia 2022*. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/informes-publicaciones/4915223-informe-anual-de-ecoefficiencia-2022>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2023b). Premio Nacional Ambiental - Antonio Brack Egg. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/campa%C3%B1as/214-premio-nacional-ambiental-antonio-brack-egg>

- Ministerio del Ambiente (Minam). (2024).** «Ministerio del Ambiente premia a entidades públicas y privadas que implementan medidas de gestión de RAEE y de ecoeficiencia». Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/MINAM/noticias/899014-ministerio-del-ambiente-premia-a-entidades-publicas-y-privadas-que-implementan-medidas-de-gestion-de-raee-y-de-ecoeficiencia>
- Montoya, E. K. y Saenz, K. A. (2024).** *La ecoeficiencia empresarial y su relación con los aspectos de la rentabilidad en los restaurantes representativos, en la ciudad de Trujillo, año 2021*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/38718>
- Moreira, M. M. y Mendes, L. C. (2021).** «Relação entre produção de resíduos sólidos urbanos e crescimento populacional na região norte». *Revista AIDIS*, 14(3), pp. 1383-1396. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.3.75886>
- Naveed, M. J. y Rasheed, A. (2025).** «Challenges, opportunities and future direction of foreign finance, market indexing, eco-efficiency impact on economic development and sustainable development goals, evidence developed and emerging countries». *Sustainable Futures*, 10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100834>
- Ogutu, F. A., Kimata, D. M. y Kweyu, R. M. (2020).** «Partnerships for sustainable cities as options for improving solid waste management in Nairobi city». *Waste Management & Research*, 39(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0734242X20967735>
- Ouyang, X., Yao, X. y Fan, R. (2025).** «Assessing the impact of government environmental attention on corporate ESG performance: Empirical insights from A-share listed firms in China». *International Review of Financial Analysis*, 103. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104164>
- Padilla, K. P., Agámez, J. y Beltrán, S. J. (2024).** *Evaluación de modelos de predicción de la demanda de exportación de café verde en Colombia: un enfoque desde la inteligencia de negocios y cadenas de suministro*. [Tesis de maestría, Universidad EAN]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/13649>
- Prasetyo, P. E. y Kistanti, N. R. (2020).** «Human capital, institutional economics and entrepreneurship as a driver for quality & sustainable economic growth». *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), pp. 2574-2589. Disponible en: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(1\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(1))
- Scarpellini, S., Marin-Vinuesa, L., Aranda-Usón, A. y Portillo-Tarragona, P. (2020).** «Dynamic capabilities and environmental accounting for the circular economy in businesses». *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 11(7), 1129-1158. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-04-2019-0150>
- Serge Kubanza, N. y Danny Simatele, M. (2019).** «Sustainable solid waste management in developing countries: a study of institutional strengthening for solid waste management in Johannesburg, South Africa». *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(2), pp. 175-188. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1576510>
- Siddique, I. (2024).** «Sustainable water management in urban environments». *Chemistry Research Journal*, 7(4), pp. 95-101. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4885908>
- Velepucha, J. M., Zambrano, J. W., Hidrovo, D. B. y Zevallos, J. G. (2024).** «Estudio de la eficiencia energética en edificios de un campus universitario en la ciudad de Portoviejo». *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 8(1), pp. 1360-1370. Disponible en: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.1360-1370>
- Visser, M., Booysen, M. J., Brühl, J. M. y Berger, K. J. (2021).** «Saving water at Cape Town schools by using smart metering and behavioral change». *Water Resources and Economics*, 34. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100175>
- West, R. y Michie, S. (2023).** «Why are there different versions of the COM-B model diagram?». *UCL Discovery*. Disponible en: <https://doi.org/10.32388/awanwg>
- Zhang, J., Yan, Z., Bi, W., Ni, P., Lei, F., Yao, S. y Lang, J. (2022).** «Prediction and scenario simulation of the carbon emissions of public buildings in the operation stage based on an energy audit in Xi'an, China». *Energy Policy*, 173, 113396. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113396>

