

## Indicadores de gobernanza y su relación con el desarrollo verde en Perú

Karina Milagros Ordoñez Ruiz<sup>1\*</sup>, Frank Jhoan Muñoz Delgado<sup>1</sup>, Merlyn Novoa Sanchez<sup>1</sup>,  
Edwin Nehemías Altamirano Cerna<sup>1</sup>, Luis Alberto Ordóñez Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

\*Autor para correspondencia: Karina Milagros Ordoñez Ruiz, kmordonesr@unsm.edu.pe

(Recibido: 21-08-2023. Publicado: 29-08-2023.)

DOI: 10.59427/rcli/2023/v23cs.1677-1684

### Resumen

La investigación tiene como objetivo, explorar los indicadores de gobernanza en relación con el desarrollo verde en Perú. Se emplearon indicadores de gobernanza del Banco mundial, optando específicamente a tres de ellos, Efectividad Gubernamental (EG), Calidad Regulatoria (CR) y Control de corrupción (CC); por otro lado, en cuanto al desarrollo verde, los indicadores fueron, Emisiones de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>), Mortalidad por PM<sub>2,5</sub> (PM<sub>2,5</sub>) y número de Certificaciones ISO 14001 (ISO14001). Los resultados mostraron que existe relación entre la CR y la ISO14001 con un coeficiente de Pearson de 0.79, la EG y el CO<sub>2</sub> de 0.69, EG y PM<sub>2.5</sub> de 0.75 y por último el CC con el CO<sub>2</sub> y PM<sub>2.5</sub> de - 0.60 y - 0.63 respectivamente. Se concluye que la disminución del CC genera un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la mortalidad por PM<sub>2,5</sub>, además, la CR y la EG han demostrado que establecer compromisos mejora la gestión ambiental con la adopción de sistemas de gestión de buena trascendencia como es la ISO 14001.

**Palabras claves:** ISO 14001, emisiones de CO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>.

### Abstract

The objective of the research is to explore the governance indicators in relation to green development in Peru. Governance indicators from the World Bank were used, specifically opting for three of them, Government Effectiveness (EG), Regulatory Quality (CR) and Corruption Control (CC); On the other hand, regarding green development, the indicators were CO<sub>2</sub> emissions (CO<sub>2</sub>), Mortality from PM<sub>2,5</sub> (PM<sub>2,5</sub>) and number of ISO 14001 Certifications (ISO14001). The results showed that there is a relationship between CR and ISO14001 with a Pearson coefficient of 0.79, EG and CO<sub>2</sub> of 0.69, EG and PM<sub>2.5</sub> of 0.75 and finally CC with CO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> of -0.60 and - 0.63 respectively. It is concluded that the reduction of CC generates an increase in CO<sub>2</sub> emissions and PM<sub>2,5</sub> mortality, in addition, the CR and the EG have shown that establishing commitments improves environmental management with the adoption of management systems of good importance such as is ISO 14001.

**Keywords:** ISO 14001, CO<sub>2</sub> emissions, PM<sub>2,5</sub>.

## 1. Introducción

Los inconvenientes climáticos no se limitan a una territorio, región o país en específico, sino más bien a todas o varias áreas de nuestro globo terráqueo; los aspectos políticos, económicos, culturales, sociales e intelectuales de la vida humana, son relevantes y susceptibles a los cambios ambientales (Peisker, 2023). La crisis climática se observa en países desarrollados como en vías de desarrollo (Frumkin, 2022). Así, el caos político y social y la gobernanza inadecuada derivada de la severa desigualdad convirtiéndose en desafíos a superar (Wang et al., 2018). Es importante prestar atención a los problemas ambientales, ya que nuestro entorno en el cual nos desarrollamos se deteriora con el tiempo (Hunjra et al., 2023), debido a los grandes cambios climáticos que afectan nuestro hábitat (Nursey-Bray, 2023). Como consecuencia de tales cambios ambientales, la sociedad esta propensa y vulnerable a los peligros socioambientales que producen impactos significativos en las personas. (Durán-Romero et al., 2020). El término “buena gobernanza”, el Banco Mundial (BM) lo empleó por primera vez en 1989 (Murthy, 2022). Desde aquel momento, se han desarrollado una variedad de indicadores para medir la gobernabilidad (Halla et al., 2022), incluidos los indicadores de Gobernanza Mundial (WGI), que consideran seis aspectos de la gobernabilidad de un país (Alsaleh et al., 2021). Las seis dimensiones de la gobernanza son la calidad regulatoria, el estado de derecho, la voz y la rendición de cuentas, la lucha contra la corrupción, la estabilidad política y la eficiencia del gobierno (Huang y Ho, 2017).

La certificación ISO 14001, que comenzó en 1996 (actualizada en 2004 y 2015) (Omri y Hadj, 2020), se ha convertido en el sistema de gestión ambiental más utilizado en todo el mundo (Johnstone & Hallberg, 2020). Huang y Ho (2017) informaron que las empresas acreditadas con ISO 14001 podrían reducir las emisiones nocivas. En los hallazgos de su investigación, Zhou et al. (2023) mostraron que la implementación de los SGA se asocia positivamente con el desempeño ambiental. Esta investigación combina el concepto de gestión verde y desarrollo. Qamruzzaman (2023) muestra que la estructura del estado es la fuente de la degradación ambiental en algunos países (desarrollados y en vías de desarrollo). Niu et al. (2022) recalcan la importancia de la gestión para la sostenibilidad ambiental y el uso óptimo de los recursos sostenibles. Ahmad et al. (2023) sostiene que la globalización, la democracia y la estructura de gobierno son prerrequisitos potenciales para la sostenibilidad ambiental. Los aspectos de gobernanza también pueden allanar el camino para la protección y preservación del medio ambiente (Bhattarai y Hammig, 2001). Los gobiernos son vistos como actores clave en la implementación y el logro de los objetivos ambientales a nivel regional e internacional (Newig et al., 2023).

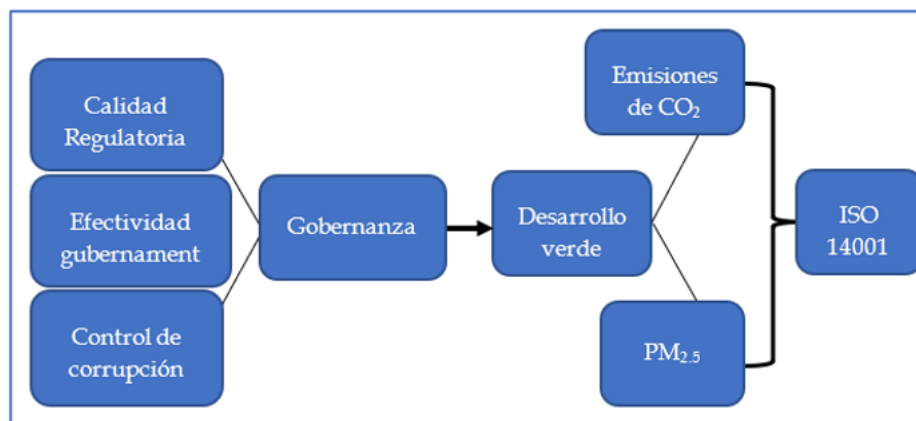
Los problemas de gobernabilidad de Perú son extremos y preocupantes (Salmoral et al., 2020). El Informe mundial de gobernanza de 2020, calificó al Perú como un país que se encuentra bajo la media central, entre los países de América latina y el Caribe, en las seis dimensiones de gobernanza, nuestro país logró alcanzar el percentil 22 en 2011, luego de la crisis política en 2013 (Durán & Stephen, 2020). Posteriormente al cambio político en 2016, se observaron mejoras en el sistema de gobernanza y, para el año 2020, Perú subió al percentil 39 («Reporte de inflación», 2021). Pantigoso (2021) considera a la corrupción como causa importante de la mala gobernanza en Perú, que no solo dañó la economía, sino que también socava el desarrollo de proyectos en varias industrias.

## 2. Metodología

El estudio examina la relación entre la gobernanza y su relación con el desarrollo verde en el Perú. Para ello, se tomó como variable independiente a la gobernabilidad y al desarrollo verde como variable dependiente. Para medir la gobernabilidad se utilizaron tres indicadores de gobernabilidad, siendo estos, la Calidad regulatoria (CR), el Control de corrupción (CC) y la Efectividad Gubernamental (EG), estas dimensiones cubren parcialmente los dominios de la gobernanza y los valores de estimación en la escala van de 2,5 a -2,5. Un alto puntaje para un indicador de gobernabilidad, sugiere que ésta es sólida en esa área en particular (Ofori et al., 2023). El desarrollo verde se midió por emisiones de CO<sub>2</sub> (emisiones basadas en la producción), la mortalidad por exposición a PM<sub>2,5</sub> ambiental (por 1, 000 000 habitantes) y número de certificaciones ISO 14001 en el período del 2001 al 2019. Los datos se recopilaron de OECD Stats (2023), WGI (2023) e ISO (2023). Como se puede observar en la tabla 1 y figura 1.

**Tabla 1:** Datos de los indicadores de gobernanza y el desarrollo verde en Perú por año.

	GOBERNANZA			DESARROLLO VERDE		
	EG	CR	CC	ISO 14001 (CERTIFICADOS)	CO2 (Tn)	PM 2.5 (Mortalidad por 1 000 000 hab.)
2001	-0.184	0.331	-0.404	15	0.9	191.55
2002	-0.391	-0.040	-0.306	25	0.93	191.13
2003	-0.587	0.114	-0.155	31	0.9	194.79
2004	-0.653	0.204	-0.430	41	1.03	191.95
2005	-0.702	0.007	-0.367	78	1.02	192.14
2006	-0.765	0.075	-0.222	83	0.99	191.65
2007	-0.633	0.238	-0.273	114	1.08	191.32
2008	-0.434	0.321	-0.207	134	1.22	200.28
2009	-0.492	0.367	-0.333	176	1.3	231.76
2010	-0.240	0.393	-0.254	401	1.42	246.56
2011	-0.207	0.405	-0.244	248	1.52	251.97
2012	-0.188	0.437	-0.404	295	1.48	257.23
2013	-0.151	0.406	-0.461	344	1.5	261.85
2014	-0.327	0.474	-0.600	353	1.59	259.58
2015	-0.337	0.453	-0.581	406	1.61	258.76
2016	-0.227	0.478	-0.407	427	1.68	260.66
2017	-0.176	0.363	-0.540	499	1.57	263.54
2018	-0.298	0.453	-0.576	465	1.55	268.13
2019	-0.097	0.532	-0.489	644	1.59	274.25

**Figura 1:** Modelo conceptual.

Las variables, procedimientos de medición y fuentes de datos se muestran en la Tabla 2. El tipo de investigación es descriptiva y de nivel relacional, ya que se desea encontrar una conexión entre las variables (Sampieri et al., 2018), por medio del criterio “high is better” y “lower is better”, y calculando el coeficiente de Pearson entre las variables.

**Tabla 2:** Descripción de las variables, medida y base de datos.

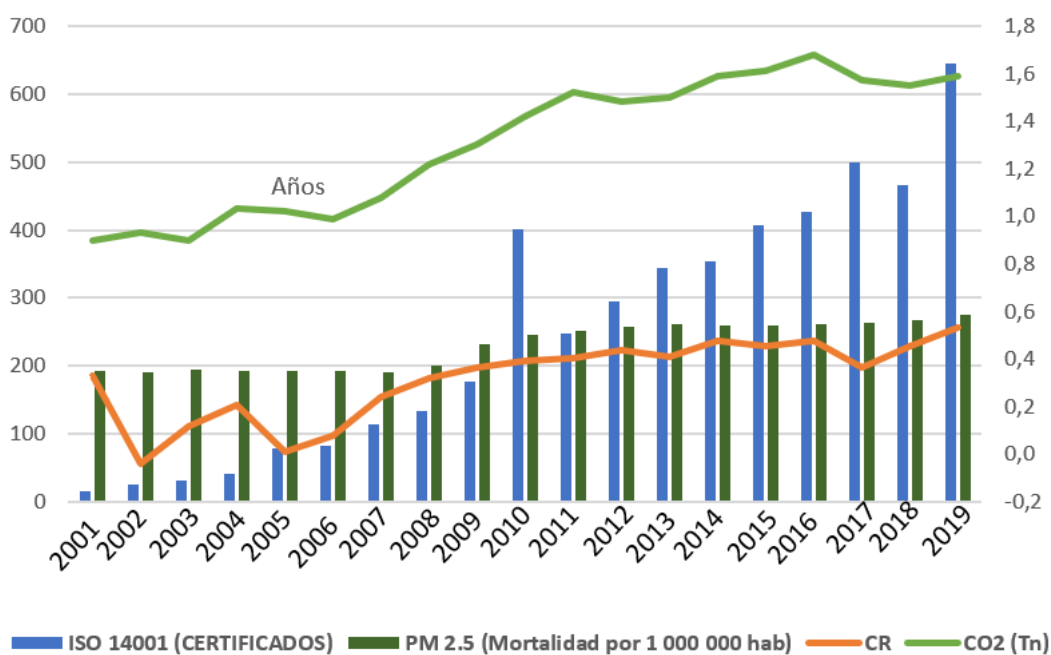
Variabes (Código)	Descripción de las variables	Medida	Base de datos
CR	Calidad regulatoria	Calidad regulatoria estimado	WGI
EG	Efectividad gubernamental	Efectividad gubernamental estimado	WGI
CC	Control de corrupción	Control de corrupción estimado	WGI
CO2	Emisiones de Dióxido de Carbono	CO2 Basado en intensidad de producción, energy-related CO2 per capita (toneladas)	OECD
PM <sub>2,5</sub>	Material particulado 2.5	Mortalidad por exposición a PM2.5 (Per 1 000 000 habitantes)	OECD
ISO 14001	International standard organization 14001	Certificaciones ISO 14001	ISO

### 3. Resultados y discusión

La CR (calidad regulatoria) cayó notablemente en el año 2001, manteniendo altos y bajos hasta el 2008, mientras que el PM<sub>2,5</sub> presentaba un aumento hasta el mismo año, desde este punto hasta el 2019, el PM<sub>2,5</sub> no presenta en este periodo subidas y muestra una lenta disminución, en cuanto al análisis mediante Pearson nos da un índice de 0.85, lo que significa que existe alta correlación. La recuperación de la CR (calidad regulatoria) en 2008 muestra una influencia sobre las certificaciones ISO 14001 con coeficiente de Pearson de 0.79, expresando que existe una correlación alta entre las variables. Como se puede observar en la tabla 3 y figura 2.

**Tabla 3:** Correlación de Pearson bajo el criterio de “high is better” y “lower y better” entre variables.

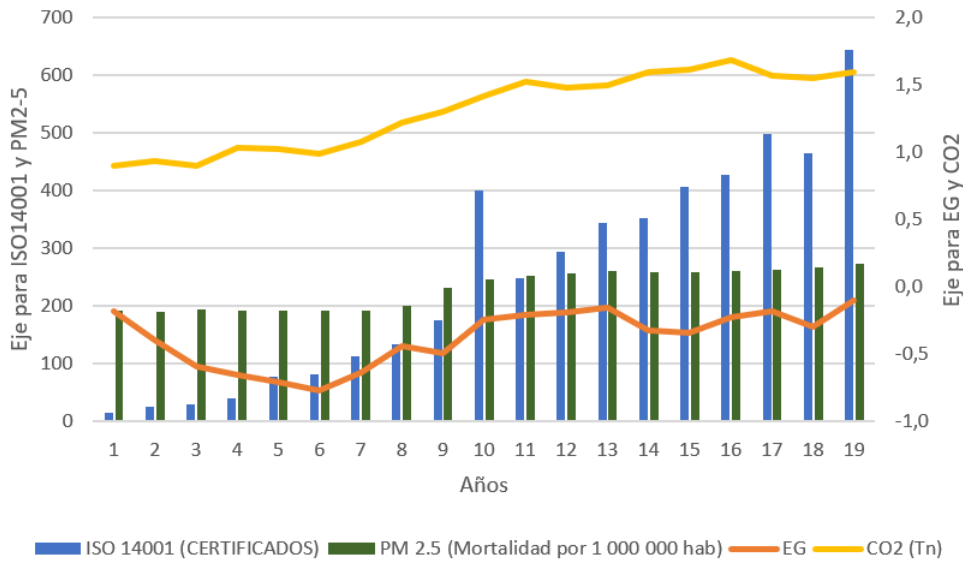
		Más es mejor ISO14001	Menos es mejor CO <sub>2</sub>	Menos es mejor PM <sub>2,5</sub>
Más es mejor	EG	0.694344549	0.688744144	0.765466531
	CR	0.793136294	0.86168025	0.850284132
	CC	-0.618906967	-0.604645027	-0.63282266



**Figura 2:** Relación entre CR, ISO 14001, CO<sub>2</sub> y PM<sub>2.2</sub> (Worldwide Governance Indicators — DataBank, s. f.).

Lončar et al. (2022) encontró que la gobernanza se relaciona con la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la mortalidad relacionada con PM<sub>2,5</sub>. La mejora del índice de gobernabilidad reduce la mortalidad de adultos (N. A. Ahmad et al., 2020). Sun et al. (2023) demostró que la calidad regulatoria ayuda a la mejora de la eficiencia energética de todos los países y existe una asociación significativa respecto al aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>.

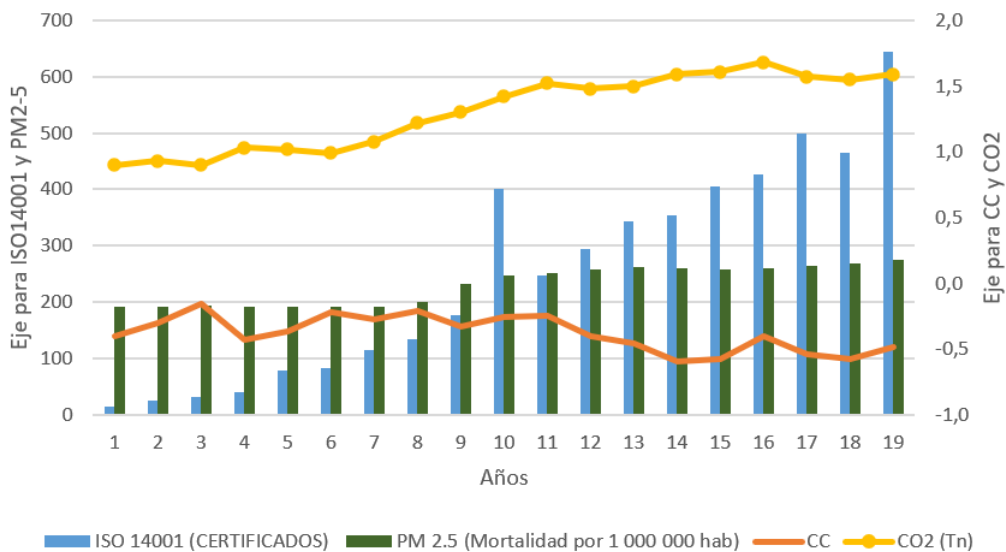
La EG (efectividad gubernamental) muestra una caída desde el 2001 hasta el 2006 año en que se recupera y comienza un aumento progresivo hasta el 2019. El CO<sub>2</sub> y PM<sub>2,5</sub> durante el periodo de estudio muestra un incremento continuo relacionados a la EG (efectividad gubernamental) con coeficiente de Pearson de 0.69 y 0.75 respectivamente, lo que indica correlación alta entre las variables. Las certificaciones ISO 14001 mantuvieron un crecimiento lento hasta 2009, a partir de este punto hasta el 2019 el crecimiento se triplica respecto al 2009 en la misma cantidad de años y muestra una correlación de Pearson de 0.69, lo que indica una alta correlación. Como se puede observar en la figura 3.



**Figura 3:** Relación entre EG, ISO 14001, CO<sub>2</sub> y PM<sub>2,5</sub> (Worldwide Governance Indicators — DataBank, s. f.).

I. K. Ofori y Figari (2022) encontraron que, de los seis (06) indicadores de gobernanza la EG (efectividad gubernamental) es el único impulsor del desarrollo verde en África. En particular, la evidencia sugiere que los mecanismos de gobernanza para la EG (efectividad gubernamental) son claves para formar sinergias relevantes respecto a la eficiencia energética para fomentar el crecimiento verde inclusivo (I. K. Ofori et al., 2022). Uddin et al. (2023) expone que para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es necesario mejorar la EG (efectividad gubernamental).

Se tiene como resultado una relación inversa entre el CC (control de corrupción), PM<sub>2,5</sub> y CO<sub>2</sub>, expresando que el CC (control de corrupción) disminuye y el PM<sub>2,5</sub> y el CO<sub>2</sub> aumentan. El año 2006 es un punto de inflexión en el cual el CC (control de corrupción) y las emisiones de PM<sub>2,5</sub> y CO<sub>2</sub> que se mantenían constantes sufrieron un cambio, aumentó el PM<sub>2,5</sub> y CO<sub>2</sub>, mientras que disminuyó el CC. El CC (control de corrupción) local se encuentra en segundo lugar en cuanto las emisiones de CO<sub>2</sub> según el modelo XAI (explainable artificial intelligence), lo que en términos de toma de decisiones políticas ambientales significa que se debe establecer sistemas anticorrupción en los distintos órganos y niveles (Stef et al., 2023). Como se puede observar en la figura 4.



**Figura 4:** Relación entre el CC, ISO 14001, CO<sub>2</sub> y PM<sub>2,5</sub> (Worldwide Governance Indicators — DataBank, s. f.).

Wang, Danish, et al. (2018) encontraron que la corrupción se relaciona positivamente con las emisiones de CO<sub>2</sub> en el panel de países BRICS, además exponen que sus hallazgos pueden ser de especial interés para los formuladores de políticas que buscan controlar la contaminación a nivel nacional (Akhbari & Nejati, 2019). Perú al ser una economía emergente presenta un aumento de emisiones PM<sub>2.5</sub> y CO<sub>2</sub>, a causa de las actividades económicas informales (Pokorny et al., 2021), Sultana et al. (2022) recomienda implementar medidas cuidadosas de control de la corrupción e iniciativas para llevar las actividades económicas informales a un marco formal para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 4. Conclusiones

La disminución del CC (control de la corrupción) genera un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la mortalidad por PM<sub>2.5</sub>. Los resultados destacaron que la corrupción muestra una correlación alta negativa sobre el CO<sub>2</sub> y PM<sub>2.5</sub>. La CR (calidad regulatoria) ayuda a la mejora de la eficiencia energética de todos los países y existe una asociación significativa respecto al aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. La CR (calidad regulatoria) y la EG (efectividad gubernamental), han demostrado que establecer compromisos mejora la gestión ambiental con la adopción de sistemas de gestión de buena trascendencia como es la ISO 14001; por consiguiente, primero, se necesita fortalecer la supervisión, lo que castigará aún más todo tipo de corrupción y fortalecerá la construcción del sistema de gobernanza, por lo tanto, las autoridades peruanas deben trabajar para fortalecer aún más los esfuerzos anticorrupción, ya que demostrado queda la estrecha relación entre la CR y la ISO14001, la EG, el CO<sub>2</sub>, EG y PM<sub>2.5</sub>.

## 5. Referencias bibliográficas

Ahmad, M., Kuldasheva, Z., Nasriddinov, F., Balbaa, M. E., & Fahlevi, M. (2023). Is achieving environmental sustainability dependent on information communication technology and globalization? Evidence from selected OECD countries. *Environmental Technology and Innovation*, 31, 103178.

Ahmad, N. A., Ismail, N. W., Sidique, S. F., & Mazlan, N. S. (2020). Air pollution effects on adult mortality rate in developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 8709-8721.

Akhbari, R., & Nejati, M. (2019). The effect of corruption on carbon emissions in developed and developing countries: empirical investigation of a claim. *Heliyon*, 5(9), e02516.

Alsaleh, M., Abdul-Rahim, A. S., & Abdulwakil, M. M. (2021). The importance of worldwide governance indicators for transitions toward sustainable bioenergy industry. *Journal of Environmental Management*, 294, 112960.

Bhattarai, M., & Hammig, M. D. (2001). Institutions and the Environmental Kuznets Curve for Deforestation: A Crosscountry Analysis for Latin America, Africa and Asia. *World Development*, 29(6), 995-1010.

Durán, M., & Stephen, S. (2020). Internationalization and the capital structure of firms in emerging markets: Evidence from Latin America before and after the financial crisis. *Research in International Business and Finance*, 54, 101288.

Durán-Romero, G., López, A. M., Beliaeva, T., Ferasso, M., Garonne, C., & Jones, P. W. (2020). Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120246.

Frumkin, H. (2022). Hope, Health, and the Climate Crisis. *The journal of climate change and health*, 5, 100115.

Halis, M., & Halis, M. (2016). Relationship between environmental management systems implementation and environmental performance: Findings from Turkish EMS certificated businesses. *International journal of organizational leadership*, 5(2), 137-150.

Halla, P., Merino-Saum, A., & Binder, C. R. (2022). How to link sustainability assessments with local governance? – Connecting indicators to institutions and controversies. *Environmental Impact Assessment Review*, 93, 106741.

Huang, C., & Ho, Y. (2017). Governance and economic growth in Asia. *The North American Journal of Economics and Finance*, 39, 260-272.

Hunjra, A. I., Hassan, M. K., Zaied, Y. B., & Managi, S. (2023). Nexus between green finance, environmental degradation, and sustainable development: Evidence from developing countries. *Resources Policy*, 81, 103371.

- Johnstone, L., & Hallberg, P. (2020). ISO 14001 adoption and environmental performance in small to medium sized enterprises. *Journal of Environmental Management*, 266, 110592.
- Lončar, D., Tyack, N. B., Krstić, V., & Paunković, J. (2022). Methods for assessing the impact of PM2.5 concentration on mortality while controlling for socio-economic factors. *Heliyon*, 8(10), e10729.
- Murthy, G. S. (2022). Policy, governance, and social aspects. En Elsevier eBooks (pp. 99-112).
- Newig, J., Jager, N. W., Challies, E., & Kochskämper, E. (2023). Does stakeholder participation improve environmental governance? Evidence from a meta-analysis of 305 case studies. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 82, 102705.
- Niu, X., Zhan, Z., Li, B., & Chen, Z. (2022). Environmental governance and cleaner energy transition: Evaluating the role of environment friendly technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102669.
- Nurse-Bray, M. (2023). Communicating climate change impacts to Australian coastal and marine communities. *Ocean & Coastal Management*, 242, 106667.
- Ofori, E. K., Onifade, S. T., Ali, E. B., Alola, A. A., & Zhang, J. (2023). Achieving carbon neutrality in post COP26 in BRICS, MINT, and G7 economies: The role of financial development and governance indicators. *Journal of Cleaner Production*, 387, 135853.
- Ofori, I. K., & Figari, F. (2022). Economic globalisation and inclusive green growth in Africa: Contingencies and policy-relevant thresholds of governance. *Sustainable Development*, 31(1), 452-482.
- Ofori, I. K., Gbolonyo, E., & Ojong, N. (2022). Towards inclusive green growth in Africa: Critical energy efficiency synergies and governance thresholds. *Journal of Cleaner Production*, 369, 132917.
- Omri, A., & Hadj, T. B. (2020). Foreign investment and air pollution: Do good governance and technological innovation matter? *Environmental Research*, 185, 109469.
- Pantigoso, A. D. (2021). impacto de la corrupcion en la inversion extranjera directa en el Peru. Analisis comparativo con China. *Tradición*, 21, 123-128.
- Peisker, J. (2023). Context matters: The drivers of environmental concern in European regions. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 79, 102636.
- Pokorny, B., Robiglio, V., Reyes, M., Vargas, R. A., & Carrera, C. (2021). The potential of agroforestry concessions to stabilize Amazonian forest frontiers: a case study on the economic and environmental robustness of informally settled small-scale cocoa farmers in Peru. *Land Use Policy*, 102, 105242.
- Qamruzzaman, M. (2023). An asymmetric nexus between clean energy, good governance, education and inward FDI in China: Do environment and technology matter? Evidence for chines provincial data. *Heliyon*, 9(5), e15612.
- Reporte de inflación. (2021). En Banco Central de Reserva del Perú. Recuperado 15 de abril de 2023,
- Salahodjaev, R. (2016). Does Intelligence Improve Environmental Sustainability? An Empirical Test. *Sustainable Development*, 24(1), 32-40.
- Salmoral, G., Zegarra, E., Vázquez-Rowe, I., González, F. R. M., Del Castillo, L., Saravia, G. R., Graves, A., Rey, D., & Knox, J. W. (2020). Water-related challenges in nexus governance for sustainable development: Insights from the city of Arequipa, Peru. *Science of The Total Environment*, 747, 141114.
- Sampieri, R. H. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. McGraw Hill Mexico.
- Sarhan, A. A., & Gerged, A. M. (2023). Do corporate anti-bribery and corruption commitments enhance environmental management performance? The moderating role of corporate social responsibility accountability and executive compensation governance. *Journal of Environmental Management*, 341, 118063.
- Stef, N., Başağaoğlu, H., Chakraborty, D., & Jabeur, S. B. (2023). Does institutional quality affect CO2 emissions? Evidence from explainable artificial intelligence models. *Energy Economics*, 106822.

Sultana, N., Rahman, M. M., Khanam, R., & Kabir, Z. (2022). Environmental quality and its nexus with informal economy, corruption control, energy use, and socioeconomic aspects: the perspective of emerging economies. *Heliyon*, 8(6), e09569.

Sun, Y., Gao, P., Raza, S. A., & Khan, K. A. (2023). The nonparametric causal effect of sustainable governance structure on energy efficiency and ecological footprint: A pathway to sustainable development. *Gondwana Research*, 121, 383-403.

Tamazian, A., & Rao, B. D. (2010). Do economic, financial and institutional developments matter for environmental degradation? Evidence from transitional economies. *Energy Economics*, 32(1), 137-145.

Uddin, I., Usman, M., Saqib, N., & Makhdam, M. S. A. (2023). The impact of geopolitical risk, governance, technological innovations, energy use, and foreign direct investment on CO2 emissions in the BRICS region. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(29), 73714-73729.

Wang, Z., Danish, N., Zhang, B., & Wang, B. (2018). The moderating role of corruption between economic growth and CO2 emissions: Evidence from BRICS economies. *Energy*, 148, 506-513.

Wang, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2018). The moderating role of corruption between economic growth and CO2 emissions: Evidence from BRICS economies. *Energy*, 148, 506-513.

Worldwide Governance Indicators — DataBank. (s. f.).

Zhou, Y., Ji, Y., Zhang, M., Xu, Y., Li, Z., Tu, D., & Wu, W. (2023). Exploring a sustainable rice-cropping system to balance grain yield, environmental footprint and economic benefits in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China. *Journal of Cleaner Production*, 404, 136988.