

# FUTURO SOSTENIBLE



## Artículos

Un modelo de series de tiempo ARIMA para pronosticar la variable generadora de ingresos por negociaciones de renta variable en el mercado de valores en Ecuador  
 Andrade-Chávez . . . . . 1-12

Ensembrecidas estadísticas agrarias en un país agrícola. Un análisis comparativo de la información estadística agrícola producida en EE.UU. y Argentina  
 García-Bernado y Carrozza . . . . . 13-22

Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador en relación con los países líderes de la región del Cono Sur  
 Barragán-Martínez . . . . . 23-38

La investigación geofísica en los estudios de balsas de relaves: su aplicación e inclusión en el ACUERDO Nro. MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM de la República de Ecuador  
 Alonso-Pandavenes *et al.* . . . . . 39-57

Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción  
 Sangucho-Barros *et al.* . . . . . 58-69

Predicción de Producción de Fluidos empleando Machine Learning en T Inferior del Campo Sacha  
 Altamirano-Cárdenas y Lucero-Calvache . . . . . 70-78

Captura de carbono orgánico en zonas con distinto nivel de intervención en páramos de Sayaro  
 Hurtado-Naranjo *et al.* . . . . . 79-92

Daño ambiental y economía circular en la explotación de los recursos naturales no renovables  
 Rea-Toapanta . . . . . 93-105

Temporalidades en Fricción: Planificación y Violencia Temporal en la Amazonía Ecuatoriana  
 Schwab . . . . . 106-129

Una mirada post pandemia del turismo comunitario y conocimientos ancestrales en el cantón Arajuno  
 Sánchez-Piedra y Pachacama-Calvopiña . . . . . 130-142

## Opinión

Alternativas y desafíos para enfrentar la transición de la era post petrolera en el Ecuador  
 Rodríguez-Galarza *et al.* . . . . . 143-162

¿Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático?  
 Cáceres-Silva . . . . . 163-168

## ARTÍCULOS

Un modelo de series de tiempo ARIMA para pronosticar la variable generadora de ingresos por negociaciones de renta variable en el mercado de valores en Ecuador

An ARIMA time series model to forecast the revenue driver in equities in the stock market in Ecuador

Andrade-Chávez, Francisco Mauricio



II Congreso de Datos Abiertos y Metadatos

CODAM 2022


DATOS ABIERTOS

EN LA CIENCIA

Ecuador



dataLat.org

 **Francisco Mauricio Andrade Chávez**  
francisco.andrade@puce.edu.pe  
Pontificia Universidad Católica del Perú.  
Estadística. Lima, Perú.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 21 marzo 2023

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4496>

Autor de correspondencia: [francisco.andrade@puce.edu.pe](mailto:francisco.andrade@puce.edu.pe)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Andrade-Chávez, F. M. (2023). Un modelo de series de tiempo ARIMA para pronosticar la variable generadora de ingresos por negociaciones de renta variable en el mercado de valores en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 1-12.

<https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4496>

**Resumen:** Este estudio analiza la viabilidad de automatizar el proceso de compra y venta de acciones en la Bolsa de Valores de Ecuador, para democratizar el acceso al mercado, mediante la metodología de minería de datos CRISP-DM. Se parte de un análisis del modelo de negocio de las casas de valores locales y de otros países, que depende principalmente de las comisiones, y sugiere que la automatización podría tener un impacto significativo en el sector. Con el software estadístico R, se construye un modelo de series de tiempo ARIMA para pronosticar las transacciones realizadas en las bolsas de valores. Los resultados muestran una tendencia decreciente en las transacciones y un bajo nivel de liquidez en los emisores.

**Palabras clave:** series de tiempo; acciones; transacciones; proyecciones.

**Abstract:** This study investigates the feasibility of automating the process of buying and selling stocks on the Ecuadorian Stock Exchange, in order to democratize access to the market using the CRISP-DM data mining methodology. The study analyzes the business model of local and foreign stockbrokers, which depends mainly on commissions, and suggests that automation could have a significant impact on the sector. Using the statistical software R, an ARIMA time series model is constructed to forecast transactions carried out in stockbrokers. The results show a decreasing trend in transactions and low liquidity levels in issuers.

**Keywords:** time series; stocks; transactions; forecast.

## INTRODUCCIÓN

El mercado de valores es una herramienta clave para el crecimiento económico de los países, ya que permite la movilización de recursos financieros desde los ahorradores hacia los inversionistas (Decreto Ejecutivo 390, 1998). En Ecuador, la Bolsa de Valores de Guayaquil y la Bolsa de Valores de Quito son los principales mercados de valores, y son operados por casas de valores autorizadas por la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS). Sin embargo, el

proceso de compra-venta de valores bursátiles en Ecuador aún se realiza de forma tradicional y manual. En la actualidad, existen soluciones tecnológicas a nivel mundial y regional que permiten la realización de altos volúmenes de transacciones, con comisiones reducidas, lo que democratiza el acceso de los inversionistas al mercado de valores.

En este contexto, resulta interesante analizar si sería rentable automatizar la compra-venta de acciones en las bolsas de valores ecuatorianas, para así democratizar el acceso a dicho mercado. Con este propósito, en este estudio se utiliza una metodología basada en la estrategia integral de análisis de datos, *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) que proporciona una hoja de ruta para llevar a cabo proyectos de minería de datos (Shearer, 2000).

Se exploran los casos de Estados Unidos y países vecinos, donde los *millennials* están utilizando la tecnología para invertir en acciones para validar la posible implementación de tecnologías similares en el país. Cabe mencionar que plataformas de inversión, como *Robinhood*, *Charles Schwab*, *E\*Trade*, *Fidelity* y *TD Ameritrade*, han eliminado las comisiones (The economist, 2021). Asimismo, se analiza el caso de la plataforma *Trii*, originaria de Colombia, que permite a los usuarios comprar y vender acciones y fondos cotizados en la Bolsa de Valores de Lima y en la Bolsa de Valores de Colombia (Carraposo, 2022).

El estudio analiza el modelo de negocios en que las casas de valores y bolsas de valores ecuatorianas en el que sus ingresos provienen principalmente de comisiones por las transacciones de intermediación en el mercado primario y secundario, lo que sugiere que la automatización del proceso de compra-venta de acciones podría tener un impacto significativo en este sector.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El estudio propuesto es nuevo en el medio ecuatoriano por lo que no se cuenta con investigaciones similares, sin embargo, se levantó información de varios medios informativos para evaluar la factibilidad de automatizar el comercio de acciones en el mercado de valores y se utilizó un modelo de series de tiempo para analizar la evolución de las transacciones que se llevan a cabo en las casas de valores.

Los *millennials*, una generación criada con teléfonos inteligentes que confía de la misma forma en una aplicación móvil como en un corredor tradicional invierten con ayuda de aplicaciones tecnológicas. El costo de invertir \$100 en una bolsa de valores ha caído de \$6 en 1975 a menos de una milésima de centavo en la actualidad. Las plataformas obtienen ingresos a través del pago por el flujo de órdenes, una práctica mediante la cual un *market maker* de alta frecuencia le paga a un intermediario una fracción de la comisión que gana al operar a cambio de que el intermediario dirija las transacciones de sus clientes al *market maker* (The economist, 2021).

La plataforma *Trii*, con su aplicación móvil, permite comprar y vender acciones nacionales e internacionales y fondos cotizados (ETF) a través de la Bolsa de Valores de Lima (BVL) y de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Para poder operar en el mercado peruano, *Trii* cerró una alianza con *Kallpa SAB*, una sociedad agente de bolsa, el equivalente ecuatoriano de una casa de valores, lo que les permite ajustarse a las regulaciones locales (Carraposo, 2022). En el caso

colombiano, *Trii* opera por medio de una alianza con la comisionista de bolsa Acciones y Valores, que en el año 2021 llegó a procesar el 30% de las transacciones de la BVC. Estas aplicaciones permiten recopilar toda la información necesaria para cumplir con las políticas locales para identificar a los inversionistas y analizar un comportamiento transaccional en un ambiente que previene el lavado de activos y financiamiento del terrorismo.

Si un inversionista ecuatoriano desea comprar acciones de una empresa que cotiza en la bolsa de valores, debe acudir a una casa de valores, cumplir con el proceso de "conozca a su cliente", ingresar una orden de compra del valor que desea, esperar que alguien acepte esa oferta y concluir con la transacción (Decreto Ejecutivo 390, 1998). Cada transacción que un inversionista realiza requiere la presencia física del cliente, fotocopias y documentos de identificación que permitan validar la identidad, formularios de "conozca a su cliente", de licitud de fondos, certificados de residencia fiscal, etc. (PICAVAL, 2022). Este proceso repetitivo se traduce en costos ocultos como el tiempo que debe destinar el inversionista para imprimir y llenar los formularios y las comisiones que cobran las casas de valores por la gestión de los asesores que atienden al cliente, recopilan todos los documentos, digitan la información y deben almacenar esos documentos en un archivo físico (Bolsa de Valores de Guayaquil, 2022).

En términos del uso de modelos de series de tiempo, la literatura examinada demuestra que estos métodos son ampliamente utilizados en la previsión económica, además eficaces en la identificación de patrones y tendencias (Enders, 2015; Hyndman & Athanasopoulos, 2018). En los modelos ARIMA la variable de interés  $Y$  se pronostica utilizando una combinación lineal de valores pasados (componente autoregresivo) de la variable y/o errores de proyecciones pasadas (medias móviles). Box et al. (2016) y Hyndman & Athanasopoulos (2018) presentan el sustento teórico para desarrollar el modelo de series de tiempo, específicamente se estudia la teoría de modelos ARIMA. Así mismo se revisan los métodos de: estimación de los coeficientes del modelo; selección del modelo más adecuado y proyecciones. Una serie de tiempo es considerada un proceso estocástico o aleatorio en el que una colección de variables aleatorias  $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$  ordenadas en el tiempo  $t_1, t_2, \dots, t_N$  que cumplen con estacionariedad ya que la media  $\mu$ , la varianza  $\sigma$  y la autocovarianza  $\gamma$  son constantes (Box et al., 2016), es decir cada punto es independiente del otro.

Además, la literatura examinada destaca la importancia de validar los resultados de los modelos de series temporales con información y datos del mundo real, como la oferta y demanda de acciones en el mercado ecuatoriano para garantizar que las predicciones de los modelos sean precisas y prácticas. Se destaca la importancia de utilizar múltiples modelos para el análisis de series temporales, ya que diferentes modelos pueden proporcionar diferentes resultados y conocimientos.

## MÉTODOS

Este estudio utiliza un diseño de investigación observacional para analizar las perspectivas y el potencial de crecimiento futuro de las transacciones que se llevan a cabo en las bolsas de valores ecuatorianas, utilizando modelos de series de tiempo. Se utilizó los datos oficiales obtenidos de la Bolsa de Valores de Quito por el período de 2013 a 2022, por lo que el estudio solo considerará

un período de tiempo específico. Se utiliza la metodología CRISP-DM como guía en el análisis de datos, en la primera parte de la aplicación del estudio se realizó un análisis descriptivo usando Power BI y Excel para resumir los datos e identificar patrones y tendencias, liquidez de acciones, montos y número de transacciones y emisores. Esta información se utiliza para describir el contexto del mercado bursátil en el Ecuador.

La segunda parte, implementa un modelo de series de tiempo con datos de la Bolsa de Valores de Ecuador, para pronosticar el número de transacciones con el software estadístico R. Los modelos de series temporales, utilizados en este estudio, incluyen el modelo *AutoRegressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

Los modelos ARIMA, combinan el número de veces que se necesita diferenciar una serie de tiempo para alcanzar estacionariedad (I) con un modelo auto regresivo (AR), donde se pronostica la variable de interés utilizando una combinación lineal de valores pasados de la variable y un modelo de medias móviles (MA) que utiliza los errores de pronósticos pasados en un modelo parecido a una regresión:

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad \text{Ec. (1)}$$

$$y_t = c + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad \text{Ec. (2)}$$

De las ecuaciones 1 y 2 obtenemos el modelo ARIMA que puede escribirse de esta forma (Ecuación 3):

$$y'_t = c + \phi_1 y'_{t-1} + \dots + \phi_p y'_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}. \quad \text{Ec. (3)}$$

donde,

$y'_t$ : es la serie diferenciada en la que  $y'_t = y_t - y_{t-1}$

$\varepsilon_t$ : es ruido blanco, es decir  $\varepsilon_t \sim N(\mu, \sigma^2)$ , sigue una distribución normal con media  $\mu = 0$  y varianza  $\sigma^2$  constante y que los términos de error son independientes de los valores de  $y$ .

$p$ : orden de la parte auto regresiva;

$d$ : grado de la primera diferenciación;

$q$ : orden de la parte de las medias móviles.

$\phi_i$  y  $\theta_i$ : actúan como predictores.

Es posible usar la gráfica de la función de autocorrelación (ACF) y la gráfica de la función de autocorrelación parcial (PACF), que son las herramientas más utilizadas en el análisis de series de tiempo para verificar estacionariedad y para determinar los valores apropiados de  $p$  y  $q$ . En el gráfico de ACF se puede contar la cantidad de autocorrelaciones significativas, que es una estimación útil de la cantidad de coeficientes MA y en el de PACF la cantidad de coeficientes de auto regresivos AR (Long, 2019).

Una vez que se ha identificado el orden del modelo (es decir, los valores de  $p$ ,  $d$  y  $q$ ), necesitamos estimar los parámetros  $\phi_1, \dots, \phi_p, \theta_1, \dots, \theta_q$  por máxima verosimilitud (MLE).

Esta técnica identifica los valores de los parámetros que maximizan la probabilidad de obtener los datos que hemos observado minimizando:

$$\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2$$

Los modelos también se evaluaron mediante pruebas estadísticas y verificaciones de diagnóstico, para garantizar que las predicciones y los análisis proporcionados por los modelos fueran precisos y prácticos. Además, se utilizaron diferentes modelos en el análisis, para aumentar la solidez de las predicciones y dar cuenta de diferentes escenarios y supuestos.

Los criterios de información de Akaike (AIC) y Akaike corregido (AIC<sub>C</sub>) se utilizan para la selección de modelos entre un conjunto de modelos propuestos. Los modelos más adecuados se obtienen minimizando AIC y AIC<sub>C</sub>.

Una vez seleccionado el mejor modelo posible, se utiliza este modelo para estimar los pronósticos. Para evaluar la calidad de las predicciones del modelo se calcula el *MSE*, que se define como la diferencia cuadrática promedio entre los valores observados *Y* y las predicciones  $\hat{Y}$ , (Rawlings, et al., 1998). Un buen pronóstico producirá residuos no correlacionados. Si hay correlaciones entre los residuos, queda información en los residuos que no está siendo utilizada para las proyecciones.

Para validar las predicciones del modelo seleccionado, estos resultados se compararon con información y datos reales del mercado ecuatoriano.

Los datos analizados se obtuvieron las transacciones de compra y venta de acciones realizadas en las bolsas de valores de Quito y Guayaquil desde el año 2013 hasta agosto de 2022, entiéndase el período analizado (Bolsa de Valores de Quito, 2022).

Estos datos se consolidaron en una sola base de datos para facilitar el análisis. Cada registro incluye el nombre de la empresa que cotiza en bolsa (emisor), la fecha de negociación, el número de acciones negociadas, el precio de cada acción y el monto total.

Se realizaron actividades de limpieza de datos como unificar las razones sociales que presentaban inconsistencias y se unificó el precio nominal de las acciones que habían realizado procesos de consolidación de acciones o de reducción de su patrimonio.

En los años 2013, 2014 y 2016 se identificaron 9 transacciones atípicas que podrían distorsionar el análisis. Dichos valores corresponden a 3 transacciones de Holding Tonicorp S.A. por más de \$383 millones; 3 transacciones de Banco de la Producción S.A. por más de \$156 millones; 1 transacción de UNACEM por más de \$517 millones y 2 transacciones del Hotel Quito por cerca de \$31 millones. Las transacciones de Mutualista Pichincha también se consideraron atípicas ya que la mayoría corresponden a compra/ventas de una sola participación que podrían realizarse de forma agrupada; dichas transacciones representan un valor anual que oscila alrededor del 1% de las negociaciones totales de las bolsas de valores ecuatorianas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis exploratorio de los datos de transacciones (ver Tabla 1) muestra que en el período analizado se realizaron anualmente entre 3001 (año 2021) y 4336 transacciones (año 2016) que corresponden a 63 emisores. No todos los emisores cotizaron sus acciones durante el período analizado, por ejemplo, las empresas comercializadoras de teca una vez que colocaron sus acciones en el mercado primario perdieron su liquidez en los siguientes años. En promedio se llevaron a cabo 16 transacciones en 2016 y 11 en 2021. Los datos de acciones y montos negociados son decrecientes, siendo el año 2013 el más alto con 86 millones negociadas en \$200 millones y el año 2021 el más bajo con 18 millones de acciones por \$29 millones.

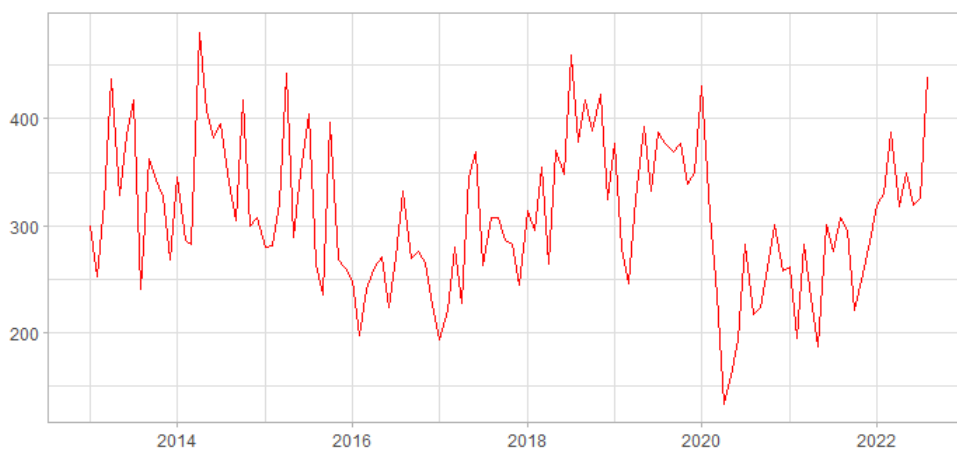
**TABLA 1**  
Resumen de transacciones en las bolsas de valores ecuatorianas

Año	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22 <sup>(a)</sup>
Emisores	41	45	38	41	47	44	44	46	44	31
Transacciones	4250	4152	3985	4336	3098	3792	3081	3327	3001	2748
Acciones (millones)	86	53	34	33	30	29	26	24	18	17
Monto \$ (millones)	200	75	92	67	40	76	64	49	29	32

Nota: <sup>(a)</sup> Se muestran los datos de enero a agosto de 2022

Fuente: (Bolsa de Valores de Quito, 2022)

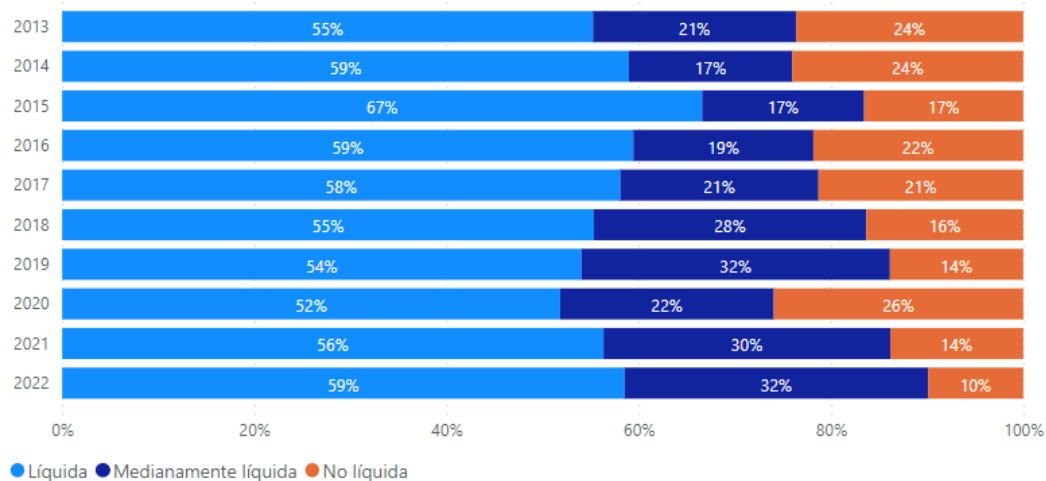
El análisis gráfico de transacciones mensuales (ver Figura 1) muestra una tendencia lateral entre el año 2013 y 2021 con altos y bajos. En el año 2020, en los primeros meses del año se alcanzó un mínimo de transacciones, desde entonces se ha mantenido una tendencia creciente en el corto plazo dentro de la tendencia lateral general.



**FIGURA 1**  
Transacciones de renta variable 2013 – 2022  
Fuente: (Bolsa de Valores de Quito, 2022).



A cada emisor se le asignó una variable “Liquidez” en función de la frecuencia de las transacciones (ver Figura 2). Un único emisor, Corporación Favorita C.A., considerado como “Líquido” realizó más del 50% de las transacciones de renta variable en el mercado ecuatoriano, es decir entre 1555 y 2525 transacciones por año, 7 emisores “Medianamente líquidos” realizaron entre 577 y 1332 transacciones y en el año más alto alcanzaron 32% de las transacciones negociadas.



**FIGURA 2**

Porcentaje de transacciones negociadas según nivel de liquidez del emisor

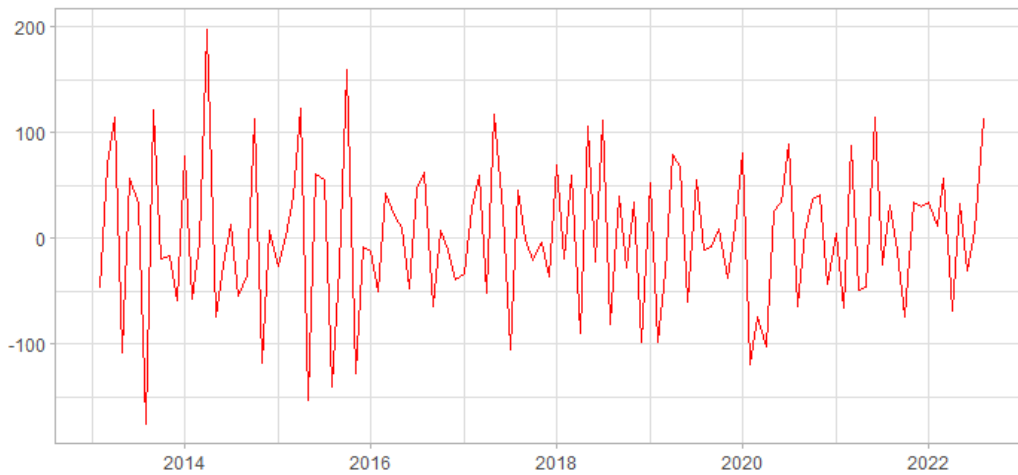
**Fuente:** (Bolsa de Valores de Quito, 2022).

Estos 7 emisores medianamente líquidos son Banco de la Producción S.A., Banco de Guayaquil S.A., Banco Pichincha C.A., Brikapital S.A. Cervecería Nacional S.A., Conclina C.A. y Holcim Ecuador S.A. 55 emisores “No líquidos” en su mayoría empresas productoras de teca realizaron entre 429 y 1021 transacciones; en su mejor año representaron el 24% de transacciones.

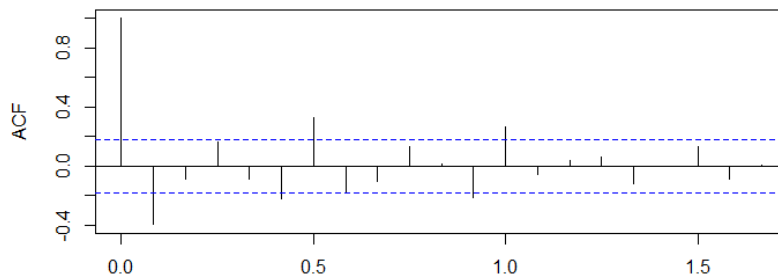
## Implementación del modelo

Por medio del programa estadístico R, los datos obtenidos se acumulan mensualmente. Este conjunto de datos se divide en dos grupos de entrenamiento y control para no sobre ajustar el modelo (Gregory, 2018). El grupo de entrenamiento tiene datos desde el año 2013 hasta agosto de 2021 y el grupo de control desde septiembre 2021 hasta agosto 2022. Con los datos del grupo de entrenamiento se corren varios modelos y se estiman los datos de transacciones para el septiembre 2021 hasta agosto 2022. Se calcula los AICc y el MSE para seleccionar como mejor aquel modelo que tiene los valores más bajos. Con el modelo seleccionado se proyectan los datos para de transacciones desde septiembre 2022 hasta agosto de 2023.

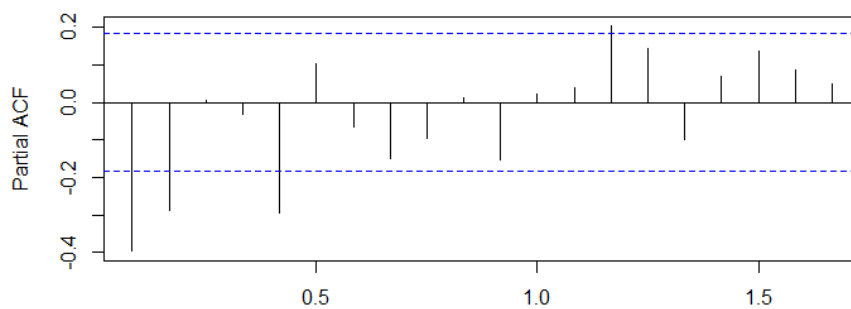
Se aplican una diferencia para que la serie de tiempo alcance estacionariedad (ver Figura 3) y se obtienen los gráficos de ACF y PACF (ver Figuras 4 y 5) que permiten identificar los coeficientes  $AR(2)$  y  $MA(2)$  respectivamente. Los valores que cruzan la línea punteada se consideran como significativos. Estas son solo una estimación inicial y deben verificarse ajustando y diagnosticando el modelo.



**FIGURA 3**  
Verificación estacionariedad



**FIGURA 4**  
ACF



**FIGURA 5**  
PACF

Se proponen varias alternativas de modelos para correrse en los datos de entrenamiento (ver Tabla 2). Se escoge al modelo ARIMA (2, 2, 2) que tiene el menor AIC de 1147.87 y un MSE de 490.23. Con este modelo se realizan las proyecciones para los siguientes 12 meses, (ver Tabla 3) donde constan las medias de los datos proyectados, con una media mensual que va de 380 a 400 transacciones por mes, es decir con una ligera tendencia ascendente en el corto plazo, pero dentro de una tendencia lateral en el largo plazo.

**TABLA 2**  
Evaluación de modelos de entrenamiento

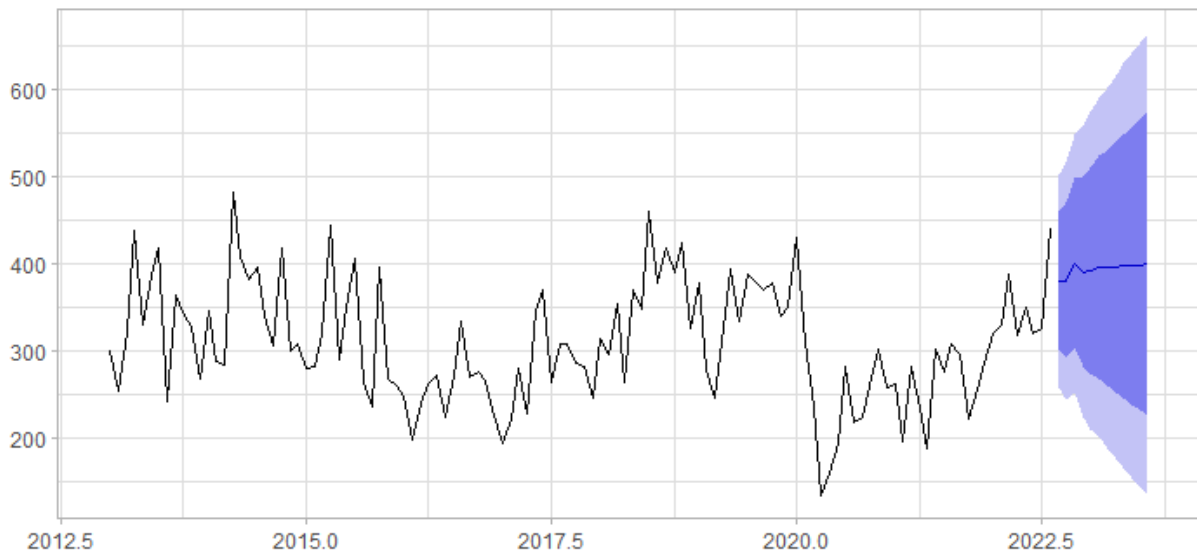
<b>Modelo</b>	<b>AICc</b>	<b>MSE</b>
ARIMA (1,0,1)	1152.52	315.84
ARIMA (1,1,1)	1148.32	3384.75
ARIMA (0,1,0)	1174.50	166.19
ARIMA (2,1,2)	1148.62	1521.15
ARIMA (1,2,1)	1152.83	470.11
ARIMA (2,2,2)	1147.84	490.23
ARIMA (2,0,2)	1157.23	1234.29
ARIMA (3,1,1)	1151.48	481.74

**TABLA 3**  
Proyección de transacciones en las bolsas de valores septiembre 2022 – agosto 2023

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Transacciones</b>
2022	Septiembre	380
	Octubre	380
	Noviembre	400
	Diciembre	390
2023	Enero	391
	Febrero	395
	Marzo	394
	Abril	395
	Mayo	396
	Junio	397
	Julio	398
	Agosto	399

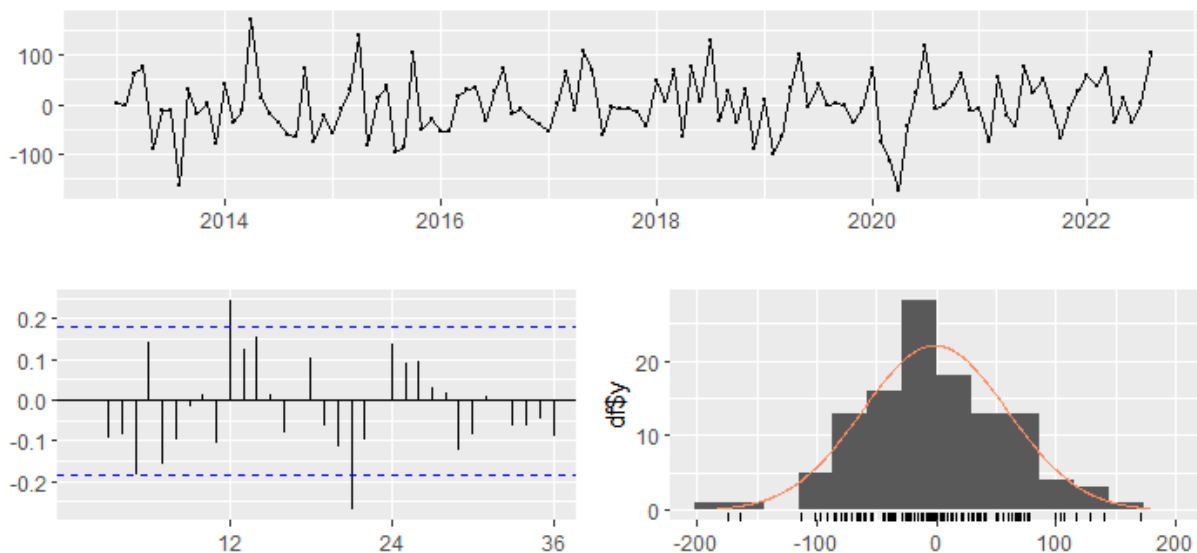
Dado que el modelo es aleatorio, se presentan gráficamente las mismas proyecciones con su correspondiente intervalo de confianza para 1 y 2 desviaciones estándar ( $\sigma$ ) (ver Figura 6). La

media de los residuos es cercana a cero y no existe una correlación significativa en la serie de residuos. La gráfica de tiempo de los residuos muestra que la variación se mantiene prácticamente igual a través de los datos históricos a pesar de algunos valores atípicos y, por lo tanto, la variación residual puede tratarse como constante. Esto también se puede ver en el histograma de los residuos. El histograma sugiere que los residuos serían normales. En consecuencia, los pronósticos de este método probablemente serían buenos y los intervalos de predicción que se calculan asumiendo una distribución normal podrían ser precisos (ver Figura 7).



**FIGURA 6**

Intervalo de confianza de transacciones septiembre 2022 – agosto 2023



**FIGURA 7**

Diagnóstico de residuos modelo ARIMA (2,2,2)

## CONCLUSIONES

A partir del análisis de los datos de transacciones y volumen de negociaciones en las bolsas de valores ecuatorianas y emisores interesantes para los inversionistas no se observa una tendencia clara de crecimiento en el mercado:

- Los datos de transacciones muestran que en el período analizado se realizaron anualmente entre 3001 (año 2021) y 4336 transacciones (año 2016) que corresponden a 63 emisores. Se realizaron en promedio 16 transacciones en 2016 y 11 en 2021. Los datos de acciones y montos negociados son decrecientes, siendo el año 2013 el más alto con 86 millones negociadas en \$200 millones y el año 2021 el más bajo con 18 millones de acciones por \$29 millones. Además, el análisis gráfico de transacciones mensuales muestra una tendencia lateral entre el año 2013 y 2021 con altos y bajos.
- Se aplicó un modelo ARIMA (2, 2, 2) a los datos de entrenamiento y se realizó una proyección para los siguientes 12 meses. Las proyecciones de transacciones de renta variable mensuales para el período de septiembre 2022 hasta agosto 2023 tienen una media mensual que va de 380 a 400 transacciones por mes.
- En cuanto a la liquidez de los emisores, se encontró que un único emisor, Corporación Favorita C.A., concentra más del 50% de las transacciones de renta variable en el mercado ecuatoriano. Siete emisores medianamente líquidos realizaron entre 577 y 1332 transacciones que en el año más alto alcanzaron el 32% de las transacciones negociadas, y 55 emisores no líquidos realizaron entre 429 y 1021 transacciones, representando el 24% de las transacciones en su mejor año.

## RECOMENDACIONES

- Considerar cuidadosamente el tamaño y la liquidez del mercado de valores ecuatoriano antes de invertir en una plataforma de negociación de acciones en línea. El mercado ha mantenido una tendencia lateral en los últimos años y las proyecciones no son optimistas, la liquidez de la mayoría de los emisores es baja y está altamente concentrada en unos pocos emisores. Por lo tanto, los inversionistas y casas de valores deberían tener expectativas realistas sobre el potencial de retorno y los riesgos asociados con las inversiones en desarrollo de productos para este mercado.
- Evaluar la regulación y los requisitos de licencias para operar una plataforma de negociación de acciones en línea en Ecuador. Es importante conocer las regulaciones locales y los requisitos de licencia para asegurarse de que la plataforma cumpla con las leyes y regulaciones aplicables y evitar posibles sanciones o multas.
- Identificar a los potenciales usuarios de la plataforma y evaluar su interés y disposición para utilizar una aplicación de negociación de acciones en línea en Ecuador. Se recomienda realizar una investigación de mercado para evaluar la demanda y el interés por una plataforma de negociación de acciones en línea en Ecuador.
- Considerar la oferta de servicios adicionales, como la educación financiera y la asesoría en inversiones, para diferenciarse de la competencia y agregar valor a los usuarios de la plataforma.

- Desarrollar una plataforma segura y fácil de usar que proporcione una experiencia de usuario intuitiva y menos burocrática para facilitar la negociación de acciones en línea en Ecuador. La seguridad y la facilidad de uso son factores clave para atraer y retener usuarios en una plataforma de negociación de acciones en línea.

## REFERENCIAS

- Bolsa de Valores de Guayaquil. (2022). *Marco legal*. <https://www.bolsadevaloresguayaquil.com/casas-de-valores/marco-legal.asp>
- Bolsa de Valores de Quito. (30 de Junio de 2022). *Transacciones de renta variable*. <https://www.bolsadequito.com/index.php/estadisticas/boletines-2/cotizaciones-historicas>
- Box, G., Jenkins, G., Gregory, R., & Greta, L. (2016). *Time Series Analysis\_ Forecasting and Control*. New Jersey: Wiley.
- Carraposo, J. (3 de Marzo de 2022). Trii entra a Perú con su propuesta de compra y venta de acciones desde el celular. *FORBES*. <https://forbes.pe/negocios/2022-03-03/trii-entra-a-peru-con-su-propuesta-de-compra-y-venta-de-acciones-desde-el-celular/>
- Decreto Ejecutivo 390. (14 de diciembre de 1998). Reglamento general de la ley de mercado de valores. *Registro Oficial 87*. <https://www.bolsadevaloresguayaquil.com/normativas/archivos/reglamento-ley-de-mercado-de-valores.pdf>
- Gregory, N. (2018). *The Analytics Lifecycle Toolkit*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Hyndman, R., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice* (Tercera ed.). OTEXTS. <https://otexts.com/fpp3/>
- Long, J. (2019). *R Cookbook* (Segunda ed.). Sebastopol, California, Estados Unidos: O'Reilly Media Inc. <https://rc2e.com/index.html>
- PICAVAL. (30 de agosto de 2022). <https://www.picaval.ec/conozca-cliente/>
- Rawlings, J., Pantula, S., & Dickey, D. (1998). *Applied Regression Analysis A Research Tool*. Springer.
- Shearer, C. (2000). The CRISP-DM Model: The New Blueprint for Data Mining. *Journal of data warehousing*, *V*(4), 13 - 22.
- The Economist. (20 de octubre de 2020). Wall Street will soon have to take millennial investors seriously. <https://www.economist.com/finance-and-economics/2020/10/20/wall-street-will-soon-have-to-take-millennial-investors-seriously>
- The economist. (26 de julio de 2021). Robinhood takes its IPO to the masses. <https://www.economist.com/finance-and-economics/2021/07/26/robinhood-takes-its-ipo-to-the-masses>

## ARTÍCULOS

Ensombrecidas estadísticas agrarias en un país agrícola. Un análisis comparativo de la información estadística agrícola producida en EE.UU. y Argentina

Overshadowed agrarian statistics in an agricultural country. A comparative analysis of agricultural statistical information produced in the US and Argentina

García-Bernado, Rolando; Carrozza, Tomás



II Congreso de Datos Abiertos y Metadatos

CODAM 2022

DATOS ABIERTOS

EN LA CIENCIA

Ecuador




dataLat.org

 **Dr. Rolando García Bernado**

rgarciabernado@gmail.com

Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación (IDEPI) y el Departamento de Economía, Producción e Innovación Tecnológica (DEPIT). Buenos Aires, Argentina.

 **Mg. Tomás Carrozza**

tomascarrozza@gmail.com

Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Sociales. Buenos Aires, Argentina.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 21 marzo 2023

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4497>

Autor de correspondencia: [rgarciabernado@gmail.com](mailto:rgarciabernado@gmail.com)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** García-Bernado, R., & Carrozza, T. (2023). Ensombrecidas estadísticas agrarias en un país agrícola. Un análisis comparativo de la información estadística agrícola producida en EE.UU. y Argentina. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 13-22.

<https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4497>

**Resumen:** En este artículo cotejamos la extensión y calidad en estadísticas nacionales agrarias de Argentina con las de Estados Unidos. Para ello, comparamos las mediciones censales más recientes de ambos países desde una perspectiva multidimensional que abarca el tipo de dato, su presentación, la gestión institucional estadística y la cercanía respecto de las recomendaciones de FAO. Evaluamos asimismo el rol que los estudios extracensales cumplen en cada caso. Argumentamos que las estadísticas estadounidenses resultan más abarcativas y accionables porque tienen un objetivo de construcción de política pública. Proponemos además otras hipótesis para explicar esta desigualdad estadística y una agenda de actualización.

**Palabras clave:** agricultura; economía agraria; política agraria

**Abstract:** In this article we compare the extent and quality of national agricultural statistics in Argentina with those of the United States. To do this, we compare the most recent census measurements of both countries from a multidimensional perspective that encompasses the type of data, its presentation, institutional statistical management and proximity to the FAO recommendations. We also evaluate the role that extra-census studies play in each case. We argue that US statistics are more comprehensive and actionable because they have a public policy construction objective. We also propose other hypotheses to explain this statistical inequality and an update schedule.

**Keywords:** agriculture; agrarian economy; agrarian policy

## INTRODUCCIÓN

Desde 1950 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), cuenta con un programa de unificación de definiciones y métodos de medición para censos agrícolas (World Programme for the Census of Agriculture o WCA). A la vez, FAO realiza regularmente acciones en pos de la unificación estadística y el mejoramiento de la calidad de las mediciones intercensales -como el Statistics Quality Assurance Framework (SQAF) y la plataforma CALIPER-, poniendo el foco en países poco desarrollados (FAO, 2016; Jorner y Vogel, 2010). Aun así, las estadísticas producidas por estados nacionales bajo la gobernanza de FAO siguen siendo ampliamente divergentes y el abanico de calidad y disponibilidad es variado (FAO, 2020).

En países desarrollados y semidesarrollados, no obstante, tiende a haber mejores estadísticas agrarias (FAO, 2020). Argentina es un ejemplo de un país semidesarrollado y periférico en el que la agricultura es una actividad relevante. El país cuenta con buenos estándares y experiencia en estadísticas, aunque sus estadísticas agrarias han recibido históricamente poca atención. Debido a su capacidad de producir estadísticas económicas con regularidad, y el hecho de que la economía argentina depende en gran medida de la producción y exportación de productos agrícolas (Arceo y González, 2011; Diamand, 1972; Rapoport, 2000), es una prioridad debatir la calidad y extensión de las estadísticas agrarias del país. Este trabajo se propone tomar a Estados Unidos (EE.UU.) como referencia para una comparación estadística que permita comprender mejor los alcances y limitaciones de las estadísticas agrarias argentinas.

EE.UU. es un benchmark para las estadísticas económicas en todo el mundo. Sus estadísticas agrícolas se caracterizan por ser ambiciosas, abarcativas, exhaustivas y multidimensionales. EE.UU. cuenta con un instituto específico dedicado a la producción de estadísticas agrícolas (National Agricultural Statistics Service [NASS], que depende del United States Department of Agriculture [USDA]) y cuenta con un registro de censos único en el mundo.

Las economías argentina y estadounidense juegan un papel fundamental en el sistema agroalimentario mundial como productores de alimentos. En ambos países se realizan censos agropecuarios (CA) con regularidad. Al ser la principal herramienta de estadística agraria, la comparación de la producción de estadísticos de cada nación debe concentrarse principalmente en el análisis de los datos censales. En el siguiente apartado tomamos de referencia los últimos censos disponibles para cada caso para una comparación detallada.

### Los censos agrícolas

Argentina cuenta con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), dependiente del Ministerio de Economía. INDEC produce los indicadores económicos más relevantes del país, incluyendo las cuentas nacionales, los censos de población, y el CA. En EE.UU., esta última función la cumple NASS. El Census of Agriculture de EE.UU. es un conteo exhaustivo de unidades productivas y personas a cargo de ellas. Se realizó por primera vez en 1840 y luego cada diez años hasta 1925, cuando comenzó a ser realizado quinquenalmente.



A 2020 han sido realizados 28 CA. En Argentina, el antecedente a los CA es el Censo General de la Provincia de Buenos Aires de 1881 (Azcuay Ameghino, 1997). El primer CA se desarrolló en 1888 y el siguiente en 1895. Luego, se sucedieron distintas formas de recolectar información sobre ganadería y agricultura, repitiéndose el cotejo general en 1908 y 1914.

Los siguientes CA fueron realizados en 1937, 1947, 1960 y 1969, aunque INDEC considera fallido al último. En 1968 se crea el INDEC a través de la ley 17.622 y el decreto 26.464, que establecen el sistema estadístico nacional. El decreto plantea que los CA deberán realizarse quinquenalmente en los años terminados “en dos y en siete”, aunque estos plazos nunca serán cumplidos.

El siguiente censo es de 1988. Es el primero adecuado al programa internacional de FAO (INDEC, 2018). Los siguientes fueron realizados en 2002, 2008 y 2018. El CA de 2002 fue exitoso y es utilizado académicamente. El conteo de 2008, en cambio, es considerado fallido por INDEC: sólo pueden tomarse por válidos algunos registros parciales de varias provincias (INDEC, 2009). La falla se originó en las dificultades en la realización del trabajo de campo que coincidió con el conflicto rural más importante de las últimas décadas (Barsky y Dávila, 2008), y en un momento en el que el organismo estadístico era foco de fuertes críticas. Finalmente, el CA de 2018 ha sido -en líneas generales- exitoso. En resumen, puede apreciarse que Argentina solo cuenta con tres censos agrícolas “recientes” disponibles, señal de la debilidad de las estadísticas agrarias del país.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comparación entre CA recientes

En este apartado proponemos un conjunto de criterios para comparar los censos recientes de Argentina (2018) y Estados Unidos (2017) y los datos censales históricos. Calificamos cada variable de acuerdo a un rango de tres categorías básicas de calidad (alta, media, baja). Al interior de los nueve criterios propuestos, una primera dimensión es la asociada a “producción y divulgación de datos” (variables A a E) y una segunda dimensión incluye los asociados a la “gestión institucional de la información estadística” (variables F a H). (Ver Tabla 1).

**TABLA 1**  
Comparación Censo Agropecuario ARG 2018 - EE.UU. 2017

	Estados Unidos	Argentina
<b>Unidad de análisis</b>	El censo se refiere a "la operación" y contabiliza todas las superficies con distinta forma de tenencias operadas por el mismo "sujeto objetivo" del CENSO (llamado "productor desde 2017, antes "operador"). Espacios rurales o urbanos donde se comercialicen más de mil dólares anuales en productos agroalimentarios.	Explotación Agropecuaria de mínimo 500 m <sup>2</sup> - El censo se refiere a Explotación dentro de los límites de una misma provincia, compuesta por parcelas continuas o discontinuas, que produce bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado, que tiene una única dirección de quien gestiona la producción ("productor agropecuario") y utiliza todos o parte de los mismos medios de producción y mano de obra en todas las parcelas. Barrido territorial georreferenciado
<b>Unidad de recolección</b>	Formulario postal u online a responsables de establecimientos en base a la definición del punto anterior.	Cuestionario mediante Tablet a productor a cargo del establecimiento

**Ensembrecidas estadísticas agrarias en un país agrícola.  
Un análisis comparativo de la información estadística agrícola producida en EE.UU. y Argentina**

<b>Estados Unidos</b>						<b>Argentina</b>						
<b>Definiciones especiales</b>							Cuando no se puede definir los límites del terreno productivo las EAPS son "Sin límite definido"					
<b>Frecuencia</b>	5 años						10 años (incumplida)					
<b>Sitio web</b>	<a href="https://www.nass.usda.gov/AgCensus">https://www.nass.usda.gov/AgCensus</a>						<a href="https://cna2018.indec.gob.ar/">https://cna2018.indec.gob.ar/</a>					
<b>Oficina que lo Conduce</b>	National Agricultural Statistics Service (NASS). Dependiente de USDA.						Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Dependiente de MECON.					
<b>Radio</b>	Rural			Urbano			Rural			Mixto		
<b>Metodología de recolección</b>	Por Correo (68,6%) , Internet (23,8%), Teléfono (4,7%) y en campo (0,8%)						Encuesta personal					
<b>Secciones/ Módulos</b>	36 secciones						6 secciones					
	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36	1	2	3	4	5	6
<b>Información principal secciones</b>	Superficie	Organización	Hortícolas, papas y melones	acuicultura	Agricultura orgánica	Trabajadores						
	Uso de la tierra	Personal	fruto, frutos secos y berries	Avicultura	Prácticas	Gastos						
	Tierras alquiladas	Cultivos forrajeros	Vacas y terneros	apicultura	Prácticas de marketing alimentario	Valor de mercado tierras, edificios, maquinarias y equipos						
	Prácticas del uso de la tierra	Árboles de navidad cultivados, cultivos de madera de rotación corta y maple syrup	Cerdos	Otra ganadería	Fertilizantes, químicos y aditivos para suelo	Ingresos por fuentes relacionadas						
	Riego	Cultivos extensivos	Caballos y afines	Productos para ganadería	Energía renovable	Actividades agrícolas en las fronteras de reservas indígenas, pueblos y áreas de servicio						
	Seguros de cultivo	Floricultura	Ovejas y cabras	Contratos de producción	Maquinarias	Conclusión	EAP / productor	Uso del suelo	Prácticas culturales	Producción Animal	Infraestructura y maquinaria	Residentes y trabajadores
	<b>Referencias a gastos</b>	18 secciones con ingresos y/o gastos						ninguna sección con gastos				
<b>Cumplimiento FAO</b>	Si						Si					
<b>Publicación de resultados</b>	Video resúmenes	Portal de datos	Reporte Primario	Mapas	Portal quickstats (para comparaciones entre censos)		Tablas Excel		Reporte Primario	Portal de datos (solo para el último)		

		Estados Unidos					Argentina				
<b>Primer censo</b>		1840					1888				
<b>Censos completados</b>		29					13 (realizados aunque no completos)				
<b>Estudios complementarios- extra censales</b>	Encuestas anuales	Buscan complementar la información sobre los censos					Encuestas anuales				
		Sobre diferentes parámetros y uso de productos/complementan y permiten cotejar el censo					Encuesta Nacional Agropecuaria (discontinuada en 2007)				
	Estudios complementarios	Censo de horticultura	Censo de acuicultura	Irrigación y manejo del agua	Prácticas de comercialización local de alimentos	Producción energética en granja	Orgánicos	Otra fuente	Públicas	Estadísticas agropecuarias (minagri)	Estudios puntuales sobre producciones
									Privadas	Estudios Bolsa de comercio Rosario	Márgenes agropecuarios
<b>Casos relevados último censo</b>		71,80%					80% territorio				
<b>Particularidades</b>	Consultan por seguros sobre cultivos	Consultan sobre pertenencia a programas de conservación					Consultan por los montos subsidios por esos programas				
		El mismo cuestionario incita a apelar fallos adversos en estos programas en USDA									
<b>Duración del trabajo de campo</b>	Diciembre a marzo del año establecido para el censo					La etapa censal -operativo de campo propiamente dicho- comenzó el 15 de septiembre de 2018 en las 23 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en simultáneo y se extendió hasta marzo de 2019, un total de 6 meses					
<b>Formas de fomentar la participación</b>	Generación de campañas de concientización- Relación con acceso al crédito- Obligatoriedad por ley					Campañas de concientización-El BCRA sacó una resolución que emitió el BCRA que exige la presentación del certificado del CNA, como requisito previo a la conformación de cualquier trámite bancario					
<b>Problemas de fondo</b>	El censo por su definición excluye a la subsistencia (la muy pequeña propiedad)										

**A.** Respecto del **cumplimiento del estándar internacional**, ambos censos relevan los ítems esenciales solicitados por FAO para unificar censos internacionalmente (FAO, 2020). Estos ítems incluyen la identificación y ubicación geográfica de la explotación, la condición jurídica de su persona a cargo, sexo, edad, principal actividad, área de explotación, tipos de uso y tenencia de la tierra, riego, cultivos temporales y permanentes, uso de fertilizantes, sistemas y datos generales de ganadería y tamaño del hogar. Ambos censos cumplen agregan incluso información no solicitada. Aunque el tipo de información agregada es distinta en cada caso: Argentina ha cubierto actividades productivas no principales, EEUU también, pero además incluye preguntas económicas.

- B.** La **accesibilidad de los datos** puede ser entendida como la facilidad o dificultad para acceder a toda la información derivada de los censos y/o fuentes extracensales de carácter estatal. Esto implica a todas las tareas asociadas al procesamiento de los mismos, su disponibilidad pública, su compatibilidad con las diferentes necesidades de los usuarios. NASS ha generado un soporte digital accesible que a la vez se encuentra en continua mejora mediante la generación de nuevas herramientas de búsqueda y comparación (ver <https://quickstats.nass.usda.gov/>). El organismo además publica varios documentos que resumen aspectos claves del censo y diversas piezas audiovisuales de divulgación. Existe pues una articulación precisa entre la generación de datos y su comunicación, la “devolución” sintetizada hacia los proveedores de datos (empresarios y trabajadores agrícolas), los usuarios no productivos (académicos y *policy makers*) e incluso público no experto.

Para Argentina existe una experiencia positiva de accesibilidad digital con el último censo, que dispone una gran cantidad de información de manera sencilla a través de un portal de consultas (ver <https://consultascna2018.indec.gob.ar/>) y un cronograma de lanzamientos de los diferentes componentes del censo que se ha cumplido. En una entrevista como parte de esta investigación fue señalado que el uso de TICs para la realización del operativo censal permitió una mayor velocidad en la generación y procesamiento de los datos que se reflejó en el rápido lanzamiento público de los mismos y la calidad de los datos preliminares, que presentaron poca distancia respecto de los definitivos.

- C.** En la **generación de datos económicos** existen diferencias muy amplias. El CA argentino está centrado en variables productivas. Su definición de unidad de análisis (500 m<sup>2</sup> de tierra con fines agrícolas) marca un sesgo importante en el espectro estadístico. En cambio, la unidad de análisis del CA de EE.UU. es económica (toda unidad que venda más de mil dólares anuales en productos agroalimentarios). Esta definición, junto al relevamiento de dimensiones económicas, determinan que el CA sea instrumental para medir la producción de valor: mide facturación, costos de producción, subsidios, alquileres, maquinaria agrícola, energías renovables, prácticas de comercialización y tiempo de trabajo por fuera de la actividad agrícola de las personas responsables.

Mientras que las dimensiones productivas y del mundo del trabajo son importantes en el CA argentino -incluso releva más información sobre tareas de la fuerza de trabajo que el CA de EE.UU.-, las dimensiones económicas no son relevadas en términos monetarios, limitando la capacidad social de comprensión de la actividad en términos económicos. En el caso argentino, los datos económicos son sumamente complejos de estimar. El carácter privado de algunas fuentes con las que se suele suplantar esta carencia expone las estimaciones económicas a razonables cuestionamientos. Esto a su vez repercute en la falta de calidad estadística para construir políticas para el sector.

- D.** En el **aspecto demográfico** ambos censos relevan sexo y edad de las personas al frente de la producción. El CA de EE.UU. releva además el origen (*Hispanic, Latino, Spanish*, etc.) y la raza (*White, African American, American Indian or Alaska Native* -y la tribu específica *Asian, Native Hawaiian or Other Pacific Islander*) de las personas involucradas en decisiones. El CA

argentino releva el nivel educativo de los encargados. Si bien ambos censos generan datos demográficos de decisores, el CA argentino no profundiza en el perfil demográfico sino exclusivamente del respondiente.

- E.** Los CA son “fotos” de un momento determinado pero la riqueza del análisis aparece en la comparación intercensal que permite reconstruir procesos sociales. La calidad de la información es pues resultado de un proceso acumulativo. NASS ofrece información histórica con comparabilidad para Censos y estudios extracensales entre 1997 y 2020 y trabaja en herramientas que permitan generar **comparaciones entre múltiples censos**. A través de otras indagaciones, resulta posible acceder a todas las tablas desde el primer censo realizado y conocer el detalle de los cambios en el tiempo. A su vez, quickstats permite generar tablas comparativas de todos los datos existentes compatibles censales y extracensales.

INDEC por su parte no cuenta con una herramienta de comparación digital intercensal de modo que el acceso a los datos resulta un proceso por momentos engorroso que, a su vez, se ve dificultado por las fuertes limitaciones para poder realizar comparaciones. La posibilidad de comparación con censos previos es limitada por las razones ya mencionadas. El acceso a datos es limitado a los CN de 1988, 2002 y 2018. No existe repositorio público digital para ningún censo previo. También existen grandes diferencias en la accesibilidad a estudios que profundicen aspectos productivos, demográficos y económicos que por su especificidad no puedan ser abordados en los CA. Los estudios extracensales permiten a su vez contar con datos en los períodos entre censos, validar datos censales, tener continuidad estadística y aportar a la mejora de los instrumentos de relevamiento.

En EE.UU. los estudios extracensales son comprendidos como un continuo que permite complementar los periodos sin datos y obtener información estratégica que por su grado de variabilidad no termina por ser representativa a nivel censal. En general, se realizan encuestas de carácter anual, censos y estudios particulares sobre actividades económicamente complejas<sup>1</sup>. NASS centraliza toda la información, la cual es lanzada periódicamente y publicada en una web que permite realizar comparaciones.

En Argentina, atendiendo a esta misma preocupación, en 1988 se consideró necesario complementar los CA con encuestas parciales. Esta función auxiliar al CA intentó ser cubierta mediante la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). La ENA inició en 1993 y fue discontinuada en 2007. Actualmente los datos provenientes de esta encuesta se encuentran sólo parcialmente disponibles.

Las mediciones agrícolas extra censales de carácter público son limitadas, destacando la realizada por Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

---

<sup>1</sup> A 2022, NASS dispone de información para los siguientes estudios extra censales: censo de Acuicultura; censo de Especialidades en Horticultura; Riego y manejo de agua; Marketing local de alimentos; Orgánicos; Encuesta nacional de clasificación de agricultura; Tenencia, propiedad y transición en tierra agrícola. Títulos han sido traducidos por los autores. Ver <https://www.nass.usda.gov/Publications/Highlights/index.php>

(MinAgri) que releva datos de superficie y producción para 23 cultivos. No se cuentan con datos directos de este nivel para ganadería. El vacío estadístico entre censos en ocasiones puede ser compensado con fuentes parciales de información, incluyendo algunas privadas. Por ejemplo, existen algunas estadísticas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de cámaras de comercio y agroindustriales -como la Bolsa de Comercio de Rosario y Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina- y algunas estadísticas provinciales. También fuentes de información económica privadas como la revista Márgenes Agropecuarios son frecuentemente utilizadas.

Otra serie de criterios de comparación hacen a la gestión institucional de la producción y difusión de datos estadísticos. Proponemos tres medidas, la estructura de gestión, la consolidación cultural-institucional de las mediciones y la accionabilidad de la información (respecto, principalmente, de creación de política pública informada).

**F.** La primera dimensión es la referida a la **estructura de gestión** para la construcción y difusión de los CA, esto es, las capacidades para llevar a cabo los operativos desde la planificación hasta la entrega de los reportes finales. EE.UU. es ejemplar a nivel internacional. USDA posee una estructura de gestión abocada específicamente al trabajo en el censo que funciona entre operativos para mejorar en forma constante el relevamiento de datos. Uno de sus pilares es el trabajo sistemático de los equipos en torno las problemáticas censales. El operativo censal es principalmente por correo y logra una cobertura mayor al 70%.

En Argentina, el último operativo censal mostró ciertas mejoras en torno a la obtención de datos y el uso de tecnología. Se utilizaron tabletas para enviar datos sincrónicamente a una terminal centralizadora. En una entrevista con personal encargado del CA, se nos comentó que esto permitía corregir en el acto preguntas que habían sido mal respondidas. La implementación de tabletas permitió acelerar el procesamiento y evitó discrepancias entre resultados preliminares y definitivos. Sin embargo, la estructura de gestión del área de CA es mínima en INDEC. La lógica de los operativos en Argentina es la construcción de equipos *ad hoc*, que comienzan “desde cero” cada operativo, perdiéndose una *expertise* valiosa en cada oportunidad.

**G.** En el plano de los **concesos culturales** en torno a los datos existen también grandes diferencias. Mientras que en EE.UU. los grupos de interés comparten una visión similar sobre la relevancia de censo y su carácter estratégico para comprender las realidades del sector, en el caso argentino hay fuertes detractores. No hay un uso explícito de la información de los censos para construir política agraria, por lo que no existen sectores sociales que “se apropien” de la herramienta para sí, dándole legitimidad. En este sentido, el CA argentino resulta más una formalidad legal a cumplimentar que una instancia de construcción de información para la toma de decisiones públicas.

**H.** Los censos son una herramienta para la generación de políticas públicas. Pero para que la herramienta sea utilizada se requiere el movimiento de fuerzas sociales e institucionales. En

EE.UU. se destaca que la generación de datos censales informa la discusión política de una agenda diversa, incluyendo la discusión periódica de la *farm bill*, que define el esquema de subsidios que va a recibir el sector. Por lo tanto, el censo tiene un uso concreto que interesa a todos los actores, privados y públicos, mientras que justifica y viabiliza su realización periódica.

En Argentina hay un déficit importante de uso de la información censal y resulta escasa su influencia en la generación de políticas públicas. Aun cuando las decisiones de política agraria podrían beneficiarse de ellas, las estadísticas agrarias parecen jugar un papel mínimo en las definiciones y los resultados de los censos no tienen un impacto directo en la agenda política sectorial.

## REFLEXIONES FINALES

Hemos analizados las estadísticas agrarias argentinas tomando como referencia las estadounidenses. Si bien ambas naciones cumplen con los requerimientos de FAO, las distancias crecen por la disponibilidad de datos históricos. Institucionalmente las diferencias se acrecientan también por la creación de relevamientos extracensales específicos, la estructura de gestión y difusión de datos censales -débil y discontinua en Argentina-, la cultura de utilización de datos y su aplicabilidad a la construcción de políticas públicas.

Argentina ha hecho grandes esfuerzos en 2018 para relevar con mayor precisión aspectos fundamentales de la actividad. Sin embargo, en comparación con las estadísticas estadounidenses el relevamiento es mucho menos ambicioso. Al modo de los CA previos, el CA 2018 desconoce variables económicas fundamentales. Existe un agravante en que estas ausencias críticas han sido señaladas hace al menos veinticinco años (por ejemplo, en Azcuy Ameghino, 1997). También existen señalamientos académicos sobre la cobertura del último CA (Soverna, 2021), que no hemos expuesto por razones de espacio.

Las carencias estadísticas argentinas son suplidas en ocasiones por fuentes privadas y de forma parcial, lo que obliga a los investigadores y *policy makers* a utilizar fuentes de menor confianza, que ensombrecen el debate público sobre política agraria. Es por ello que las estadísticas argentinas requieren una actualización, que puede surgir del ejemplo de otros países, adecuándose a las realidades propias. En un país tan extenso donde la ruralidad ocupa un rol central, pero que está sujeto a un proceso de reducción, desvanecimiento y concentración económica casi en toda su geografía, es necesario contar con mejores relevamientos económicos para intervenir y morigerar los efectos de la concentración propia de la dinámica capitalista.

Asimismo, informar la discusión pública en Argentina puede colaborar en combatir desentendimientos que históricamente han marcado una fragmentación entre el mundo productivo y el académico, donde se señalan para momentos idénticos panoramas y realidades sobre la producción agraria contradictorios y en conflicto. La construcción de un organismo específico dentro de INDEC o MinAgri podría garantizar la continuidad de equipos en la producción de datos vinculados a la agricultura y de los censos, generando un *expertise* valioso y necesario para fortalecer la institucionalidad estadística nacional.

Finalmente realizar el censo con mayor frecuencia, tal vez incluso sacrificando extensión, resulta fundamental para evitar espaciamientos en el tiempo y arbitrariedades en los momentos de realización que debilitan la institucionalidad estadística argentina.

## REFERENCIAS

- Arceo, N. y González, M. (2011) *El papel del sector agropecuario pampeano en la economía argentina. Una visión de largo plazo*. En Fraschina, J.S. y Vázquez Blanco, J.M. (Eds.), Aportes de la economía política en el bicentenario (pp. 275-298) Buenos Aires: Prometeo.
- Azcuy Ameghino, E. (1997) El censo agropecuario argentino de 1988 y el norteamericano de 1992: comparaciones y problemas. *Ciclos*, 13(2), 172-193.
- Barsky, O. y Dávila, M. (2008) *La rebelión del campo: Historia del conflicto agrario argentino*. Buenos Aires: Sudamericana.
- Diamand, M. (1972) La estructura productiva desequilibrada argentina y el tipo de cambio. *Desarrollo Económico*, 12, 1-24.
- FAO (2016) *Programa mundial del Censo Agropecuario 2020*, No. 15. Roma: FAO.
- FAO (2020) *Evaluation of FAO's Statistical Work*. Roma: FAO.
- Jorner, U. y Vogel, F.A. (2010) *Quality in Agricultural Statistics*. En Benedetti, R., Bee, M., Espa, G. y Piersimoni, F. (Eds.), *Agricultural survey methods* (pp. 267-276) Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Rapoport, M. (2000) *Historia económica, política y social de la Argentina (1880-2000)* Buenos Aires: Ediciones Macchi.



## ARTÍCULOS

# Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador en relación con los países líderes de la región del Cono Sur

## Situation of Artificial Intelligence in Ecuador in relation to the leading countries of the Southern Cone region

Barragán-Martínez, Xavier



II Congreso de Datos Abiertos y Metadatos

CODAM 2022


DATOS ABIERTOS

EN LA CIENCIA

Ecuador



dataLat.org

 Xavier Barragán Martínez

xbarragan@hotmail.com

Instituto de Altos Estudios Nacionales. Escuela de Prospectiva Estratégica. Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 21 marzo 2023

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4498>

Autor de correspondencia: [xbarragan@hotmail.com](mailto:xbarragan@hotmail.com)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Barragán-Martínez, X. (2023). Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador en relación con los países líderes de la región del Cono Sur. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 23-38. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4498>

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es identificar y comprender el estado de situación del ecosistema de la Inteligencia Artificial (IA) del Ecuador, para lo que se define una metodología de medición del estado de la IA aplicado a los países líderes en este ámbito de la región, pretendiendo reflejar la situación del Ecosistema de Inteligencia Artificial; por lo que, se toma como referencia a la metodología del Índice de IA de Tortoise que define tres pilares de análisis; inversión, innovación e implementación, que utiliza 143 indicadores divididos en siete subpilares: Talento, Infraestructura, Entorno Operativo, Investigación, Desarrollo, Estrategia Gubernamental y Comercial. La propuesta mantiene los primeros cinco subpilares y utiliza uno nuevo denominado Institucionalidad que integra a las estrategias gubernamentales y comerciales. La investigación se suscribe en un método descriptivo, cuantitativo y analítico de revisión de fuentes secundarias y bases de datos de organismos, empresas, gobiernos, entre otras. Los hallazgos muestran que existe una brecha significativa al comparar al ecosistema de la IA en el Ecuador con los ecosistemas de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, y Uruguay; mostrando un incipiente uso, adopción de esta tecnología y la falta de políticas públicas que fomenten el aprovechamiento de la IA como medio de desarrollo social, económico y ambiental.

**Palabras clave:** ecosistema IA; metodología; Tortoise; indicadores; tecnología; situación actual

**Abstract:** The objective of this work is to identify and understand the status of the Artificial Intelligence (AI) ecosystem in Ecuador, for which a methodology for measuring the status of AI applied to the leading countries in this area of the region is defined, pretending to reflect the situation of the Artificial Intelligence Ecosystem; therefore, the Tortoise AI Index methodology is taken as a reference, which defines three pillars of analysis; investment, innovation and implementation, which uses 143 indicators divided into seven sub-pillars: Talent, Infrastructure, Operating Environment, Research, Development, Government and Commercial Strategy. The proposal maintains the first five subpillars and uses a new one called institutionalidad that integrates government and commercial strategies.

The research subscribes to a descriptive, quantitative and analytical method of reviewing secondary sources and databases of organizations, companies, governments, among others. The findings show that there is a significant gap when comparing the AI ecosystem in Ecuador with the ecosystems of Argentina, Brazil, Chile, Colombia, and Uruguay; showing an incipient use, adoption of this technology and the lack of public policies that encourage the use of AI as a means of social, economic and environmental development.

**Keywords:** AI ecosystem; methodology; Tortoise; indicators; technology; current situation.

## **INTRODUCCIÓN**

La inteligencia artificial (IA) es una tecnología al servicio del bien social en América Latina y el Caribe (Gómez Mont et al., 2020), cuyo propósito es promover el desarrollo inclusivo sustentado en la promoción del uso responsable y la implementación de soluciones innovadoras a los problemas sociales, económicos y ambientales; siendo esta una gran oportunidad para que los países de la región desarrollen ecosistemas de innovación con estándares y herramientas confiables basadas en IA.

Esta característica le ha permitido ser considerada como uno de los principales motores de transformación, crecimiento socio económico, innovación y rentabilidad; según el informe de Accenture (2022), la IA ya está cambiando nuestra forma de vivir y trabajar, pero muy pocas organizaciones aprovechan todo su potencial, solo el 12% de las organizaciones en todo el mundo están utilizando IA para impulsar el crecimiento y conseguir grandes resultados; quienes han aumentado sus ingresos hasta un 50% más que otras organizaciones y obtienen mejores resultados en experiencia del cliente y sostenibilidad (Accenture, 2022).

En esta línea se espera que al 2030 existan ingresos estimados de USD 16.500 trillones (BID, 2020), por lo que, entre otros aspectos se evidencia una fuerte carrera por liderar esta industria especialmente por Estado Unidos, China y la Unión Europea; otro aspecto en consideración es el mercado laboral donde se requiere que para 2023 todo el personal contratado deberá contar con capacitación en IA; en el ámbito comercial el 95% de compras se realizará en línea para 2040 (Osman, 2019); el mercado de las redes sociales representan a USD 2,6 billones a 2023 (Market Research Future, 2022), respecto a la competitividad empresarial, Gartner asegura que en 2025 el 10% de las empresas que implementen las mejores prácticas de ingeniería de IA, respecto al ámbito ambiental el uso de la IA, en conjunto con otras tecnologías avanzadas, ayudará a disminuir las emisiones globales de carbono hasta en un 15%.

Sin embargo de este favorable contexto, la región presenta las limitaciones sociales y económicas, que no han permitido realizar inversiones públicas y privadas para avanzar en IA, convirtiéndose esta particularidad en una desventaja regional, ya que como se ha evidenciado, la IA es una tecnología importante y fundamental en la cuarta revolución industrial, y dada su naturaleza multipropósito, poder exponencial y capacidad predictiva, podría ser una herramienta importante para abordar diversos desafíos que afectan el desarrollo de la región (Cepal, 2021). Por lo expuesto,

este trabajo de investigación, pretende aportar a la identificación y comprensión del estado de situación del ecosistema de la IA del Ecuador y de los países líderes del cono sur, a través de la definición de una metodología que permita cuantificar y cualificar el grado de preparación de estos, con la finalidad de mitigar el incipiente uso y adopción de la Inteligencia Artificial de los países menos favorecidos de ALC.

La referencia utilizada para identificar la situación actual de la IA en todos los países del mundo se realiza a través de los informes de Oxford, Stanford y Tortoise, los mismos que muestran el ranking de las mejores prácticas internacionales y que generalmente son pocos los países de la región que son evaluados bajo esta métrica. En este sentido, este trabajo que se basa en la metodología del índice de IA de Tortoise, identifica seis pilares fundamentales: Talento, Infraestructura, Entorno Operativo, Investigar, Desarrollo, e Institucional; que incluye 49 indicadores para definir el ecosistema de IA.

En este cometido, la metodología de investigación se suscribe al método descriptivo, cuantitativo y analítico de revisión de fuentes secundarias y bases de datos de organismos, empresas, gobiernos, entre otras. Mediante las que se pudo realizar un estudio comparativo (Benchmark) de los reportes de los Índices de IA para determinar los países líderes de la región, y la identificación de los 49 indicadores que constituyen los pilares que describen un ecosistema de IA, con el objeto de establecer la brecha existente del ecosistema de IA el Ecuador y los países líderes del cono sur.

Los hallazgos encontrados, primero mediante un bechmark de los tres índices de IA, muestran que los países líderes de la región son Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay principalmente, y que al analizar solamente a los países del cono sur se excluye a México; además se evidencia que el Ecuador está en un estado básico e incipiente en relación con el uso y aprovechamiento de la IA; así como una ausencia de política pública que fomente el aprovechamiento de la IA como medio de desarrollo social, económico y ambiental.

## **METODOLOGÍA**

El diseño de la metodología obedece al método descriptivo, que es “el tipo de investigación que tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes” (Martínez, 2018); además es cuantitativa, porque se ciñe a la recopilación objetiva de datos que se centran principalmente en números y valores y finalmente analítica de revisión de fuentes secundarias y bases de datos de organismos, empresas, gobiernos, entre otras.

Con esta información se procedió a realizar un análisis comparativo (Benchmark) de los reportes de los Índices de IA para determinar los países líderes de la región, y la identificación de los 49 indicadores que constituyen los pilares que describen un ecosistema de IA, con el objeto de establecer la brecha existente del ecosistema de IA el Ecuador con los ecosistemas de los países líderes del cono sur.

## La Inteligencia Artificial y su importancia

A saber, la Inteligencia Artificial (IA) se inicia en la década de los años 50 de la mano de Alan Turing quien descifró los códigos nazis de la máquina Enigma en la Segunda Guerra Mundial (Cañado, 2022). Posteriormente, John McCarthy (considerado el padre de la IA) en 1956, inició el debate respecto a que el aprendizaje o cualquier otro rasgo inteligente puede ser descrito con tanta precisión que una máquina podría simularlo. Desde esa fecha hasta la actualidad, muchas son las definiciones que han aparecido, teniendo como premisa que esta: “Es la ciencia y la ingeniería para fabricar máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes. Está relacionado con la tarea similar de usar computadoras para comprender la inteligencia humana, pero la IA no tiene que limitarse a métodos que son biológicamente observables” (McCarthy, 2007, pág. 1).

En este contexto es que la IA se ha desarrollado, llevando a las sociedades a escenarios de automatización de procesos, con sistemas autónomos e inteligentes y robots con similitud al ser humano; impactando en la vida y el statu-quo de las personas en diferentes formas, y planteando nuevos desafíos y retos a los gobiernos por sus efectos. En este desarrollo, se ha originado el debate sobre aquellos sistemas autónomos desarrollados en base a algoritmos de datos y técnicas de aprendizaje propios de la IA que son ajenos a los valores y necesidades humanas; lo que obliga a reflexionar sobre aspectos éticos en el despliegue de la inteligencia artificial; en esta línea, la UNESCO (Diario Popular, 2021) recomienda "garantizar la transparencia y la accesibilidad" de los algoritmos sobre los que se basan estas tecnologías.

Por otro lado, y con el advenimiento de la pandemia de COVID-19, se aceleró la definición e implementación de estrategias de IA en los gobiernos de todo el mundo. Desde la industria farmacéutica que utiliza IA para ayudar con la desarrollo de nuevos fármacos y tratamientos, hasta aplicaciones utilizadas para rastrear contactos con datos de telefonía móvil y geolocalización, las aplicaciones de IA han ayudado a los gobiernos a gestionar la pandemia, y bien puede desempeñar un importante papel en la recuperación económica, debido a su elevado potencial para superar las limitaciones que empiezan a aparecer en la inversión de capital y la mano de obra como factores tradicionales de progreso económico.

Esta característica propia de la IA le ha permitido ser considerada como uno de los principales motores de transformación y crecimiento socio económico de los países en los próximos años, argumentación que se basa en el aporte realizado en el crecimiento de la inversión global anual que va de 13 a 68 billones de dólares (432% desde 2016 al 2020) (Statista, 2022); y entre otras, al impulso de la innovación y la rentabilidad que esta tecnología está realizando. Por ejemplo, se ha proyectado que al 2035, se producirá un incremento en las utilidades de un 31% en el mercado financiero, de un 55% en el de salud y hasta de un 84% en el de educación, entre otros (Purdy y Daugherty, 2017). Por otro lado, estudios recientes determinan que para el 2030 en el área comercial (Rao y Verwei, 2017), la IA llegará a ser una de las más sobresalientes oportunidades de negocio, generando ingresos estimados de USD 16.500 trillones: USD 6.600 billones por mejoras en la productividad y USD 9.900 billones derivados del consumo adicional generado; a esto se suma que en el área laboral (Según estudios del McKinsey Global Institute) el 70% de las empresas a nivel mundial habrá adoptado algún tipo de IA (BID, 2020). Por tal razón, a nivel global se evidencia una fuerte carrera por liderar esta industria, identificando claramente a los 3 gigantes: Estado Unidos,

China y la Unión Europea, quienes pretenden lograr una ventaja de innovación global basada en esta tecnología (Castro et al., 2019), liderando la investigación y su adopción, con acciones específicas y agendas económicas de fomento a la difusión de la IA. Por su parte, los líderes mundiales de las empresas en el sector de la tecnología han declarado que esta, es una tecnología fundamental para dar forma a sus productos. De esta manera, la atención a la IA se amplificó dados los beneficios estimados por el Parlamento Europeo, institución que sostiene que para 2030 se espera que la IA contribuya con más de 11.000 millones de euros a la economía mundial, cantidad que casi iguala al PIB de China en 2020 (Parlamento Europeo, 2021).

En este sentido, la Unión Europea prevé un crecimiento del PIB del 20%, mientras que para China sería del 26% al 2030. Por esta razón, y debido a la importancia que representa para la economía de los países, el uso de esta tecnología ha sido catalogada de prioridad en la política económica de la Unión Europea, por lo que en su Libro Blanco de la IA se comprometió a promover la adopción de la inteligencia artificial y abordar los riesgos asociados con algunos de sus usos; y propuso un marco jurídico para abordar los riesgos generados por usos específicos de la IA centrándose en el respeto de los derechos fundamentales y la seguridad; con lo que pretende se garantizar que las personas perjudicadas por los sistemas de inteligencia artificial disfruten del mismo nivel de protección que las personas perjudicadas por otras tecnologías (European Commission, 2022).

Por otro lado, Allied Market Research pronostica que el mercado mundial de la IA rondará los 150.000 millones de euros en 2025 con un 55% de crecimiento anual. Se suma a esta estimación, el informe de Accenture que resalta el impacto positivo de la IA en la innovación y la rentabilidad, proyectando al 2035 un incremento en las utilidades de hasta el 31% en el mercado financiero, un 55% en el área de la salud y un 84% en educación (Purdy y Daugherty, 2017). Además de la relevancia económica evidenciada, la importancia de la IA radica en su potencial capacidad de transformar todos los aspectos de la vida de las personas, tales como, las relaciones sociales, el empleo, el aprendizaje, el razonamiento, la planificación, la toma de decisiones y la creatividad, esto incluye los ámbitos medioambientales y económicos; así como el gran soporte para resolver desafíos globales como el cambio climático y el acceso a atención médica de calidad, entre otros.

Otro aspecto de relevancia que trae la IA consiste en los retos de cambio que se presentan en el mercado laboral. Al 2021 la OECD señaló que las habilidades de la IA parecen atraer un alza en la prima salarial: en promedio un salario del 11% más alto en comparación con las ofertas de trabajo sin tales demandas y en comparación con una prima del 6% para las habilidades de software (Alekseeva et al., 2019). En la actualidad, las empresas invierten en talento de IA y buscan talento de IA experimentado para poder trabajar con IA, con el fin de capturar el valor de la IA (Ransbotham et al., 2019). Por otro lado, el uso de robots permite a las empresas combinar su fuerza y resistencia con el conocimiento tácito y la toma de decisiones ágiles de un ser humano (Knudsen y Kaívo-Oja, 2020). Por lo que Yamanoto (2019) sugiere que la reorganización de las tareas a raíz de la adopción de la IA contribuye a una mayor satisfacción laboral y al aumento del estrés. En este contexto, Webb (2020) señala que es probable que, a los trabajadores mayores de edad, les resulte más difícil adaptarse a los cambios en el mercado laboral debido a la IA.

Además, las estadísticas de julio de 2021, muestran que Estados Unidos observó la mayor proporción de empleadores en ese país con puestos vacantes: el 50% de todos los empleados

necesitarán volver a capacitarse para 2025 y el 74% de los profesionales cree que la rotación de empleados solo aumentará en el próximo año (Lane y Saint-Martin, 2021). En este aspecto, Gartner señala que para 2023 todo el personal contratado deberá contar con capacitación en IA. No obstante, para 2025 el 70% de las organizaciones se verán obligadas a cambiar su enfoque de grandes datos a más pequeños y amplios, proporcionando mayor contexto para el análisis. Así, la IA será más sólida y tendrá una visión de 360 grados de los problemas comerciales (Gartner, 2021). Por esta razón, los datos del Banco Central Europeo (ECB, 2022) consideran que existirá en el mundo un ahorro de más de 6 billones de horas de trabajo para 2021. De hecho, el Foro Económico Mundial señala en el informe titulado *Jobs of Tomorrow: Mapping Opportunity in the New Economy* que se generarán 133 millones de empleos nuevos a 2022 (World Economic Forum, 2020).

Respecto a las actividades de comercio electrónico (e-commerce) en el mundo, las estimaciones de Gartner señalan que en 2023 la IA impactará en el comercio digital al menos un 25% de mejora en la satisfacción del cliente y en los ingresos o en la reducción de costes (iProUP, 2020). Además, se estima que la facturación, que fue de 2,3 billones de dólares en 2017, alcance a 4,5 billones para 2021 y que el 95% de compras se realizará en línea para 2040 (Osman, 2019). En España, por ejemplo, se prevé que el 57% de las grandes corporaciones incorporen los sistemas de automatización de procesos, el IoT (internet de las cosas) y la robótica (Viewnext, 2019) en actividades de comercio. En esta línea, la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) argumentó que en el segundo trimestre de 2020 la facturación de los e-commerce aumentó en 12.020 millones de euros.

Otro sector en el que las aplicaciones de la IA impulsan la creatividad automatizada de contenido (Kotis, 2021) es el uso de las redes sociales como resultado de la vinculación voluntaria a las aplicaciones sociales y de ocio alojadas en internet que, particularmente, pronostican un crecimiento del mercado de las redes sociales de USD 0.5 billones en 2017 a USD 2,6 billones a 2023 (Market Research Future, 2022). Esto anima a la expansión de aplicaciones de la IA y otras tecnologías disruptivas en los procesos productivos que requieren de innovaciones y generan ganancias de productividad con efectos positivos en el crecimiento económico (Cepal, 2021).

En el ámbito de competitividad empresarial, Gartner asegura que en 2025 el 10% de las empresas que implementen las mejores prácticas de ingeniería de IA, generarán al menos tres veces más valor que el 90% de empresas que no lo hacen. Esta consultora espera también que la IA generativa represente el 10% de todos los datos producidos frente al 1% actual. Además, establece que el 70% de las empresas realizarán proyectos exitosos con aplicaciones de IA. En esta línea, tres de cada cuatro directivos identifican mejoras en la satisfacción del cliente (19%), reducción de costes (15%) y mayores ingresos (15%). Por lo que se establece que el progreso de las aplicaciones de IA en la empresa será imparabile (Gartner, 2021). Finalmente, la Cepal establece que el uso de la IA, en conjunto con otras tecnologías avanzadas, ayudará a disminuir las emisiones globales de carbono hasta en un 15%, es decir, casi un tercio de la reducción del 50% propuesta para 2030 (World Economic Forum, 2019), mediante el desarrollo de soluciones para los sectores de la energía, la manufactura, agricultura y explotación de recursos naturales, construcción, los servicios, el transporte y gestión del tráfico (Ekholm y Rockström, 2019). En contra sentido, en la región de América Latina y el Caribe en general, y en el Ecuador en particular; debido a las limitaciones sociales y económicas, se han realizado pocas inversiones desde el gobierno, la industria y la

investigación para avanzar en IA, convirtiéndose esta particularidad en una desventaja regional, ya que como se ha evidenciado, la IA es una tecnología importante y fundamental en la cuarta revolución industrial, y dada su naturaleza multipropósito, poder exponencial y capacidad predictiva, podría ser una herramienta importante para abordar diversos desafíos que afectan el desarrollo de la región (Cepal, 2021).

## **Análisis comparativo de IA del Ecuador con países líderes de la región**

A nivel general, y como se mencionó en la introducción de este reporte, la región no muestra grandes inversiones que fomenten la implementación y despliegue de la IA en el gobierno, la industria y la investigación, debido a la emergencia sanitaria y a las limitaciones sociales y económicas de los países latinoamericanos. Siendo esta es una desventaja, ya que esta es una tecnología importante y fundamental en la cuarta revolución industrial, y dada su naturaleza multipropósito, poder exponencial y capacidad predictiva podría ser una herramienta importante para abordar diversos desafíos que afectan el desarrollo de la región (Cepal, 2021).

Sin embargo, desde el 2018 se registra una incipiente actividad respecto a la formulación de las estrategias nacionales de IA en países de América Latina, siendo pocos los gobiernos de la región quienes han realizado diferentes niveles de actividad legislativa o política en relación con la IA; seis mercados clave son los que han incluido a la IA en sus instrumentos políticos o legislativos, a saber: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay. Cabe señalar que de a poco los gobiernos de los países de América Latina, están reconociendo la necesidad de incluir la IA en los planes nacionales de desarrollo y otros instrumentos de formulación de políticas (TMG, 2020).

De esta manera, es importante que en los enfoques de los países sobre la IA, se incluyan las leyes sobre la protección de datos y la privacidad, los estatutos sobre ética y responsabilidad, las políticas y programas de conectividad, así como sus estrategias de ciberseguridad, entre otras; con el objeto de mejorar los procesos en la administración pública, el transporte público, la manufactura, los servicios de salud, la educación y la alfabetización, considerados como sectores clave en materia de IA. En este contexto para identificar a las mejores prácticas internacionales de la IA y a los países que lideran estas actividades, se revisó los informes de Oxford, Stanford y Tortoise. En los que se destaca como líderes a los siguientes (ver Tabla 1).

**TABLA 1**

Comparación de los índices internacionales de IA

<b>Índices</b>	<b>Oxford-21</b>	<b>Stanford - 21</b>	<b>Tortoise-19</b>
Brasil	1	1	3
Chile	2	N/A	N/A
Colombia	3	N/A	N/A
Uruguay	4	N/A	2
Argentina	5	N/A	4
México	6	N/A	1

**Fuente:** Oxford Insights, 2021; Stanford University, 2021; Tortoise, 2019

En base a esta comparación se observa que, en la región la canasta de países que se identifican en los reportes anuales de la IA, se conforma por aquellos quienes lideran a las actividades relacionadas con la IA, los mismos que ha desarrollado las siguientes actividades:

- México es el país que inicia la actividad de planificación nacional respecto a la IA, con la publicación de la Estrategia de Inteligencia Artificial MX 2018;
- Uruguay ha venido colaborando con los países integrantes del Digital 9 (D9) desde el 2018 y lanzó en el 2019 una consulta pública de su Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital;
- Colombia, por su parte, publicó en el 2020 la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial;
- Argentina en el 2019, expide el Plan Nacional de Inteligencia Artificial;
- Chile promulgó la Política Nacional de Inteligencia Artificial en el 2019, además establece 28 objetivos para aprovechar los beneficios de la Inteligencia Artificial y el Plan de Acción en abril de 2020; y
- Brasil publicó en julio de 2021 la Estrategia Brasileña de Inteligencia Artificial.

Además, y como se evidencia en el contexto global, el análisis de la IA se viene realizando mediante los informes anuales de medición del índice de IA de Oxford, Stanford y Tortoise. En esta línea de trabajo, y con el objeto de identificar la brecha existente entre el Ecuador respecto a los países líderes de la región de América del Sur en el desarrollo de la IA, se ha tomado como referencia la metodología del reporte de Tortoise Media, por su facilidad de integración, para proponer una metodología de medición, estructura y evaluación alternativa, que permita estandarizar una métrica sencilla de las variables de análisis.

Este reporte, contiene la publicación *The Global AI index* en la que se evalúa a 54 países (Fouirner Guimbao, 2021), los aspectos de la inteligencia artificial a través de tres pilares de análisis; inversión, innovación e implementación. El Índice Global de IA está respaldado por 143 indicadores divididos en siete subpilares: Talento, Infraestructura, Entorno Operativo, Investigación, Desarrollo, Estrategia Gubernamental y Comercial. La propuesta mantiene los primeros cinco subpilares y utiliza uno nuevo denominado Institucionalidad que integra a las estrategias gubernamentales y comerciales. Cada pilar indicador se ha ponderado según su importancia después de consultar con expertos en el campo. Basado en esta estructura es que se identifica los factores de la siguiente manera:

- **Talento:** Se centra en la disponibilidad de profesionales capacitados para la provisión de soluciones de inteligencia artificial (Ver tabla 2).
- **Infraestructura:** Se enfoca en la confiabilidad y la escala de la infraestructura de acceso, desde electricidad e Internet hasta capacidades de supercomputación (Ver Tabla 3).
- **Entorno operativo:** Se enfoca en el contexto regulatorio y la opinión pública en torno a la inteligencia artificial (Ver Tabla 4).
- **Investigar:** Se centra en el alcance de la investigación y los investigadores especializados; investigando la cantidad de publicaciones y citas en revistas académicas creíbles (ver Tabla 5).
- **Desarrollo:** Se centra en el desarrollo de plataformas y algoritmos fundamentales sobre los



que se basan los proyectos innovadores de inteligencia artificial (Ver Tabla 6).

- **Institucionalidad:** Se enfoca en la profundidad del compromiso del gobierno nacional con la inteligencia artificial; investigar los compromisos de gasto y las estrategias nacionales, así como el nivel de actividad de las startups, inversiones e iniciativas empresariales basadas en inteligencia artificial (Ver Tabla 7).

**TABLA 2**  
Definición de Talento de IA

Talento	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Descarga total de paquetes de python	58	29	133	94	16	124	<a href="https://pypi.org/">https://pypi.org/</a>
Habilidades tecnológicas	3,9	3,7	4	4,2	4,5	3,2	<a href="http://www.mooc-maker.org/wp-content/files/WPD1.1_ESPAOL.pdf">http://www.mooc-maker.org/wp-content/files/WPD1.1_ESPAOL.pdf</a>
Número de commits de github	230709	52085	235704	88663	27558	104802	<a href="https://commits.top/">https://commits.top/</a>
Número de preguntas en stack overflow questions	982	1364	1298	1368	652	1698	<a href="https://stackoverflow.com/questions/tagged/google-bigquery/">https://stackoverflow.com/questions/tagged/google-bigquery/</a> <a href="https://cloud.google.com/blog/products/gcp/google-bigquery-public-datasets-now-include-stack-overflow-q-a">https://cloud.google.com/blog/products/gcp/google-bigquery-public-datasets-now-include-stack-overflow-q-a</a>
Egresados en estudios relativos a IA	N/A	30,71	38,63	N/A	31,95	39,4	Unesco
Número de usuarios en meetup de inteligencia artificial	1023	1564	1490	1643	714	1992	<a href="https://www.kaggle.com/paultimothymooney/how-to-query-the-stack-overflow-data?select=posts_answers">https://www.kaggle.com/paultimothymooney/how-to-query-the-stack-overflow-data?select=posts_answers</a>
Profesionales en industrias relacionadas a la IA	0,00014	0,00006	0,00013	0,00026	0,00017	0,00013	Linkedin

**TABLA 3**  
Definición de Infraestructura de IA

Infraestructura	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Cobertura 4G	100,00	96,88	94,10	95,00	100,00	99,98	<a href="https://publications.iadb.org/">https://publications.iadb.org/</a>
Coste de macbook pro 15" 2.3ghz 512gb touch bar en moneda local/dólar	1803,12	1919,00	1776,60	1827,29	1783,22	1909,76	<a href="https://themacindex.com/">https://themacindex.com/</a>
Velocidad media de bajada datos	50,76	29,70	49,64	169,96	55,26	84,65	<a href="https://www.speedtest.net/global-index">https://www.speedtest.net/global-index</a>
Coste medio de banda ancha en dólares	43,98	43,87	13,69	33,99	40,10	28,24	<a href="https://www.cable.co.uk/broadband/pricing/worldwide-comparison/">https://www.cable.co.uk/broadband/pricing/worldwide-comparison/</a>
Porcentaje de población con acceso a internet	65,00	54,00	74,00	82,00	77,00	70,00	<a href="https://datos.bancomundial.org/">https://datos.bancomundial.org/</a>
Porcentaje de población con acceso a electricidad	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	<a href="https://datos.bancomundial.org/">https://datos.bancomundial.org/</a>
Penetración	1,15	0,76	1,39	1,24	1,50	1,23	<a href="https://databank.wo">https://databank.wo</a>

Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador  
en relación con los países líderes de la región del Cono Sur

Infraestructura	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
dispositivos móviles							<a href="http://rldbank.org/Mobile-penetration-/id/5494a8e">rldbank.org/Mobile-penetration-/id/5494a8e</a>
Importación circuitos integrados (OEC) / población	1,52068479	3,11981305	3,2588296	5,07764363	2,37439549	19,9074487	<a href="https://oec.world/en/profile/hs92/integrated-circuits?redirect=true">https://oec.world/en/profile/hs92/integrated-circuits?redirect=true</a>
Exportación circuitos integrados (OEC) / población	0,32847682	0,02814259	0,01572414	0,04837014	0,03223443	0,03189448	<a href="https://oec.world/en/profile/hs92/168542#trade">https://oec.world/en/profile/hs92/168542#trade</a>

**TABLA 4**  
Definición de Entorno Operativo de IA

Entorno Operativo	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Diversidad de Profesionales en SCI	37,65	41,10	53,20	34,40	49,30	N/A	UNESCO, World Bank
Coste en \$ de obtener una Visa	150	30	30	45	42	45	Distintas fuentes de Gobierno
Periodo de Estancia permitido por una VISA	1095	90	90	90	90	90	Varias fuentes de gobierno
Legislación sobre Protección de Datos	1	1	1	1	1	1	UNICAD
Presencia del "Derecho de Explicación"	1	1	1	1	1	1	Varias fuentes de gobierno
Ranking de líderes en Datos Abiertos	52,00	N/A	47,00	40,00	56	50	Open Data Barometer
Índice Global de Ciberseguridad	73	98	94	83	51	70	ITU

**TABLA 5**  
Definición de Actividades de Investigar de IA

Investigar	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Número de investigadores en relación a población total	0,0086709	0,0372973	0,1177292	0,0486621	0,0696373	0,0859262	<a href="http://data.uis.unesco.org/">http://data.uis.unesco.org/</a>
Número de citas en artículos	0,0151646	0,0124734	0,0024902	0,0759404	0,0457484	0,0409225	<a href="https://www.scimagojr.com/journalrank.php?category=1702">https://www.scimagojr.com/journalrank.php?category=1702</a>
Número de publicaciones en Inteligencia Artificial	2002	948	1553	1802	201	13990	<a href="https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702">https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702</a>
Posición más alta conseguida en el H-Index	35	18	39	51	16	98	<a href="https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702">https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702</a>
Número de autores aceptados en conferencias de Inteligencia Artificial	5	N/A	15	15	5	19	<a href="https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702">https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702</a>
Número de laboratorios o	2	4	2	1	3	5	<a href="https://ifga-ne.ai/talent-2019/">https://ifga-ne.ai/talent-2019/</a>

Investigar	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
equivalentes de Inteligencia Artificial							
Número de universidades ofreciendo cursos avanzados en IA	2	2	2	2	2	3	<a href="https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-América-Latina-y-el-Caribe-Panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises.pdf">https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-América-Latina-y-el-Caribe-Panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises.pdf</a>
Gasto Total en Investigación y Desarrollo/ Población	0,25	0,44	0,54	0,36	0,48	1,26	<a href="https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-América-Latina-y-el-Caribe-Panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises.pdf">https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-América-Latina-y-el-Caribe-Panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises.pdf</a>

**TABLA 6**  
Definición de Desarrollo de IA

Desarrollo	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Commits on popular open source AI packages	21	13	23	12	5	34	GitHub
Colaboradores en plataformas de código abierto en IA	39	23	81	23	18	45	GitHub
Número de patentes de IA registradas por aplicantes	28	10	31	26	-	96	Google Big Query
Número de patentes de IA registradas por inventor	21	2	15	20	-	46	Google Big Query
Número de patentes de IA concedidas por aplicante	10	4	15	20	-	43	<a href="https://www.kaggle.com/bigquery/uspto-occe-assignment">https://www.kaggle.com/bigquery/uspto-occe-assignment</a>
Número de patentes de IA concedidas por inventor	9	-	4	9	-	17	<a href="https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf">https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf</a>
Ratio de patentes aceptadas por aplicante	55.96	3.55	42.18	49.72	30.91	40.68	<a href="https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf">https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf</a>
Ratio de patentes aceptadas por inventor	0,09	0,06	0,26	0,2	0,19	0,1611	<a href="https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf">https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf</a>

**TABLA 7**  
Definición de Institucionalidad de IA

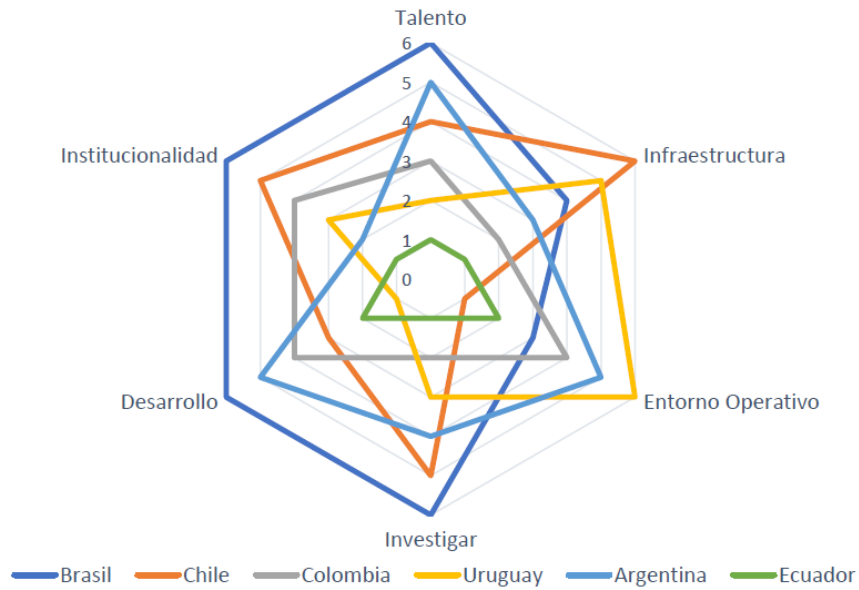
Institucionalidad	Colombia	Ecuador	Argentina	Chile	Uruguay	Brasil	Fuente
Crédito en impuestos para investigación y desarrollo	0,5	0,5	0,4	0,39	0,541	0,5312	Varios documentos sobre estrategias nacionales
Reportes dedicados a IA	49	44	41	51	30	53	Varios documentos sobre estrategias nacionales
Índice de Gobierno Electrónico	0,7164	0,7015	0,8279	0,8259	0,85	0,7677	UN-EGDI
Importancia de las TIC para el gobierno en su visión de Futuro	4,3330372	3,9292035	2,5816496	3,9153785	4,0907276	3,1282757	WEF Networked Readiness Index
Índice de servicios online de UN	0,8819	0,7292	0,75	0,8333	0,8889	0,9236	NNUU
Estrategias firmada por Senior Minister or Policy Maker	8	5	15	12	5	38	Varios documentos sobre estrategias nacionales
Inversiones en Startups de IA	10244697	25000	5760000	287638247	N/A	154363954	Crunchbase
Número de Startups de IA	25	4	25	36	6	228	Crunchbase
Inversión media en Startup de Inteligencia Artificial	409787,88	6250	230400	7989951,3	N/A	677034,89	Crunchbase
Private sector-innovation capability	35,5	32	40,5	41,3	36,4	47,8	WEF Global Competitiveness Report 2018

Luego de identificar los valores de los factores en revistas especializadas, reportes de organismos, reportes de gobierno, entidades educativas y demás fuentes secundarias; se procede a clasificarlos de manera descendente en una escala de 6 (mayor valor) al 1 (menor valor), para luego obtener un promedio por factor y país, obteniéndose el resultado de la Tabla 8.

**TABLA 8**  
Valoración de las dimensiones de la IA

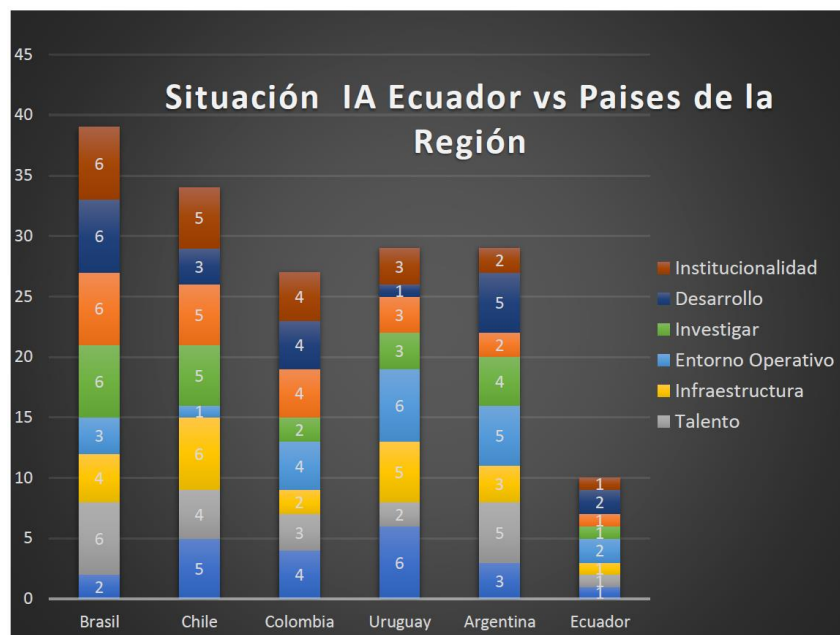
País	Talento	Infraestructura	Entorno Operativo	Investigar	Desarrollo	Institucionalidad
Brasil	6	4	3	6	6	6
Chile	4	6	1	5	3	5
Argentina	5	3	5	4	5	2
Uruguay	2	5	6	3	1	3
Colombia	3	2	4	2	4	4
Ecuador	1	1	2	1	2	1

De acuerdo a esta valoración y con el objeto de graficar la brecha existente con el líder de la región, Brasil y los demás países con notables actividades relacionadas con la IA, se evidencia que en el Ecuador las actividades son incipientes en esta temática (Ver Figura 1).



**FIGURA 1**  
Radar de IA del Ecuador vs. países de la Región

Finalmente, y con el objeto de graficar la situación de la IA en el Ecuador en relación con los países de Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay, la figura que a continuación se presenta evidencia la poca actividad e inversión que tiene este país en el ámbito tecnológico (Ver Figura 2).



**FIGURA 2**  
Situación de la IA del Ecuador vs países de la Región

## CONCLUSIONES

Según lo sistematizado a partir de los reportes de Oxford, Stanford y Tortoise, en la región seis mercados clave son los que han incluido a la IA en sus instrumentos políticos o legislativos, a saber: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay.

En términos generales, la región no muestra grandes inversiones que fomenten la implementación y despliegue de la IA en el gobierno, la industria y la investigación, debido a la emergencia sanitaria y a las limitaciones sociales y económicas de los países latinoamericanos. Siendo esta es una desventaja según la Cepal, ya que esta es una tecnología importante y fundamental en la cuarta revolución industrial, y dada su naturaleza multipropósito, poder exponencial y capacidad predictiva podría ser una herramienta importante para abordar diversos desafíos que afectan el desarrollo de la región.

La situación del ecosistema de la IA en Ecuador respecto con el líder de la región, Brasil y los demás países con notables actividades relacionadas con la IA, muestra que las actividades son incipientes en esta temática.

De las seis dimensiones evaluadas el Ecuador se muestra niveles con un mínimo desarrollo en cinco de estas, que son: talento, infraestructura, entorno operativo, investigar e institucionalidad; con un impacto en diez indicadores con valores aceptables de los cuarenta y nueve evaluados, siendo estos: Número de preguntas en Stack Overflow Questions, Cobertura 4G, Diversidad de Profesionales en SCI, Coste en USD\$ de obtener una Visa, Periodo de Estancia permitido por una VISA, Legislación sobre Protección de Datos, Presencia del "Derecho de Explicación", Número de laboratorios o Equivalentes de Inteligencia Artificial, Número de Universidades ofreciendo cursos avanzados en IA, e Importancia de las TIC para el Gobierno en su visión de Futuro.

No obstante, en algunos indicadores de desarrollo o institucionalidad se encuentran valores importantes para el desempeño del país frente a los líderes de la región (citaciones, laboratorios o esquemas regulatorios).

Finalmente, en el conjunto del ecosistema digital la situación de los subpilares revisados es comparativamente baja frente los demás países, sobre todo en aspectos de patentes o start ups, aspectos que merecen atención en una perspectiva de gestión por el conjunto de los actores del ecosistema. Por lo expuesto, se requiere de una política pública que se enfoque en el ecosistema digital como medio de desarrollo del ecosistema de IA, que beneficie al menos las seis dimensiones propuestas en la metodología presentada y sus indicadores.

## REFERENCIAS

- Accenture (24 de junio de 2022) *El arte de la madurez de la IA: de la práctica a los resultados*.  
<https://www.accenture.com/es-es/insights/artificial-intelligence/ai-maturity-and-transformation>
- Alekseeva, L., Azar, J., Gine, M., Samila, S., & Taska, B. (2019) The Demand for AI Skills in the Labor Market. *Labour Economics, Forthcoming*, 1-60.
- BID (2020) *Inteligencia artificial Gran oportunidad del siglo XXI*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de

Desarrollo.

- Cañado, N. (2022) La inteligencia artificial aplicada al C2. *Revista General de Marina*, 282, 521-526.
- Castro, D., McLaughlin, M., y Chivot, E. (2019) *Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States?* – *Center for Data Innovation*. <https://datainnovation.org/2019/08/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states/>
- Cepal (20 de noviembre de 2021) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Cumbre de Inteligencia Artificial en América Latina*: <https://www.cepal.org/es/notas/cumbre-inteligencia-artificial-america-latina>
- Diario Popular (2021) *La Unesco crea marco ético y político para la Inteligencia Artificial*. <https://www.diariopopular.com.ar/tecnologia/la-unesco-crea-marco-etico-y-politico-la-inteligencia-artificial-n601417>
- ECB (2022) *El Banco Central Europeo*. <https://www.ecb.europa.eu/ecb/html/index.es.html>
- Ekholm, B. y Rockström, J. (2019) *Digital technology can cut global emissions by 15%. Here's how*. Cologne: Foro Económico Mundial.
- European Commission (28 de septiembre de 2022) *Liability Rules for Artificial Intelligence*. [https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/doing-business-eu/contract-rules/digital-contracts/liability-rules-artificial-intelligence\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/doing-business-eu/contract-rules/digital-contracts/liability-rules-artificial-intelligence_en)
- Fourner Guimbao, J. (13 de julio de 2021) *Inteligencia artificial: una carrera hacia un futuro tecnológico*. Documento de Opinión IEEE 89/2021: [https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2021/DIEEEO89\\_2021\\_JOAFOU\\_Inteligencia.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEEO89_2021_JOAFOU_Inteligencia.pdf)
- Gartner (2021) Top Strategic Technology Trends for 2022 12. *Trends Shaping the Future of Digital Business*. Stanford: Gartner.
- Gartner (21 de septiembre de 2021) *Las 4 tendencias que prevalecen en el Hype Cycle de Gartner para la IA*. <https://www.gartner.com/en/articles/the-4-trends-that-prevail-on-the-gartner-hype-cycle-for-ai-2021>
- Gómez Mont, C., del Pozo, C. M., Martínez Pinto, C., y Martín del Campo Alcocer, A. V. (2020) *La inteligencia artificial al servicio del bien social en América Latina y el Caribe: Panorámica regional e instantáneas de doce países*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0002393>
- iProUP (2020) *Inteligencia artificial, clave en el eCommerce: este es su impacto*. <https://www.iproup.com/innovacion/11879-inteligencia-artificial-clave-en-el-ecommerce-este-es-su-impacto17>
- Knudsen, M. y Kaivo-Oja, J. (2020) Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 13-20.
- Kotis, K. (febrero de 2021) Artificial general intelligence and creative economy. *Academia Letters*, Article 260. [https://www.academia.edu/45075226/Artificial\\_General\\_Intelligence\\_and\\_Creative\\_Economy](https://www.academia.edu/45075226/Artificial_General_Intelligence_and_Creative_Economy)
- Lane, M. y Saint-Martin, A. (2021) The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far? *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 256, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/7c895724-en>.
- Market Research Future (2022) *AI in social media market size, growth and forecast 2020 –2030*. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/ai-in-social-media-market-6089>
- Martínez, C. (24 de enero de 2018) *Investigación descriptiva: definición, tipos y características*. <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- McCarthy, J. (2007) *What is Artificial Intelligence?* Recuperado el 06 de 2021, de Computer Science Department. Stanford University: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>
- Osman, M. (2019) *Estadísticas de Ecommerce para 2019 - Chatbots, Voz, Omni-Channel Marketing*. <https://kinsta.com/es/blog/estadisticas-ecommerce/>
- Oxford Insights (2021) *Government AI Readiness Index 2021*. <https://www.oxfordinsights.com/government->

ai-readiness-index2021

- Parlamento Europeo (2021) *Proyecto de informe sobre la Inteligencia Artificial en la Era Digital (2020/2266(INI))*. Bruselas: Parlamento Europeo 2019-2024.
- Purdy, M., y Daugherty, P. (2017) *How AI industry profits and innovation boosts*. [https://www.accenture.com/fr-fr/\\_acnmedia/36dc7f76eab444cab6a7f44017cc3997.pdf](https://www.accenture.com/fr-fr/_acnmedia/36dc7f76eab444cab6a7f44017cc3997.pdf)
- Rao, A., y Verwei, G. (2017) *Sizing the prize What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* PWC. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>.
- Stanford University (2021) *The AI Index Report 2022 – Artificial Intelligence Index*. <https://aiindex.stanford.edu/ai-index-report-2022/>
- Statista (2022) *Total global AI investment 2015-2021*. <https://www.statista.com/statistics/941137/ai-investment-and-funding-worldwide/>
- TMG (2020) *Repaso de las políticas y desarrollos latinoamericanos sobre inteligencia artificial*. Virginia: Telecommunications Management Group, Inc.
- Tortoise (2019) *Tortoise*. <https://www.tortoisemedia.com/>
- Viewnext (2019) *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la actualidad*. <https://www.viewnext.com/inteligencia-artificial-aplicaciones/>
- World Economic Forum (2019) *Digital technology can cut global emissions by 15%. Here's how*. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>
- World Economic Forum (2020) *Jobs of Tomorrow Mapping Opportunity in the New Economy*. Geneva: World Economic Forum.



## ARTÍCULOS

La investigación geofísica en los estudios de balsas de relaves: su aplicación e inclusión en el ACUERDO N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM de la República de Ecuador



Geophysical research in tailings pond studies: its application and inclusion in N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM AGREEMENT of the Republic of Ecuador

Alonso-Pandavenes, Olegario; Andrade-Mendoza, Carlos; Torrijo-Echarri, Francisco Javier



**Olegario Alonso-Pandavenes**

geotecnia2015@gmail.com  
GEOTOP Ecuatorial. Quito, Pichincha, Ecuador



**Carlos Andrade-Mendoza**

caandradem@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador, FIGEMPA.  
Quito, Pichincha, Ecuador



**Francisco Javier Torrijo-Echarri**

fratorec@trr.upv.es  
Centro de Investigación en Arquitectura,  
Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible  
(PEGASO). Departamento Ingeniería del Terreno,  
Universitat Politècnica de València. Valencia,  
España

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
ISSN: 1390-7042  
ISSN-e: 2602-8484  
Periodicidad: Semestral  
vol. 16, núm. 2, 2023  
[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 02 abril 2023  
Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4488>

Autor de correspondencia: [geotecnia2015@gmail.com](mailto:geotecnia2015@gmail.com)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Alonso-Pandavenes, O., Andrade-Mendoza,

**Resumen:** La aplicación de las técnicas geofísicas en la investigación de la obra civil, como el estudio de las presas de relaves mineras en todas sus fases, ha sido actualizada en Ecuador con el ACUERDO N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM y su Anexo II. Se realiza una revisión de las mismas, su utilidad y los parámetros que aportan para cada parte de la construcción de una balsa de relaves mineros. Se hace una revisión también de las que han sido incluidas en el Acuerdo Ministerial y la posibilidad de incluir más técnicas que las que se indican en dicha normativa. Se concluye con la importancia de estas técnicas en la investigación complementaria previa y en el monitoreo durante la vida y cierre del repositorio y la solución de problemas geotécnicos variados. También se recomienda un análisis y la inclusión de más técnicas de investigación geofísica en este Acuerdo Ministerial y en la normativa minera de Ecuador.

**Palabras clave:** geofísica; balsas de relaves; acuerdo MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM; minería

**Abstract:** The application of geophysical techniques in the investigation of civil works, such as the study of mining tailings dams in all its phases, has been updated in Ecuador with N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM AGREEMENT, and its Annex II. A review of them, their usefulness, and the parameters they provide for each part of constructing a mining tailings pond are carried out. A review is also made of those that have been included in the Ministerial Agreement and the possibility of including more techniques than those indicated in said regulations. It concludes with the importance of these techniques in the previous complementary investigation, monitoring during the life and closure of these repositories and the solution of various geotechnical problems. An analysis including more geophysical investigation techniques in this Ministerial Agreement and Ecuador's mining regulations is also recommended.

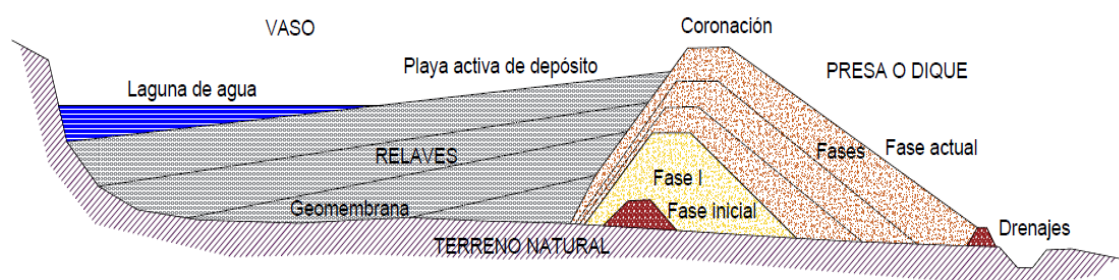
C., & Torrijó-Echarri, F. J. (2023). La investigación geofísica en los estudios de balsas de relaves: su aplicación e inclusión en el ACUERDO N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM de la República de Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 39-57.  
<https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4488>

**Keywords:** geophysics; tailings ponds; MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM agreement; mining.

## INTRODUCCIÓN

La minería genera grandes volúmenes de materiales residuales como consecuencia de la explotación y tratamiento de los recursos mineros de forma inevitable, ya que los minerales de interés son solo un porcentaje muy reducido de la extracción y aprovechamiento (menos de un 1%). Las balsas de relaves son, por lo tanto, elementos inherentes a la actividad minera y de gran importancia (SERNAGEOMIN, 2022). Según Gómez-Ortiz y Martín-Crespo (2010), son lugares de acumulación de los materiales derivados de los procesos de metalurgia de las menas metálicas, incluidos los descartes de la extracción (ganga) y los restos de concentrados no útiles de la mena. Por lo tanto, están constituidas por materiales de granulometría fina a media (y en ocasiones gruesos) que contienen rechazos del tratamiento mineral transportados y depositados en fase seca o acuosa.

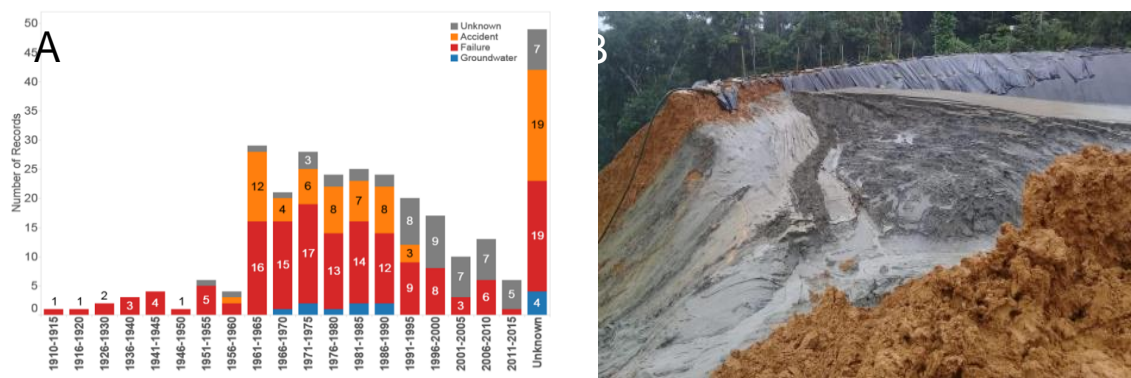
Las balsas de relaves constan de dos partes fundamentales: la presa, muro o dique y el vaso (Ver Figura 1). La primera es la más importante (y donde se centran la mayoría de estudios), ya que constituye el contrafuerte que limita la zona cerrada donde se depositarán los residuos mineros. El vaso es toda la superficie donde los sedimentos serán acumulados, pero no carece de importancia ya que puede ser una puerta de salida a lixiviados o fluidos por filtración. La superficie de apoyo de ambos elementos es común y precisa de un estudio detallado antes de proceder a su empleo (Sernageomin, 2022).



**FIGURA 1**

Esquema simplificado de una presa de relaves construida “aguas abajo”  
Modificado de Sernageomin, 2022

Los depósitos de relaves han sido protagonistas destacados en las roturas de presas (incluyendo las hidráulicas; Stachan y Goodwin, 2015) y produciendo desastres importantes, los cuales, en los últimos años parecen decrecer (Ver Figura 2A). Por lo tanto, la investigación y seguimiento de las labores tanto de diseño como de construcción y cierre son fundamentales frente a los riesgos que representan para el medioambiente y las poblaciones cercanas (Rico *et al.*, 2008). En Ecuador se han dado varios casos de roturas de balsas de pequeño tamaño, como por ejemplo la sucedida en el cantón Camilo Ponce Enríquez (Ver Figura 2B) en el pasado 2020 (Rhon Dávila, 2020).



**FIGURA 2**

(A) Histórico de rotura por años y tipo, tomado de Strachan y Goodwin (2015). (B) Rotura de presa de relaves en Camilo Ponce Enríquez en el 2020, Ecuador. Tomado de Rhon Dávila (2020).

En el año 2020, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) de la Republica de Ecuador aprobó el Acuerdo N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM (en adelante AM-43) cuyo objeto es el de “establecer los procedimientos administrativos y condiciones técnicas para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de Depósitos de Relaves en los cuales se deposite residuos metalúrgicos provenientes de concesiones mineras en los regímenes de mediana minería y minería a gran escala a nivel nacional”, de aplicación a nivel nacional en regímenes de minería a mediana y gran escala.

Según este Acuerdo, un depósito de relaves o relavera es una “obra que permite almacenar los relaves provenientes de la fase de beneficio de toda actividad minera, contenidos en una obra estructurada en forma segura y de carácter permanente”. También se considera que la construcción del depósito impida el flujo de su contenido fuera de sus límites y que el agua (y los posibles lixiviados) disponga de un sistema de recirculación de acuerdo a la normativa ambiental vigente. En el Anexo II al mencionado AM-43: “Guía Técnica para la Presentación de Proyectos de Diseño de los Depósitos de Relaves”, se contempla un instructivo para la aprobación de dichos proyectos en relación a su Art. 35.

Los métodos y técnicas geofísicas son utilizadas con la finalidad de obtener información, de forma complementaria, de la estructura del subsuelo, determinación de propiedades ingenieriles del terreno *in-situ*, determinar profundidades de niveles freáticos y el basamento rocoso (USACE, 1995). Además, según la misma publicación, contribuyen en gran medida a dar solución a problemas geológicos, geotécnicos y medioambientales, basándose en el contraste de las propiedades indirectas medidas. Sin embargo, la medida de parámetros indirecta y la variabilidad del terreno precisan de modelizar y partir de asunciones geológicas ambiguas, en algunos casos, que generan soluciones o modelos ilimitados. Sin embargo, siendo herramientas de investigación complejas son insustituibles en la resolución y complementación de las investigaciones directas (USACE, 1995).

## MÉTODOS

### Investigaciones geofísicas en la exploración geológico-geotécnica del terreno

Los métodos geofísicos aplicables a la investigación geológica y geotécnica se centran en los relacionados con la aplicación de un campo artificial: sísmicos, eléctricos y electromagnéticos. Dentro de éstos existen también técnicas de investigación de campo natural aplicables a algún tipo de investigación como el potencial espontáneo (IP) en el flujo de acuíferos (CEDEX, s.f.), sin embargo, estos métodos de campo natural no suelen disponer de la precisión suficiente como para ser empleados en la investigación geotécnica (son cualitativos, principalmente).

A continuación, se procederá a describir y relatar brevemente estos métodos y alguna de sus técnicas más apropiadas al estudio de la implantación de las balsas de relaves y la geotecnia, haciendo una revisión de los mismos representada en la Tabla 1. Se indica, como referencia, el parámetro físico que se mide en su aplicación, el cual será el que se relacione con materiales o propiedades del terreno. Asociada a cada técnica se indica los tipos de dispositivos o arreglos (forma o disposición de los equipos de medida en el terreno para aplicar la técnica) más usados o comunes en cada una de las técnicas descritas, su aplicación general a problemas o estudios de investigación óptimos o con mejores resultados y algunos comentarios relativos a la ejecución de los ensayos (Reynolds, 1997; Telford *et al.*, 1990; USACE, 1995).

**TABLA 1**  
Resumen de investigaciones geofísicas aplicadas a geotécnica y geología

Método	Técnica	Parámetro	Dispositivo	Aplicación	Observaciones
Sísmico	Reflexión	TWT (tiempo)	Perfil 2D	Estructura geológica, fallas	Valor económico alto
	Refracción	V <sub>p</sub> Vs*	Perfil 2D	Rellenos, basamento, ripabilidad, estratigrafía	(*) La Vs es compleja de obtener en superficie
	SASW	Aceleración, Vs	Línea corta	Vs en zonas superficiales	Aplicable hasta 10 a 20 m máximo
	MASW	Vs	Perfil 1D	Distribución de la Vs, Vs30	Buena resolución superficial, útil hasta 40 m
	ReMi	Vs	Perfil 1D	Distribución de la Vs, Vs30	Resolución media hasta más de 150 m
	MAM	Vs	Geométrico	Distribución de la Vs	Resolución baja en superficie, hasta 300 m
	HVSR	f <sub>o</sub>	Estación	Periodo de vibración (¿Distribución de la Vs?)	La inversión no ofrece resultados fiables en Vs
	SPAC	Vs	Geométrico	Distribución de la Vs	Resolución baja en superficie, hasta 500 m
	UP – Down – Cross Hole	V <sub>p</sub> y/o Vs**	Pozo o sondeo habilitado	Distribución de Vs y V <sub>p</sub> , Módulos elásticos dinámicos	(**) La Vs solamente en Down-hole. Valores en la vertical (sondeo)

Método	Técnica	Parámetro	Dispositivo	Aplicación	Observaciones
Eléctrico	SEV	Resistividad	Estación	Estratigrafía, acuíferos, humedad, basamento	En distribución vertical (como un sondeo)
	Calicatas	Resistividad	Alineación	Cambios laterales facies	En la horizontal
	Tomografía	Resistividad	Perfil 2D	Estratigrafía, acuíferos, humedad, huecos, basamento	Sobre el perfil involucrado (sin datos en los extremos)
	SP	Potencial (Volt)	Alineación	Flujo de agua	Valores puntuales sobre perfil
	Registros en pozo	Voltaje, resistividad	Vertical en pozo	Estudio de sondeos a destroza, acuíferos	Información complementaria a otros datos (perforación)
E.m.	FDEM	Resistividad	Móvil	Estudios hidrogeológicos, materiales conductivos (lixiviados)	Fácil y sencillo de aplicación, con problemas de interferencias
	TDEM	Resistividad	Geométrico	Estratigrafía, acuíferos, humedad, basamento	Similar a un SEV, pero en el dominio del tiempo
	Georadar	TWT (tiempo)	Alineación	Servicios enterrados, huecos, geología superficial	Alta resolución hasta 5-10 m, problemas de penetración a más profundidad

## Método Sísmico

El método sísmico se basa en el estudio de una onda elástica a lo largo de su trayecto dentro del terreno. Este tipo de análisis se puede realizar desde la perspectiva del dominio del tiempo (técnicas activas) o del dominio de la frecuencia (técnicas pasivas). Dentro de las técnicas activas se encuentran las de reflexión y la de refracción, mientras que en las pasivas encontramos una variedad mayor de técnicas como las pasivas-activas (SASW, MASW y ReMi) y las pasivas-pasivas (MAM, ReMi, HVSR y SPAC).

### Sísmica de reflexión

La sísmica de reflexión se basa en la medida de las reflexiones dentro de un material de una onda elástica del tipo compresional (primaria o P). La técnica se emplea en la definición de la estructura del terreno (fallas y estratificación) y precisa de la ejecución conjunta con perfiles de refracción para poder realizar la migración (establecer la profundidad de los reflectores) de los registros. Por este motivo, y por los tipos de equipos a emplear y la necesidad de especialización en la interpretación, suele ser una técnica poco empleada debido a su coste económico de aplicación, principalmente. No obstante, se trata de una técnica, sobre todo la reflexión de alta resolución, muy interesante en la investigación tanto de la zona de la presa como del vaso en las balsas de relaves en relación al establecimiento de la estructura del terreno.

### Sísmica de refracción

La técnica de la refracción tiene su principio de aplicación en la refracción crítica de una onda elástica sobre un refractor o interface con cambios en la impedancia sísmica. Es una técnica

ampliamente aplicada en estudios de naturaleza civil y medioambiental y se trata de una herramienta fundamental en la definición de la posición del substrato rocoso y el establecimiento de correlaciones con ciertos parámetros del terreno (como la compacidad de los sedimentos, la ripabilidad o la fracturación de las rocas).

### **Sísmica SASW**

Las técnicas de sísmica activa-pasiva como la SASW (*Spectral Analysis of Surface Waves*), son técnicas de perfil que ofrecen resultados en 1D. Se basan en el análisis de la señal producida por el paso en el terreno de una onda elástica (superficial, no de cuerpo) en el dominio de la frecuencia (análisis espectral). Esta técnica dispone de un alcance en profundidad limitado con un máximo de 30 m de investigación y alta resolución en los primeros 10 m de prospección. Es recomendada en el estudio de huecos, estructuras y niveles geológicos compactos y superficiales.

### **Sísmica MASW**

Se trata de otra técnica activa-pasiva (medida del ruido ambiental predominantemente) que, en este caso, se basa en un análisis multiespectral de las ondas superficiales (*Multichannel Analysis of Surface Waves*). Similar a la técnica SASW en los resultados obtenidos, pero en este caso se emplean perfiles más largos (entorno a los 60 m) que permiten alcanzar una profundidad media de unos 40 a 50 m (Park *et al.*, 1999). Es la técnica más empleada y recomendada en la determinación de la Vs30 en los estudios de sismo resistencia (NEC-SD-DS, 2015).

### **Sísmica pasiva ReMi**

La sísmica pasiva de tipo ReMi (*Refraction Microtremor*) es de tipo pasiva-pasiva y solo mide el rumor o ruido ambiental en la zona de estudio para, posteriormente, analizar los resultados en función de la distribución de frecuencias. Con respecto a las anteriores ésta permite alcanzar una mayor profundidad (más de 150 m) con un resultado de distribución de la velocidad de la onda de corte también de tipo puntual (1D) asociada al centro del dispositivo aplicado o perfil de geófonos (Louie, 2001).

### **Sísmica pasiva HVSR**

El análisis del cociente espectral entre las componentes horizontal y vertical (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) en un punto de estación mediante un grupo de tres geófonos orientados en las direcciones del espacio es una técnica en desarrollo actualmente que presenta varias aplicaciones interesantes en la investigación de las balsas de relaves (Nakamura, 1989). Si bien está ampliamente aceptada como una técnica que permite la definición del periodo fundamental de vibración del terreno ( $T_0$ ), en conjunción con investigaciones directas (sondeos) es posible determinar la posición del substrato rocoso (Alonso-Pandavenes *et al.*, 2020) y estudios de amplificación del terreno (efecto sitio) para análisis de sismo resistencia.

### **Técnicas en pozo (sondeos)**

La investigación de perforaciones, pozos o sondeos suelen ser necesarias cuando la ejecución del mismo se ha realizado empleando técnicas destructivas de avance (percusión y/o rotopercusión). En dichos casos, la auscultación de la perforación permite complementar los resultados de los análisis del ripio recuperado. Las técnicas de ensayo sísmico en pozo comprenden las de *up-hole*, *down-hole* y *cross-hole*, dependiendo del movimiento de los equipos dentro de la perforación.

Además, existen otras complementarias que se pueden ejecutar en ensayos *in situ* como el dilatómetro sísmico (sDMT) y el piezocono sísmico (sCPTu). Se trata de técnicas en 1D, a excepción del *cross-hole* que es 2D, con medida de la velocidad de la onda de compresión ( $V_p$ ) y/o la de corte ( $V_s$ ).

## Método Geoeléctrico

El método geoeléctrico está basado en la medida de la resistencia eléctrica a lo largo de una sección (resistividad) cuando aplicamos un campo eléctrico en el terreno. La resistividad, invariante a la geometría de los materiales, permite discriminar materiales con variaciones en la impedancia eléctrica importantes. En contraposición a esta ventaja ésta no está relacionada con parámetros elásticos (geomecánicos) del terreno (Orellana, 1981).

### Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Se trata de la técnica geoeléctrica más conocida y aplicada con éxito en la investigación hidrogeológica, sobre todo. Se basa en la medida en la vertical (sondeo 1D) de la variación de la resistividad de los materiales al paso de una corriente eléctrica. Se suele aplicar mediante dispositivos o arreglos tetraelectródicos (Schlumberger, Wenner o Dipolo-dipolo) o trielectródicos (Polo-dipolo).

La aplicación de esta técnica está indicada en la definición de la estratigrafía de un terreno y el análisis de la humedad (saturación) de los materiales, sobre todo. En relación directa con los cambios de resistividad se puede establecer también la posición del substrato rocoso o variaciones en las condiciones estructurales de los materiales (fracturación).

### Tomografía Eléctrica (ERT)

La técnica tomográfica (tomos = sección) permite aplicar el método geoeléctrico a lo largo de un perfil y analizar, de forma conjunta, las diferentes resistividades en dos o tres dimensiones (2D/3D). La aplicación de la misma es similar a la mencionada para los SEV con la mejora en los modelos de interpretación por inversión de los datos y la posibilidad de definir estructuras como fallas, cambios laterales de facies y materiales o en la detección de huecos, galerías y conducciones (Tejada *et al.*, 2021).

### Potencial Espontáneo (SP)

Se trata de una técnica de campo natural y, por lo tanto, tiene una interpretación cualitativa. No obstante, esta técnica permite estudiar variaciones en los materiales (composicionales, químicas y, sobre todo cinéticas) que generen un potencial (voltaje) en el subsuelo. La aplicación de la misma es sencilla, midiendo con un dipolo, y se puede aplicar conjuntamente a las técnicas antes comentadas. Tiene su máxima utilidad en la investigación de flujos de agua subterránea.

### Polarización Inducida (IP)

No es una técnica muy empleada en la investigación geológica, si no, más bien en exploración minera, pero es una buena herramienta para la distinción o separación de depósitos de arcillas frente a materiales saturados (acuíferos) en intervalos de bajas resistividades.

### **Registros en pozo**

Los registros de pozos geoelectrónicos se realizan en perforaciones desnudas (estables) para definir parámetros relacionados con las características de los acuíferos o de algunos materiales en el entorno cercano de la perforación. Se suelen aplicar medidas de resistividad dobles (tipo calicata eléctrica) y potencial espontáneo (SP).

### **Método Electromagnético (EM)**

El método electromagnético (EM) se basa en el estudio de la respuesta del terreno (campo inducido sobre un material conductor) ante un campo EM generado en superficie. Dependiendo de la frecuencia de trabajo en el sistema emisor se podrá disponer de diferentes profundidades y precisiones de investigación. Está limitado a materiales con capacidad de conducción de la corriente eléctrica que sean capaces de ser inducidos por el campo primario aplicado.

#### **Dominio de la frecuencia (FDEM)**

La técnica de análisis en el dominio de la frecuencia se basa en la aplicación de campos EM de diferente intensidad y frecuencia para realizar una investigación de carácter superficial a mediana profundidad. Se suele aplicar en la detección de materiales con carácter metálico o en la investigación de plumas de contaminación.

#### **Dominio del tiempo (TDEM)**

La otra técnica que se basa en la generación de campos EM amplios es la del estudio del decaimiento de la inducción generada en los materiales. Frente a la anterior, ésta es una técnica que permite alcanzar mayor profundidad (hasta 400 y 500 m) con una ocupación del terreno mínima (bucles o *loops* de unos 40 m de lado). Es una técnica similar (en resultados y proceso de interpretación) y equivalente a la ejecución de un SEV (Martínez-Moreno *et al.*, 2016).

#### **Georadar (GPR)**

A diferencia de las dos técnicas anteriores del método EM, el georadar o GPR (*Ground Penetrating Radar*) es de tipo reflectivo, con emisión de un pulso electromagnético que es detectado en superficie por un receptor tras haberse producido una reflexión en un elemento del terreno (anomalía). Se trata de una herramienta de investigación de gran precisión, pero de escasa penetración en el terreno (10 a 20 m como máximo, con resolución decreciente a medida que se profundiza) debido a las frecuencias de emisión del pulso que emplea. En medios saturados no es aplicable ya que los niveles freáticos actúan a modo de espejo para dichos pulsos.

Se puede aplicar con éxito en la localización de servicios enterrados (cables y tuberías) independientemente de su composición y como investigación geológica puede detectar cambios en la resistividad (impedancia eléctrica) en el terreno siempre y cuando no sean apantallados por otros menos profundos. Es una excelente opción para la detección de huecos en el terreno dentro de los parámetros de profundidad indicados (Davis y Annan, 1989).



## La investigación geofísica en el anexo II del AM-43 para el estudio de las balsas de relaves mineros

El AM-43 está referido exclusivamente a la investigación de las presas de relaves mineros durante su etapa de diseño haciendo mención al monitoreo de la misma durante su etapa de explotación. Sin embargo, no hace referencia a la etapa de cierre, la cual relega a lo dispuesto en la Ley de Minas vigente. En todo el AM-43 se hace referencia al estudio de la zona de la presa o dique mediante investigaciones geológico, geotécnicas y geofísicas. Se considera que el vaso se protegerá mediante el uso de geotextiles o geomembranas impermeables que aislen el material depositado del natural. Sin embargo, en dichas zonas se debe analizar también la estabilidad de las laderas y la posibilidad de la existencia de fallas o estructuras activas o potencialmente activas que produzcan modificaciones en el estado de los depósitos, sobre todo en la posibilidad de filtraciones de lixiviados potencialmente tóxicos o peligrosos.

El Anexo II del AM-43 recoge la aplicación de métodos de investigación geofísica como complemento de la investigación geotécnica en varios apartados. En las citas referentes a dicha aplicación no se hace una revisión clara de su necesidad o utilidad en los estudios propuestos. En el Requisito 4.3, dedicado a la Geología Local, se indica la necesidad de ejecución de estudios de prospección geofísica (sin especificación de tipologías) enfocados a la complementación de la información sobre el terreno de cimentación de la presa (muro o dique) de relaves. En concreto se propone que estas investigaciones deben estar enfocadas al diseño de la campaña de perforación con recuperación de testigo (núcleos). Además, y en el mismo apartado, en el Requisito 4.3.2 de la Geología del Subsuelo se refiere a los estudios geofísicos como “los encargados de determinar las “capas de agua” y las características de los estratos de cimentación (sic), así como en la selección y cuantificación del material adicional de las inmediaciones para la construcción de la presa inicial” (*sic*).

Posteriormente, en el Requisito 4.4.2 de Caracterización Geotécnica se indica la necesidad de realizar investigaciones geofísicas relacionadas con los trabajos de campo. En dicho sentido se indica “la aplicación de ensayos de tipo refracción sísmica y de medición de ondas de corte, MASW y MAM o resistividad eléctrica” (*sic*). Estos estudios se aplicarán en la zona de la presa tanto de forma transversal como longitudinal a su eje y se refiere a la definición del Perfil del Terreno (según la NEC-SD-DS (2015)) en base a la velocidad de las ondas de corte en los primeros 30 metros ( $V_{s30}$ ).

En el Requisito 4.7 de Peligro Sísmico y Amenaza Volcánica, en su apartado 4.7.1 Peligro Sísmico se indica que se deberá definir el espectro de peligro uniforme para el análisis de la respuesta de sitio. En este caso no se hace referencia a la investigación geofísica, pero si está implícito la aplicación de prospecciones para la construcción de dicha curva espectral.

En el siguiente apartado de este artículo se discutirá la necesidad de ejecución de ensayos geofísicos antes de la realización de las perforaciones. Por lo que respecta a detección de capas de agua (niveles acuíferos) está ampliamente probada y reconocida la aplicación de técnicas geofísicas del método eléctrico para dicha valoración (CEDEX, s.f.). Sin embargo, no queda clara

la definición de las características (cuáles y con qué fin u objetivo) de los estratos de cimentación, ya que éstas se obtienen con mayor precisión de los ensayos directos (sondeos) o de laboratorio. En cuanto a la aplicación de ensayos geofísicos para la cuantificación y selección de material adicional para la construcción de la presa, el método sísmico es una herramienta fundamental en dichas labores y, en ocasiones, más práctica y económicamente rentable que las perforaciones como en el análisis de la ripabilidad y la definición de coberteras de suelos no aptas para dicho fin (Telford *et al.*, 1990).

La caracterización geotécnica de la zona del dique o presa, complementada con ensayos geofísicos como los sísmicos activos (refracción) y los pasivos (MASW y MAM), así como los geoelectrónicos (SEV y ERT) complementan el análisis de una zona. Sin embargo, al nombrar las técnicas en el AM-43 se comete el error de obligar (en cierto sentido) en la aplicación y uso de técnicas concretas que pueden, o no, ser necesarias según la configuración geológica y de materiales de una zona. Por ejemplo, técnicas de sísmica pasiva como la ReMi suelen ser más precisas y aplicables que las MAM indicadas y ofrecen el mismo o mejor resultado (Reynolds, 1997), aportando también el valor de la  $V_{s30}$ , por ejemplo.

En el apartado de Peligro Sísmico no se indica la aplicación de ninguna investigación geofísica, si bien se ha considerado en el Requisito 4.4.2 el cálculo de la  $V_{s30}$  para la definición del Perfil del Terreno siguiendo la normativa de construcción NEC-SD-DS (2015) vigente y el cual es fundamental para la definición del espectro de peligro uniforme. Lo mismo ocurre, en caso de que la presa sea construida sobre sedimentos y no sobre roca, con la necesidad de definición del periodo fundamental de vibración del terreno ( $T_0$ ) el cual no está contemplado de forma explícita.

En otros apartados del Anexo II se requieren análisis de la licuación dinámica (Requisito 10.1.3) a través del uso de ensayos como el SPT y no mediante la aplicación de sísmica pasiva, más oportunos, ya que el ensayo SPT está ampliamente desaconsejado en este tipo de análisis y no así la investigación geofísica (Moreno Robles, 2022).

Por último, en el Requisito 13.3 de Monitoreo Geotécnico se indica la necesidad de instalación de equipo geofísico como acelerógrafos con medida continua, pero solo se referencia su uso en “grandes presas”, cuando dicho término no está definido en el AM-43. También se deben considerar los análisis mediante técnicas pasivas del método sísmico (HVSR) como complementarias a dichas medidas.

## **DISCUSIÓN Y COMENTARIOS AL USO DE INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA EN LOS ESTUDIOS DE PRESAS DE RELAVES**

La investigación geofísica es una herramienta más a aplicarse en la prospección geológica y geotécnica de una zona, pero, aunque es considerada como complementaria, presenta una importancia elevada. Si bien en el AM-43 se indica que estas técnicas se deben aplicar previamente para la definición de las zonas a explorar posteriormente de forma directa, mediante perforaciones (Requisito 4.3.2), tanto en las publicaciones de ANCOLD (2020) como en las del

USACE (1995) se indica que su uso como complemento a las labores geotécnicas (por ejemplo para la ampliación de datos en el área de exploración) es indispensable; lo que significa que se deben aplicar no solo antes de la ejecución de dichos ensayos sino a la vez o de forma posterior para suplementar y definir datos puntuales o localizados obtenidos en las perforaciones (ANCOLD, 2012).

De forma general, tanto los ensayos directos de campo (perforaciones y calicatas o apiques) como los de laboratorio ofrecen resultados puntuales y localizados. Y, en muchos casos, de muestras o análisis del terreno alterados o semialterados; mientras que los ensayos geofísicos, contemplan el análisis del terreno de forma no alterada e *in-situ* aplicados e involucrando a un área más amplia del terreno. También tienen como ventaja el que se trata de métodos no invasivos, con una ocupación temporal y respetuosos con el medio ambiente USACE (1995). En las publicaciones citadas también se indican las ventajas del uso de dichos métodos como elementos de aplicación y evaluación rápida de ciertas condiciones geológicas que, como métodos indirectos que son, precisan de comprobación posterior con métodos directos (sondeos).

Se analizará a continuación las diferentes técnicas que se pueden aplicar en las tres diferentes fases de la vida de una balsa de relaves y se relacionará con las que se indican en el Anexo II del AM-43. Se debe considerar que la amplitud o superficie de la zona de estudio para la cimentación del dique dependerá de tipo de diseño de construcción de la presa elegido, ya que la zona ocupada es diferente según el diseño (Figura 3).



**FIGURA 3**

Tipos de presas de relaves de construcción secuencial

La tipología “aguas arriba” no está permitida su aplicación en Ecuador a partir del AM-43 (2020).

Modificado de Vick (1983)

Las relaveras de recrecimiento secuencial de tipo “aguas abajo”, aunque en su fase inicial ocuparían una zona limitada o reducida ( $F_0$ ), el dique se va a ampliar en las diferentes fases ( $F_1$ ,  $F_2$ ...) hacia la zona externa al embalse (hacia afuera del eje inicial) y, por lo tanto, también se deberá conocer el estado del terreno hacia donde se recrecerá el dique antes de iniciar las labores de construcción. Esta zona será mucho más amplia, como se observa en la Figura 3, que la necesaria para la construcción de una presa de relaves con el dique centrado en el eje. En este caso, la zona de cimentación y apoyo, si bien también se va a ampliar en las fases sucesivas, el

espacio necesario es mucho menor y, por lo tanto, las necesidades de investigación son menores. Como referencia indicar que en AM-43 se indica claramente la prohibición de emplear diseños de presas con recrecimientos “aguas arriba”, por los fallos y problemas que han planteado a lo largo de su historia.

### **Etapas de Investigación y Exploración**

Esta primera etapa es la inicial y previa a la construcción. Está constituida por las investigaciones para el conocimiento del terreno y se extendería hasta la terminación de la construcción del dique y el inicio de las labores de llenado del embalse (fase fo, en la Figura 3). Es a la que se refiere con mayor amplitud el AM-43, siendo la más importante, ya que se van a definir las características del terreno de apoyo tanto de la cimentación de la estructura de cierre (dique) como de la zona de relleno del vaso.

Es recomendable la aplicación de varios métodos y/o técnicas en la investigación de la zona de apoyo, las cuales serán correlacionadas con perforaciones. La aplicación de los sondeos puede ser de forma alterna, entre las investigaciones geofísicas, o co-espacial (sobre las investigaciones geofísicas), sobre todo si se pretende hacer una correlación y emplear una parametrización de los niveles geofísicos en relación con los datos de las perforaciones.

Las investigaciones mediante el método sísmico, sobre todo las de las técnicas activas como la refracción y las pasivas, permiten determinar la compacidad del terreno, la existencia de materiales alterados, la profundidad del substrato rocoso y el cálculo de los parámetros elásticos dinámicos (en la combinación de técnicas activas y pasivas, solamente), siendo estos parámetros útiles y aplicables en la caracterización geotécnica. La técnica de refracción de tipo bidimensional, por lo que, además de la definición de los mencionados parámetros, se podrá determinar la geometría de los niveles geofísicos. Su aplicación debe considerar las inclinaciones y pendientes del terreno ya que cambios de topografía muy bruscos pueden generar errores en la medida e interpretación de los datos adquiridos. Las técnicas pasivas, como la HVSR, permitirá analizar la amplificación del terreno (efecto sitio) para considerar la aceleración final del terreno y no emplear la genérica en roca (PGA).

Las técnicas del método geoelectrico son una excelente opción de combinación con las del método sísmico, sin embargo, estas técnicas no proporcionan parámetros geotécnicos (geomecánicos), solo geológicos. Estas técnicas permiten el estudio y definición de la estratigrafía del terreno, la definición del grado de humedad de los niveles (estableciendo previamente relaciones con ensayos de campo), definición de niveles freáticos o acuíferos profundos y en el caso de técnicas 2D o 3D, como la tomografía, la definición de huecos o cavidades en el terreno y el estudio y trazado de estructuras internas en los materiales (fallas, discordancias y discontinuidades).

Los métodos EM tienen una aplicación más restringida, sobre todo en aplicaciones geotécnicas ya que son similares en sus resultados a los geoelectricos. Sin embargo, las técnicas FDEM y la TDEM son fáciles de aplicar y con resultados en términos de geología de buena precisión. En los mismos términos que se ha comentado en los párrafos anteriores estas técnicas geofísicas son

aplicables en la investigación del vaso del embalse. Si bien en esta zona, donde se verterán los residuos y relaves mineros, la geotecnia no tiene tanta trascendencia como en la de construcción del dique, es necesario definir la posible presencia de materiales muy blandos que, a lo largo de la vida de la relavera puedan generar subsidencias, asentamientos o hundimientos. Estos procesos pueden afectar a la integridad de la geomembrana de aislamiento aplicada para contener los lixiviados que se puedan producir. Con respecto al estudio de filtraciones de lixiviados se puede instalar entre la geomembrana y el terreno natural un conjunto de electrodos y cables que ofrezcan información a lo largo del tiempo de la posible existencia de poros en la geomembrana (método geoelectrico).

También tiene que ser de obligada investigación la estabilidad de los taludes que se producirán en la zona del embalse ya que movimientos en masa o deslizamientos pueden afectar a la estructura del dique (por empuje) y al conjunto de la relavera.

En la Tabla 2 se han referenciado, resumido y analizado las técnicas más oportunas y aplicables en la investigación previa. Se ha indicado también las principales aplicaciones y utilidad tanto en la investigación geológica como en la geotécnica. También se ha complementado esta clasificación con comentarios sobre su aplicación, limitaciones o forma de emplear cada técnica.

**TABLA 2**

Aplicación y uso de técnicas geofísicas para el estudio previo de presas de relaves.  
Fase Investigación y Exploración

Técnica	Geología	Geotecnia	Comentarios
Refracción	Distribución 2D de materiales, compacidad, ripabilidad, basamento	Densidad <sup>(1)</sup> , parámetros elásticos dinámicos <sup>(2)</sup>	<sup>(1)</sup> Valores aproximados <sup>(2)</sup> Junto con la medida de la $V_s$ en pasiva
Reflexión	Estructura geológica y tectónica profunda	Definición de materiales <sup>(3)</sup>	<sup>(3)</sup> Es obligatorio hacer también refracción profunda
MASW	Distribución de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos dinámicos <sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup> Junto con la medida de la $V_p$ en refracción
ReMi	Distribución profunda de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos dinámicos <sup>(4)</sup>	Similar a la MASW, pero alcance más profundo
MAM	Distribución profunda de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales	Similar a la ReMi pero de alcance más profundo y menor resolución en superficie
HVSR	Determinación del substrato rocoso	Condiciones sísmicas y amplificación de sitio <sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup> No del todo aceptada por varios autores, se usará con reservas
SPAC	Distribución profunda de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales	Similar a la ReMi pero de alcance más profundo y menor resolución en superficie
UP – Down – Cross Hole	Estudio complementario de características geológicas	Parámetros geomecánicos y elásticos dinámicos midiendo $V_p$ y $V_s$	Se necesita una preparación previa y compleja del sondeo
SEV	Estratigrafía y niveles acuíferos, basamento	No aplicable	Estudio puntual en la vertical de la aplicación
Tomografía	Estratigrafía y niveles acuíferos, estructura, fallas, huecos, basamento	No aplicable	Limitaciones laterales que se solventan con técnicas <i>roll-on</i>

Técnica	Geología	Geotecnia	Comentarios
SP	Flujos de agua	No aplicable	Uso limitado, cualitativo
FDEM	Zonas con humedad y/o saturación	No aplicable	Uso limitado a zonas superficiales, cualitativo
TDEM	Estratigrafía, acuíferos, basamento	No aplicable	Estudio puntual en la vertical de la aplicación

### Etapa de Mantenimiento y Explotación

La etapa de explotación y almacenamiento está dominada por la fase de relleno y colmatación de la zona del vaso del embalse. En esta etapa las labores de monitorización de la presa o dique, principalmente, pero también de la compactación de materiales en la relavera (estado seco) y del seguimiento de la estabilidad de los taludes en la zona del vaso y el estudio de las posibles filtraciones de lixiviados a zonas exteriores al complejo de relaves serán las que se deban gestionar. Los problemas de aplicación de ensayos geofísicos en esta etapa es el estado, normalmente, en fase acuosa de los relaves, pero existen técnicas tanto en el método sísmico como eléctrico que pueden ser aplicadas sobre zonas inundadas empleando equipos especializados.

En este periodo, el monitoreo y seguimiento de las condiciones de humedad (mediante piezómetros de cuerda vibrante y abiertos de Casagrande) del interior de la presa se pueden complementar con estudios de tipo geoelectrico, por ejemplo, aplicando la técnica tomográfica. Es posible establecer estudios 3D y 4D (a lo largo del tiempo) y analizar las variaciones que se producen tanto en el núcleo del dique como en los espaldones (Anterrieu *et al.*, 2010). Existen técnicas de desarrollo (con marca registrada o privadas) en las que se emplea el potencial espontáneo (SP) y los análisis de tipo potencial mediante dispositivos dipolo-dipolo para la detección de perforaciones, fallos del sello o desgarros en la colocación de las geomembranas (Meléndez *et al.*, 2017).

También las mismas técnicas geoelectricas y las del método EM (FDEM y TDEM) pueden ser un apoyo importante en los posibles análisis de filtraciones y cambios en la estructura interna y humedad entre las diferentes fases de recrecimiento de la presa en los materiales del núcleo, así como de la presencia de lixiviados (análisis de la variación de la resistividad, normalmente con decrecimientos importantes observables a lo largo del tiempo) en el entorno cercano o bajo la misma relavera (Anterrieu *et al.*, 2010).

Las medidas mediante el método sísmico activo (refracción y MASW) y pasivo (ReMi y MAM) pueden correlacionarse con procesos de posible asentamiento o compactación no controlados, como complemento de las medidas mediante células de asentamiento. Y la monitorización mediante técnicas pasivas HVSR a lo largo del tiempo pueden ser valoradas en relación con cambios en condiciones dinámicas, como tras una situación post-sismo.

En la Tabla 3 se hace una nueva revisión de las técnicas geofísicas de los diferentes métodos con sus posibles aplicaciones e implicaciones en estudios geológicos y geotécnicos.

**TABLA 3**

Aplicación y uso de técnicas geofísicas para el mantenimiento de presas de relaves.  
Fase Mantenimiento y Explotación

Técnica	Geología	Geotecnia	Comentarios
Refracción	Compacidad, ripabilidad, basamento	Densidad, parámetros elásticos dinámicos	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
SASW	Distribución de la $V_s$ en zonas superficiales	Parámetros geomecánicos estimados	Análisis de estructuras de hormigón armado o zonas de la presa
MASW	Distribución de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
ReMi	Distribución profunda de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
HVSR	Complementación de datos en otras técnicas	Variaciones en condiciones sísmicas y amplificación de sitio	Estudios a lo largo del tiempo (4D)
Cross Hole	Estudio de estado de materiales y características geológicas	Parámetros geomecánicos y elásticos dinámicos midiendo $V_p$ y $V_s$	Análisis de estructuras rígidas, presa, tubificación, huecos y variaciones en los materiales
SEV	Variación de la humedad/saturación en la presa	No aplicable	Estudio puntual de filtraciones o cambios de saturación/humedad, estudio de deslizamientos y taludes
Tomografía	Variación de la humedad/saturación en la presa	No aplicable	Estudio de filtraciones o cambios de humedad (4D), taludes y deslizamientos, huecos y tubificación
FDEM	Variación de la humedad/saturación	No aplicable	Estudio de taludes y relaves
TDEM	Variación de la humedad/saturación profunda	No aplicable	Estudio puntual de filtraciones y lixiviados profunda o cambios de humedad, estudio de deslizamientos y taludes
Georadar	Localización de servicios enterrados, huecos y variaciones en superficie	No aplicable	Limitado a estructuras construidas

### Etapa de Cierre y Abandono

Es la etapa menos clarificada en el AM-43 y en la Ley de Minas (o el Acuerdo Ministerial 37, 2016) vigente, donde solamente se indica la necesidad de que las presas de relaves sean estables a lo largo del tiempo. Sin embargo, la monitorización de estos pasivos mineros es tan importante en esta fase como en las anteriores con el fin de analizar cualquier situación de inestabilidad que se pueda producir. El abandono de las labores mineras (y la posibilidad de desaparición de la empresa concesionaria como responsable de la misma) implica que la relavera no va a ser controlada a lo largo del tiempo.

Las condiciones meteorológicas, erosión superficial o profunda, filtraciones y otros eventos geológicos o geomorfológicos pueden deteriorar los elementos constitutivos del sistema de contención y materiales acopiados a velocidades no apreciables a simple vista o en tiempos cortos (FEMA, 2004).

La recomendación sería realizar estudios periódicos, como la aplicación de ensayos geofísicos, los cuales no son excesivamente costosos, y permiten estudiar la evolución del conjunto a lo largo del tiempo. Ensayos de sismica de refracción, por ejemplo, para el estudio de la compactación/alteración de los materiales, tanto de la presa como del vaso, y aplicados a la estabilidad de las laderas circundantes, los cuales se pueden complementar con investigación de técnicas pasivas (MASW o ReMi) que pueden determinar la presencia de cambios en las condiciones originales de los materiales (Gómez-Ortiz *et al.*, 2010).

Por otro lado, como ya se ha comentado, es recomendable combinar estas técnicas sísmicas, tanto para la presa como para el vaso de la relavera, con investigaciones geoeléctricas (tomografía y/o SEV) ya que la aplicación conjunta de ambos métodos permitirá definir un modelo de variación más preciso (Gómez-Ortiz y Martín-Crespo, 2010).

También, en esta fase, la aplicación de la técnica del georadar puede definir variaciones superficiales en las caras externas de la presa que generen, a futuro, erosión superficial o “desconchamiento” de la misma. En la Tabla 4 se relacionan las técnicas más útiles en la investigación geofísica en esta fase.

**TABLA 4**  
Aplicación y uso de técnicas geofísicas para el cierre de presas de relaves.  
Fase Cierre y Abandono

Técnica	Geología	Geotecnia	Comentarios
Refracción	Compacidad, materiales en taludes	Densidad, compactación	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
MASW	Variaciones en materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos dinámicos	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
ReMi	Estado profundo de materiales en función de la $V_s$	Definición de materiales y parámetros elásticos dinámicos	Estudio de taludes y variaciones en el estado de rellenos y dique o presa
HVSR	No aplicable	Variaciones en condiciones sísmicas y amplificación de sitio	Estudios a lo largo del tiempo (4D) y post-sismo
SEV	Variación de la humedad/saturación en la presa y los relaves	No aplicable	Estudio puntual de filtraciones o cambios de saturación/humedad y estudio de laderas
Tomografía	Variación de la humedad/saturación en la presa y los relaves	No aplicable	Estudio de filtraciones o cambios de humedad (4D), estado de laderas, huecos y tubificación
TDEM	Variación de la humedad/saturación profunda en presa y relavera	No aplicable	Estudio puntual de filtraciones y lixiviados profunda o cambios de humedad, estudio de laderas

Como se ha observado, existe la posibilidad de aplicar y desarrollar investigaciones geofísicas mucho más amplias en la investigación geológico-geotécnica de las diferentes fases de la vida de una relavera que las expresadas en el AM-43 y que deberían ser analizadas e incorporadas no con obligatoriedad, pero sí como referencia en dicho Acuerdo y en la Normativa de las mismas.



## CONCLUSIONES

La investigación geofísica se presenta como una herramienta de obtención de información complementaria y fundamental en las diferentes etapas de los estudios de diseño, construcción, explotación y cierre de un embalse de relaves mineros, tanto para la zona de la presa como para el vaso donde se depositarán los materiales.

La combinación en la aplicación de diferentes métodos y técnicas geofísicas sobre la misma zona permite obtener una mejor definición y precisión de los parámetros del terreno, tanto geológicos como geotécnicos y en la mejora de los modelos geofísicos obtenidos.

La investigación geofísica permite ampliar los resultados de investigaciones geotécnicas de tipo puntual como sondeos o ensayos CPT y ensayos de laboratorio. En ese sentido, se puede y se debe aplicar en cualquier fase de investigación geológica o geotécnica (previa, avanzada o definitiva) y no solamente en fases iniciales como definición de otros ensayos (como los sondeos). Además, como técnica indirecta, la interpretación debe ser corroborada y respaldada por ensayos directos, los cuales se debería realizar antes o durante la campaña geofísica.

El Acuerdo Ministerial 43 (2020) en su Anexo II, se centra, en sus recomendaciones de aplicación de labores de investigación geofísica, solamente en la aplicación en etapa inicial y previa a la definición de la zona de construcción de la presa. Además, los relaciona con los estudios de Geología del Subsuelo y en la Caracterización Geotécnica de la zona de la presa. Sin embargo, en su Art.4 de Conceptos Técnicos indica la necesidad de seguir estándares, guías y publicaciones técnicas de instituciones internacionales como la Asociación Canadiense de Presas (CDA), el Comité Nacional Australiano de Grandes Presas (ANCOLD) o la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), donde se reconocen las técnicas geofísicas como herramientas complementarias y necesarias para la investigación completa del emplazamiento en todas las fases y etapas del desarrollo del proyecto de un embalse destinado a la acumulación de relaves mineros. Es conveniente y recomendable la revisión de dicho Acuerdo y la Normativa vigente para que se incorporen y se den a conocer las aplicaciones y utilidad de la investigación geofísica en las diversas técnicas analizadas y se incorporen fases de desarrollo y cierre de relaveras en la investigación y estudio que esté a cargo de la misma empresa minera.

## REFERENCIAS

- Alonso-Pandavenes, O., Torres, G., Torrijo, F.J., y Garzón-Roca, J. (2022) Basement tectonic structure and sediment thickness of a valley defined using HVSR geophysical investigation, Azuela valley, Ecuador. *Bull Eng Geol Environ*, 81, 210. <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02679-y>.
- ANCOLD - Australian National Committee on Large Dams (2012) *Guidelines on tailings dams planning, design, construction, operation and closure*.
- ANCOLD - Australian National Committee on Large Dams (2020) *Guidelines for geotechnical investigations of dams, their foundations and appurtenant structures*.
- Anterrieu, O., Chouteau, M., y Auberin, M. (2010) Geophysical characterization of the large-scale internal structure of a waste rock pile from a hard rock mine. *Bull Eng Geol Environ*, 69, 533–548 <https://doi.org/10.1007/s10064-010-0264-4>.

- Beltrán-Rodríguez, L.N., Larrahondo, J.M., y Cobos, D. (2018) Tecnologías emergentes para disposición de relaves: oportunidades en Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 44, 5-20.
- CEDEX – Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España (s.f) *Técnicas Geofísicas*. Ministerio de Fomento. Gobierno de España.
- Davis, J.L., y Annan, A.P. (1989) Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37, 531-551.
- FEMA - Federal Emergency Management Agency (2004) *Federal guidelines for dam safety*. U.S. Department of Homeland Security, Interagency Committee on Dam Safety.
- Gómez-Ortiz, D., y Martín-Crespo, T. (2010) *Geofísica en una Balsa de Lodos de San Quintín Este*. Documento GEMM - Proyecto de Innovación 123 – UCM. [https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/San\\_Quintín\\_Innova/Geofisica\\_SQ.pdf](https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/San_Quintín_Innova/Geofisica_SQ.pdf) (consultado el 12-8-2022).
- Gómez-Ortiz, D., Martín-Velázquez, S., Martín-Crespo, T., De Ignacio-San José, C., y Lillo-Ramos, F.J. (2010) Application of Electrical Resistivity Tomography (ERT) to the environmental characterization of abandoned massive sulphide mine ponds (Iberia Pyrite belt, SW Spain). *Near Surface Geophysics*, 8, 65-74.
- Louie, J.N. (2001) Faster, better: Shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 91(2), 347–364 <https://doi.org/10.1785/0120000098>.
- Martínez-Moreno, F.J., Monteiro-Santos, F., Madeira, J., Bernardo, I., Soares, A., Esteves, M., y Adão, F. (2016) Water prospection in volcanic islands by Time Domain Electromagnetic (TDEM) surveying: The case study of the islands of Fogo and Santo Antão in Cape Verde. *Journal of Applied Geophysics*, 134, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.09.020>.
- Melendez, J., Baldyga, C., y Prota, S. (2017) Innovative leak location technologies for large tailings dams. *Geosynthetics Conference*. Chile.
- Moreno Robles, J. (2022) El fenómeno de la Licuación por flujo. Aproximación teórica y práctica. *Geotecnia*, 156 (noviembre), 3-32. [https://doi.org/10.14195/2184-8394\\_156\\_1](https://doi.org/10.14195/2184-8394_156_1).
- Nakamura, Y. (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research*, 30, 25-33.
- NEC-SD-DS (2015) MIDUVI - Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. República de Ecuador.
- Orellana, E. (1982) *Prospección Geoeléctrica*. Madrid: Paraninfo.
- Park, C.B., Miller, R.D., y Xia, J. (1999) Multi-channel analysis of surface waves (MASW). *Geophysics*, 64 (3). <https://doi.org/10.1190/1.1444590>
- Reynolds, J.M. (1997) *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Chichester: Wiley.
- Rhon Dávila, J. (2020) Informe Geotécnico Embalse De Residuos Mineros Sólidos Armijos -Código 191037 Estabilidad Física Del Embalse. Austro Gold Cia. Ltda.
- Rico, M., Benito, G., Salgueiro, R., Díez-Herrero, A., y Pereira, H. (2008) Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 846-52. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.050>.
- Sernageomin 2022– Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (s.f.) *Preguntas frecuentes sobre relaves*. <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf> (consultado el 12-8-2022).
- Stachan, C., y Goodwin, S. (2015) The role of water management in tailings dam incidents. *Proceedings Tailings and Mine Waste 2015*. Vancouver, BC, October, 26-28.
- Tejada, K., Quispe, S. y Parra, D. (2021) Aplicaciones del ensayo de tomografía eléctrica a problemas de la ingeniería geotécnica en la minería. *Rumbo Minero Internacional*. <https://www.rumbominero.com/revista/articulos-tecnicos/aplicaciones-del-ensayo-de-tomografia-electrica-problemas-de-la-ingenieria-geotecnica-en-la-mineria/> (consultado el 12-8-2022)
- Telford, W.M., Geldart, L.P., y Sheriff, R.E. (1990) *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.


USACE - U.S. Army Corps of Engineers (1995) Engineering and Design. *Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations*, EM 1110-1-1802.  
 Vick, S.G. (1983) *Planning, design, and analysis of tailings dams*. N.Y.-USA: Wiley-Interscience publication.


## Abreviaciones y acrónimos empleados en el texto


1D/2D/3D/4D	Representaciones o estudios uni, bi, tri o cuatridimensionales
ERT	<i>Electrical Resistivity Tomography</i>
f <sub>0</sub>	Frecuencia fundamental de vibración del terreno
FDEM	<i>Frequency domain ElectroMagnetics</i>
GPR	<i>Ground Penetrating Radar</i>
HVSR	<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>
IP	<i>Induced Polarization</i>
MAM	<i>Microtremor Array Measurement</i>
MASW	<i>Multichannel Analysis of Spectral Waves</i>
NEC-SD-DS	Norma Sismo Resistente del Ecuador. Capítulo de Diseño Sísmico
PGA	<i>Peak Ground Acceleration</i>
ReMi	<i>Refraction Microtremor</i>
Ripabilidad	Capacidad de un material a ser arrancado mecánicamente
sCPTu	<i>Seismic Cone Penetration Test</i>
sDMT	<i>Seismic Dilatometer Marchetti Test</i>
SASW	<i>Spectral Analysis of Surface Waves</i>
SP	<i>Spontaneous Potential</i>
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
T <sub>0</sub>	Periodo de vibración natural del terreno
TDEM	<i>Time domain ElectroMagnetics</i>
TWT	<i>Two-way travel time</i> . Tiempo de viaje del frente de onda de ida y vuelta
V <sub>p</sub>	Velocidad de la onda de compresión (P)
V <sub>s</sub>	Velocidad de la onda de corte (S)
V <sub>s30</sub>	Velocidad media de la onda de corte S en los primeros 30 m del terreno

Physical and mechanical properties of plastic recyclables produced in Ecuador as construction material

Sangucho-Barros, Darwin Santiago; Velasco-Cevallos, Danny Alexander; Viera-Arroba, Luisa Paulina

 **Darwin Santiago Sangucho Barros**  
dssangucho@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Danny Alexander Velasco Cevallos**  
davelascoc@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Luisa Paulina Viera Arroba**  
lviera@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Pichincha, Ecuador.

**FIGEMPA: Investigación y Desarrollo**

Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
ISSN: 1390-7042  
ISSN-e: 2602-8484  
Periodicidad: Semestral  
vol. 16, núm. 2, 2023  
[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 04 abril 2023  
Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4495>

Autor de correspondencia: [davelascoc@uce.edu.ec](mailto:davelascoc@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Agradecimientos:** Agradecemos a las empresas “Ecom” y “Ecuaplastic” por permitirnos ensayar sus productos y a la Universidad por prestarnos el laboratorio de ensayos de

**Resumen:** El plástico en Ecuador representa el 11,43% de los residuos generados. La construcción al ser una industria con gran impacto en la economía ecuatoriana es el lugar idóneo para implementar un modelo de economía circular y apoyar a una solución utilizando este desecho. Se plantea a la madera plástica como material de bajo impacto para la construcción, por lo que es necesaria su caracterización. Es así que, mediante el uso de normativas ASTM D (6108, 6109, 638, 2344, 6111, 570 y 2240), se determinan las características físicas y mecánicas de dos tipos de madera plástica producida en Ecuador M1 (PET y cáscara de arroz) y M2 (Polipropileno). Los resultados indicaron que la madera plástica M1 tiene una mayor resistencia a la tracción y capacidad de absorción de agua gracias a las fibras naturales de refuerzo. Además, M1 presenta el módulo de elasticidad más alto, lo que le confiere una mayor rigidez y menor deformabilidad. Por otro lado, se observó que M2 presenta una sección transversal menos compacta y vacíos en su estructura, lo que resulta en mayores deformaciones. En general la madera plástica es ventajosa para la construcción porque tiene una baja probabilidad de ser atacada por xilófagos y tiene un gran potencial en el diseño de elementos de carga axial debido a su desempeño a compresión, tracción y flexión aceptable, limitándose a construcciones de baja altura por las altas deformaciones que presenta.

**Palabras clave:** madera plástica; economía circular; caracterización; construcción

**Abstract:** Plastic in Ecuador represents 11.43% of the waste generated. As the construction industry has a significant impact on the Ecuadorian economy, it is an ideal place to implement a circular economy model and support a solution using this waste. Plastic wood is proposed as a low-impact material for construction, so its characterization is necessary. In this work, the physical and mechanical characteristics of two types of plastic wood produced in Ecuador, M1 (PET and rice husk) and M2 (polypropylene), were determined using ASTM D regulations (6108, 6109, 638, 2344, 6111, 570, and 2240). The results indicated that plastic wood M1 has higher tensile strength and water absorption capacity due to its natural reinforcement fibers. Additionally, M1 has the

materiales para realizar este trabajo de investigación.

**Cómo citar:** Sangucho-Barros, D. S., Velasco-Cevallos, D. A., Viera-Arroba, L. P. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 58-69. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4495>

highest modulus of elasticity, which gives it greater stiffness and lower deformability. On the other hand, it was observed that M2 has a less compact cross-section and voids in its structure, resulting in greater deformations. In general, plastic wood is advantageous for construction because it has a low probability of being attacked by wood-boring insects and has great potential in the design of axial load elements due to its acceptable performance under compression, tension, and bending, limited to low-rise constructions due to the high deformations it presents.

**Keywords:** wood plastic composite; circular economy; characterization; construction.

## INTRODUCCIÓN

Moderadas estimaciones de crecimiento poblacional indican que para el año 2050, se requerirá tres planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener el actual estilo de vida humana (Ministerio de Producción y Comercio Exterior e Inversiones y Pesca, 2021). Según un reporte publicado por las Naciones Unidas, el sector de la construcción consume el 40% de la energía total, extrae alrededor del 30% de los recursos naturales del entorno y es responsable del 25% de los residuos sólidos generados (García *et al.*, 2020). Para atender las necesidades de vivienda originadas por el crecimiento demográfico, en los próximos cinco años debería construirse alrededor de 17 millones de casas para alojar a una media de 77 millones de nuevos individuos anualmente. Esto implicaría la producción y utilización de más de 600 millones de metros cúbicos de suministros de construcción, lo que equivale a alrededor de 1500 millones de toneladas de materiales, componentes y subsistemas constructivos por año (Salas, 2016).

Por tanto, es crucial tomar medidas para invertir el impacto negativo del modelo económico lineal (extraer-producir-usar-desechar) en la sociedad y el medio ambiente. La adopción de un enfoque sostenible requiere un cambio drástico hacia una economía circular (Ministerio de Producción y Comercio Exterior e Inversiones y Pesca, 2021).

La aplicación del concepto de “Economía Circular” implica el uso de residuos como recursos en el sector de la construcción (Secretaría Nacional de Planificación, 2021). Por ejemplo, a partir de 2015 se han generado más de 6000 millones de toneladas de residuos plásticos a nivel mundial, de los cuales se estima que solo el 9% ha sido reciclado, el 12% ha sido incinerado y el 79% ha terminado en vertederos, arroyos, ríos y laderas debido a la inadecuada disposición final de los residuos (Jiménez Portilla, 2022). En la Unión Europea se planea que la tasa de reciclaje de plástico aumente hasta un 55%, y se proyecta que los vertederos se reduzcan a no más del 10% para 2030 (Turku *et al.*, 2018).

En Ecuador, el plástico es ampliamente utilizado en diversos sectores, incluyendo el automotriz, agrícola, de alimentos e higiene, entre otros. En el año 2017, el país importó 373776 toneladas de productos de plástico, principalmente en artículos relacionados con la higiene y el cuidado personal, según lo señalado por Portilla Jiménez (2022). De acuerdo con el Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador (2021), el consumo nacional del plástico es de 20 kilos por

habitante al año, lo que quiere decir un total de 531461 toneladas anuales y el 50% de este valor son envases de plástico suave de un solo uso. Además, esta cifra representa el 11,43% de los residuos totales generados.

Una de las formas de aprovechamiento de residuos plásticos es la elaboración de piezas (madera plástica) para edificar (Herrera *et al.*, 2018, 2023; Rincón *et al.*, 2016). En Ecuador, la producción de madera plástica (WPC o Plastic Lumber) a partir de polímeros reciclados ha experimentado un crecimiento significativo como respuesta a una mayor conciencia acerca de la necesidad de reciclaje y la demanda de materiales de construcción ecológicos y sostenibles (Bersoza, 2018). El aumento del reciclaje de plástico ha permitido que varias empresas produzcan de manera constante madera plástica a partir de polímeros reciclados. Constituyéndose en una alternativa innovadora y viable en la producción de materiales de construcción en el país (Albán, 2019; Alcívar y Arias, 2009). Algunas de estas empresas son Ecom, Ecuaplastic, Ecowood, Madera Plástica Barahona, Eco Wiblock y Madera Verde, entre otras (*Eco Wiblock*, s/f; *Ecowood Ecuador*, s/f; *Ecuaplastic*, s/f; *Madera Plástica Barahona*, s/f; *Madera Verde Ecuador*, s/f). Sin embargo, este material no es nuevo y existe desde 1992 (Klyosov, 2007).

Iza (2020) indica que la madera plástica tiene propiedades mecánicas aceptables y su resistencia varía de acuerdo con el porcentaje de mezcla (polímero y material reforzante). La adición de fibras de madera al plástico puede mejorar las propiedades mecánicas dando como resultado un material que puede ser utilizado como sustituto de la madera en aplicaciones estructurales, de mobiliario, construcción y otros productos similares. En este trabajo de investigación se presenta la caracterización física y mecánica de la madera plástica producida por las empresas Ecom y Ecuaplastic, con el fin de evaluar su calidad y capacidad para ser utilizados como material de construcción aplicado a la economía circular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron dos muestras, la primera (M1) proviene de la empresa Ecom, con sede en Guayaquil, la cual se dedica a la producción de madera plástica utilizando tereftalato de polietileno (PET) reciclado de botellas y la adición de cáscara de arroz mediante un proceso de extrusión. La segunda (M2) se obtuvo de la empresa Ecuaplastic, ubicada en el sector de Alangasí. Esta última utiliza el polipropileno reciclado de fundas de snacks, costales, entre otros residuos, como materia prima para producir madera plástica mediante el proceso de inyección.

En la Figura 1 se muestran el equipo y las probetas ensayadas en la caracterización mecánica. Para los ensayos de compresión (Figura 1a), flexión (Figura 1b) y corte (Figura 1c) se usaron máquinas universales de 100 y 30 toneladas del laboratorio de ensayo de materiales y modelos de la Universidad Central del Ecuador (UCE). En el ensayo a tracción (Figura 1d) se usó la máquina universal de 500kN de la Escuela Politécnica Nacional (EPN).

A continuación, se especifican las relaciones dimensionales de las probetas utilizadas de acuerdo a las normas ASTM D 6108, 6109, 638 y 2344.

- Compresión (Figura 1a):  $L=2xD$ ;
- Flexión (Figura 1b):  $L=1.2x16xH$  (Canto);  $L=1.2x16xB$  (Plano);
- Corte (Figura 1c):  $B=2xe$ ,  $L=6xe$ ;
- Tracción (Figura 1d):  $L=265\text{mm}$ ,  $G= 50\text{mm}$ ,  $W_o=19\text{mm}$ ,  $W=13\text{mm}$ ,  $e= 7\text{mm}$  (Tipo I);

Dónde: L (Longitud), D (Diámetro), H (Altura), B (Base), G (Longitud de ensayo),  $W_o$  (Ancho máximo), W (Ancho reducido), e (Espesor).



**FIGURA 1**

Ensayos para propiedades mecánicas

a (Ensayo a compresión), b (Ensayo a flexión), c (Ensayo a corte) y d (Ensayo a tracción)

En la Figura 2 se muestra la determinación de las propiedades físicas de los materiales estudiados. Para la densidad (Figura 2a) se la determinó por el método gravimétrico, para la absorción (Figura 2b) se mantuvo inmersa la probeta en agua destilada y se registraba su peso periódicamente. En el caso de la dureza (Figura 2c) se la determinó con el durómetro en el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP) de la EPN. Las probetas de los ensayos mencionados cumplen con las siguientes relaciones dimensionales de acuerdo con su normativa ASTM D 6111, 570 y 2240 respectivamente.

- Densidad (Figura 2a):  $L=2xD$ ;
- Absorción (Figura 2b):  $e=3,2\text{mm}$  y  $D=50,8\text{mm}$ ;
- Dureza (Figura 2c):  $L \geq 25,4\text{mm}$  y  $e \geq 6\text{mm}$ ;

Dónde: L (Longitud), D (Diámetro) y e (Espesor).

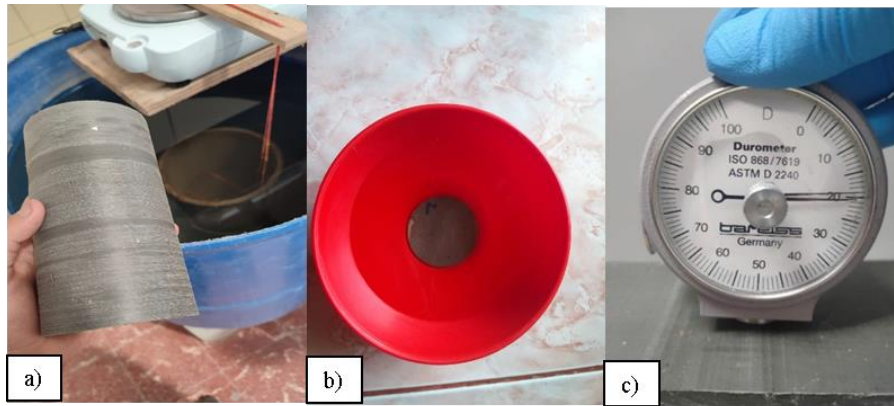


FIGURA 2

Ensayos para propiedades físicas

a (Ensayo de densidad – determinación gravimétrica), b (Ensayo de absorción – probeta sumergida en agua), c (Ensayo de dureza – Durómetro)

En la Figura 3, se muestra esquemáticamente el proceso para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las dos muestras de madera plástica estudiadas, desde la obtención de estas, pasando por la elaboración de las probetas y finalizando con la aplicación del ensayo acorde con su normativa.

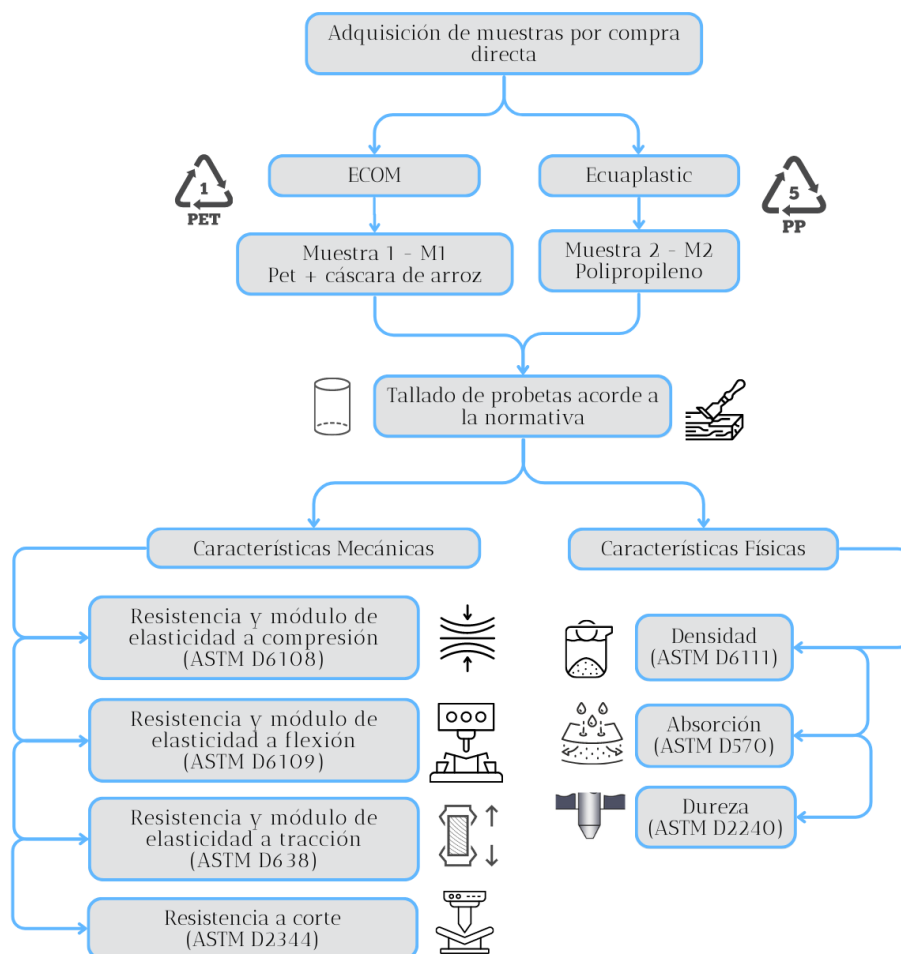


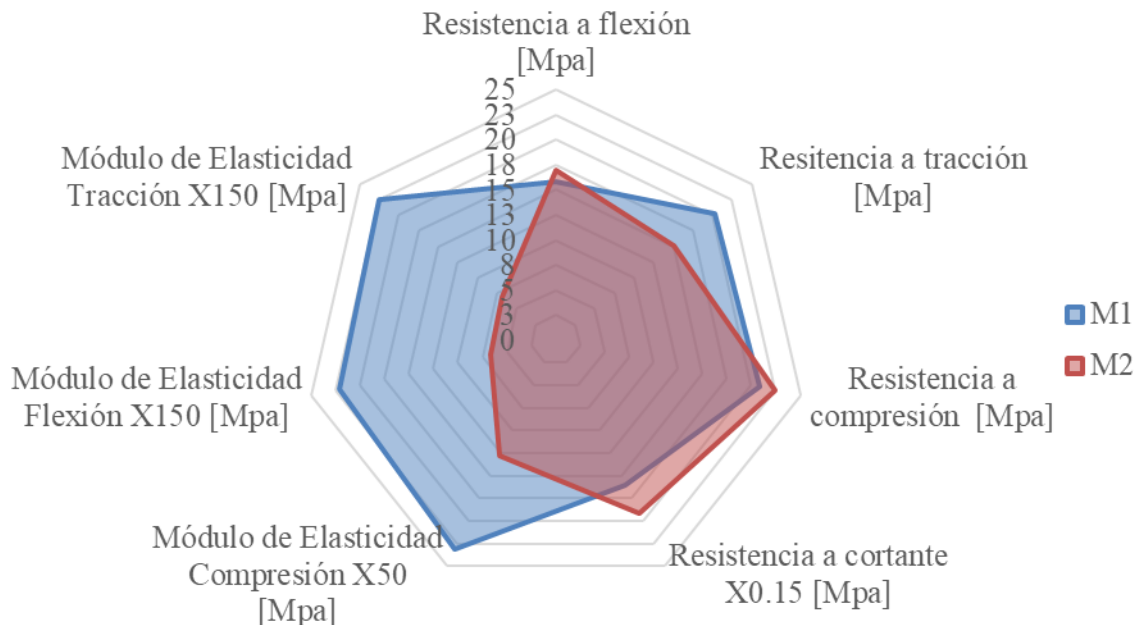
FIGURA 3

Metodología usada para la caracterización de la madera plástica



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un diagrama radial (ver Figura 4) se ha considerado las principales características mecánicas de los materiales estudiados, que son: resistencia a compresión, flexión, tracción, corte y los módulos de elasticidad a compresión, flexión y tracción. Se aprecia gráficamente las diferencias entre los valores obtenidos.



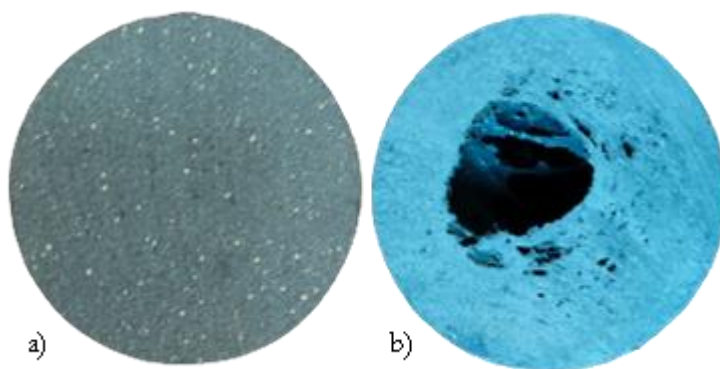
**FIGURA 4**

Diagrama radial de resistencias y módulos de elasticidad de materiales M1 y M2

Como se observa en la Figura 4, la diferencia de resistencias a compresión entre M1 (20,91 MPa) y M2 (22,43 MPa) es de 7,27 %. La resistencia a flexión de M2 (17,02 MPa) sobrepasa en 7,45% a M1 (15,84 MPa). Existe evidencia empírica que indica que, en el proceso de manufactura de la madera plástica, se pueden identificar un grado alto de variación en las propiedades mecánicas entre los diferentes lotes producidos del mismo material (dos Santos *et al.*, 2020). Los estudios realizados por (Chen *et al.*, 2013; Hugo, 2015) evidencian esta variabilidad en las pruebas de resistencia que supera la diferencia observada entre las muestras M1 y M2. En consecuencia, se puede inferir que no representan una diferencia considerable.

La resistencia a corte de M1 (2,41 MPa) y de M2 (2,88 MPa), difiere en 18,03% lo que representa 0,47 MPa. En cuanto a la resistencia a la tracción, los resultados difieren ya que el material M1 (20,22 MPa) se destaca con un 33,82% respecto a M2 (15,11 MPa). Estos resultados se asumen que se deben a las propiedades intrínsecas de la calidad del material reciclado, lo cual afecta a las resistencias finales de la madera plástica. En este caso en particular las mayores resistencias se presentan en el material M2 con resultados que no difieren mucho a los de M1. En cuanto a la resistencia a la tracción el material M1 destaca, esto se debe a la incorporación de fibras de cáscara de arroz en su composición (Dos Santos *et al.*, 2020; Suhot *et al.*, 2021).

El módulo de elasticidad a compresión presenta una diferencia entre el material M1 (1159,91 MPa) y el material M2 (750,63 MPa) de 54,52%. El módulo de elasticidad a flexión de M1 (3308,5 MPa) es 3,476 veces superior a M2 (951,69 MPa) y el módulo a tracción de M1 (3069,31 MPa) sobrepasa en 3,12 veces a M2 (983,01 MPa). Esto es debido a una mayor rigidez en el material M1, ya que presentó menores deformaciones que M2 durante los ensayos. Por otro lado, la incorporación de fibras de cáscara de arroz incrementa el módulo de elasticidad y reducen deformaciones (Dos Santos *et al.*, 2020; Suhot *et al.*, 2021). Además, debido al método de producción, la muestra M1 no contiene vacíos en su sección transversal (Figura 5a), a diferencia de la muestra M2 (Figura 5b). Por lo tanto, se puede inferir que la existencia de vacíos en la muestra M2 conduce a una mayor deformación, ya que los vacíos disminuyen la inercia de las probetas ensayadas. Como consecuencia de esto, se obtienen módulos de elasticidad más bajos.

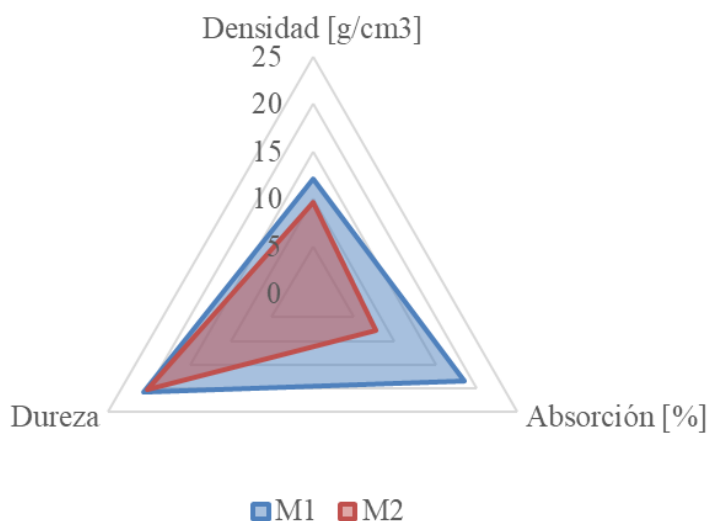


**FIGURA 5**

Sección transversal de muestras

a (Sección transversal de la muestra M1 sin presencia de vacíos) y b (Sección transversal de la muestra M2 con presencia de vacíos).

En la Figura 6 mediante un diagrama radial donde se considera las fundamentales características físicas como la densidad, absorción y dureza se muestra las diferencias que existe entre las dos muestras estudiadas.



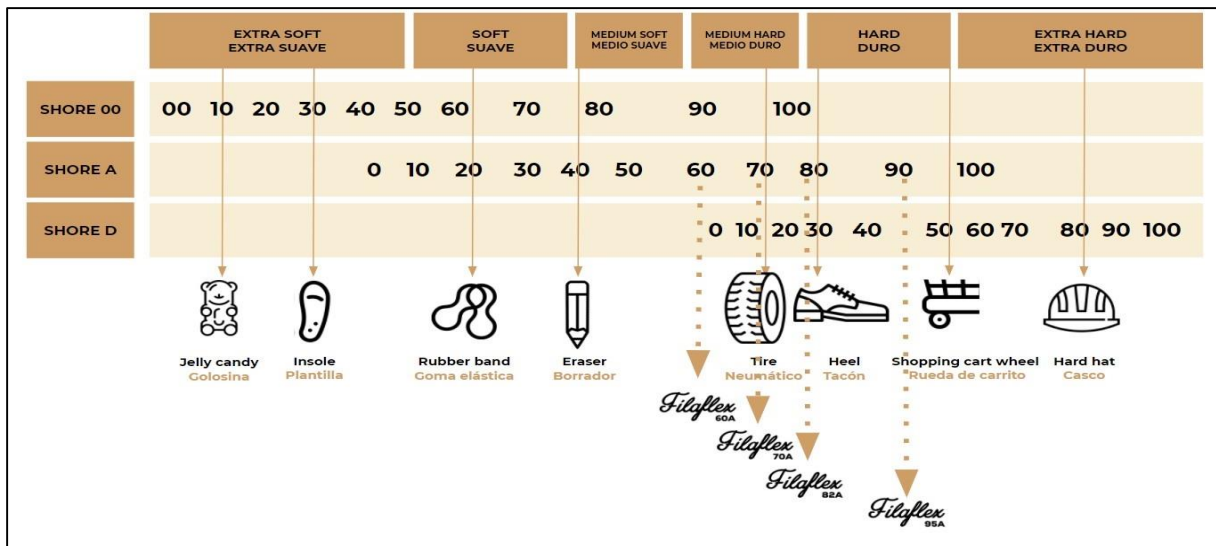
**FIGURA 6**

Diagrama radial de propiedades físicas de materiales M1 y M2

En el caso de la propiedad física “Densidad”, se tiene que material M1 (1,21g/cm<sup>3</sup>) es más denso que el material M2 (0,97g/cm<sup>3</sup>), debido a su matriz polimérica las cuales son PET y polipropileno respectivamente. El PET posee una densidad mayor al polipropileno (Callister y Rethwisch, 2016), lo cual repercute en la densidad del producto final como se puede ver según los resultados obtenidos en la investigación.

La absorción de agua es un parámetro importante dado su uso en la intemperie. Para el material M1 a las 24 horas se tiene una absorción de 1,85% en peso, comparados con los 0,77% del material M2 es una diferencia de 2,40 veces. Esto aumenta significativamente a largo plazo donde el material M1 llega a tener una absorción de 12,89% en comparación del 1,56% del material M2. Esto se debe a que M1 se encuentra elaborado con cáscara de arroz y la incorporación de componentes orgánicos en la mezcla aumenta la absorción de agua del material (Chen *et al.*, 2014).

Finalmente, se tienen valores de dureza de 72,20 y 71 en la escala Shore D para los materiales M1 y M2, respectivamente. La Figura 7 representa la dureza de ciertos materiales mediante una escala que usualmente se encuentra en las páginas de proveedores de plásticos. En esta se puede observar que los materiales estudiados son “Extraduros”.



**FIGURA 7**

Escala de medición de la dureza Shore

Tomado de Hapco, s/f; Recreus, 2021.

En la Tabla 1 se muestran las características mecánicas de las 2 muestras estudiadas, una madera plástica comercial (Black Rhino) de polietileno de alta densidad (HDPE) más fibra de vidrio y 2 maderas plásticas provenientes de investigaciones. Debido a la diferencia en la composición de estas maderas plásticas, no es posible realizar una comparación directa, la finalidad de la tabla es mostrar el desempeño del material.

**TABLA 1**  
Desempeño de diferentes tipos de maderas plásticas

Característica	M1	M2	HDPE + Fibra de vidrio	Polipropileno	Poliétileno + 60% Cáscara de Arroz
Resistencia a flexión [MPa]	15,84	17,02	18,93 <sup>[1]</sup>	38,30 <sup>[2]</sup>	21,70 <sup>[3]</sup>
Resistencia a tracción [MPa]	21,94	15,11	24,91 <sup>[1]</sup>	28,5 <sup>[2]</sup>	10,5 <sup>[3]</sup>
Resistencia a compresión [MPa]	20,91	22,43	19,61 <sup>[1]</sup>	-	-
Resistencia a cortante [MPa]	2,41	2,88	5,49 <sup>[1]</sup>	-	-
Módulo de Elast. Compresión [MPa]	1159,91	750,63	1100,23 <sup>[1]</sup>	-	-
Módulo de Elast. Flexión [MPa]	3308,50	951,69	2110,42 <sup>[1]</sup>	1190 <sup>[2]</sup>	2748,5 <sup>[3]</sup>

Fuente: [1] Black Rhino Recycling, s/f; [2] Cai, 2021; [3] Chen *et al.*, 2014

## CONCLUSIONES

La producción de madera plástica en Ecuador es un excelente ejemplo de aplicación de la Economía Circular, que se basa en el ciclo de reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje. Este material se produce a partir del reciclaje de botellas plásticas, fundas de snacks, costales y otros materiales, y debido a que está compuesto de polímeros, puede ser reciclado de nuevo después de su uso. La madera plástica cumple con varios principios de la Economía Circular, tal como se establece en la Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva, y se ajusta a la mayoría de las estrategias propuestas para los plásticos y materiales de construcción mencionados en el Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador. Por lo tanto, es un material ideal para considerar dentro de una Economía Circular.

Se observa una diferencia apreciable en los módulos de elasticidad entre los materiales estudiados, siendo mayor para el material M1 a base de PET y menor para el material M2 a base de polipropileno. No obstante, esta diferencia no implica una menor resistencia, ya que los materiales son similares en este aspecto. En cambio, la diferencia indica que M1 es más rígido que M2, por tanto, en este último se tienen mayores deformaciones ante las mismas cargas.

En la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales M1 y M2, se ha determinado que los módulos de elasticidad a flexión, tracción y compresión del material M1 son superiores debido a su mayor rigidez y menor deformación en comparación con el material M2. Esta rigidez es resultado de la combinación de las propiedades de los componentes individuales del material M1. Por un lado, el PET presenta módulos más altos en comparación con el polipropileno y, por otro lado, la cáscara de arroz actúa como fibras de refuerzo, aumentando en menor proporción el valor del módulo.

Durante los ensayos, se observaron deformaciones significativamente mayores en el material M2 en comparación con el material M1. Esto se debe a las propiedades intrínsecas de su matriz polimérica a base de polipropileno, que presenta módulos de elasticidad más bajos que el PET

utilizado en el material M1. Además, la sección transversal del material M2 no se considera compacta debido a la presencia de vacíos causados por la incorporación de gases en su estructura, lo que disminuye su inercia y aumenta las deformaciones.

La versatilidad de la manufactura de la madera plástica permite producir elementos estructurales con distintas geometrías, aptos para la construcción civil gracias a que el material posee propiedades físicas y mecánicas suficientes. La madera plástica tiene un gran potencial en el diseño de elementos de carga axial, ya que posee un buen desempeño en compresión, flexión y tracción. Sin embargo, debido a las altas deformaciones que presenta, su uso se limita a construcciones de baja altura.

La utilización de madera plástica en la construcción presenta una ventaja significativa debido a que, al ser un material sintético, tiene una menor probabilidad de ser atacado por organismos xilófagos como termitas, carcomas y polillas de la madera, entre otros. A diferencia de la madera natural, que requiere de tratamientos especiales para prevenir infestaciones de plagas, en muchos casos utilizando sustancias tóxicas como el cromo y el arsénico.

Este estudio ha aportado información relevante sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica fabricada por Ecom y Ecuaplastic en el país. Estos datos serán de gran utilidad para los diseñadores y proyectistas en el futuro, ya que les proporcionará los parámetros necesarios para utilizarla en programas de diseño estructural de manera adecuada y efectiva.

## REFERENCIAS

- Albán, L. (2019) Elaboración de madera plástica a partir de polímeros post consumo. *Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8868>
- Alcívar, I., y Arias, G. (2009) *Proyecto para la fabricación de un producto sustituto de la madera, con polietileno de alta densidad 100% reciclado*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1576>
- ASTM D570 (2018) *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. <https://www.astm.org/d0570-98r18.html>
- ASTM D638 (2014) *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. <https://www.astm.org/d0638-14.html>
- ASTM D2240 (2021) *Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness*. <https://www.astm.org/d2240-15r21.html>
- ASTM D2344 (2016) *Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates*. [https://www.astm.org/d2344\\_d2344m-22.html](https://www.astm.org/d2344_d2344m-22.html)
- ASTM D6108 (2019) *Standard Test Method for Compressive Properties of Plastic Lumber and Shapes*. <https://www.astm.org/d6108-19.html>
- ASTM D6109 (2019) *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Lumber and Related Products*. <https://www.astm.org/d6109-19.html>
- ASTM D6111 (2019) *Standard Test Method for Bulk Density and Specific Gravity of Plastic Lumber and Shapes by Displacement*. <https://www.astm.org/d6111-19a.html>
- Bersoza, M. (2018) *Modelo de negocios para la distribuidora ecológica Arvol Disecoarvol Cia. Ltda para el periodo 2018 – 2021*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30954/3/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

- Black Rhino Recycling (s/f) *Structural Grade Plastic Lumber*. Recuperado el 8 de marzo de 2023, de <https://www.blackrhinoproducts.com/>
- Cai, Z. (2021) *Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials Contents*.
- Callister, W., y Rethwisch, D. (2016) *Ciencia e Ingeniería de materiales* (Reverté). <https://www.reverte.com/media/reverte/files/book-attachment-2717.pdf>
- Chen, J., Wang, Y., Gu, C., Liu, J., Liu, Y., Li, M., y Lu, Y. (2013) Enhancement of the Mechanical Properties of Basalt Fiber-Wood-Plastic Composites via Maleic Anhydride Grafted High-Density Polyethylene (MAPE) Addition. *Materials*, 6(6), 2483–2496. <https://doi.org/10.3390/MA6062483>
- Chen, R. S., Ab Ghani, M. H., Ahmad, S., Salleh, M. N., y Tarawneh, M. A. (2014) Rice husk flour biocomposites based on recycled high-density polyethylene/polyethylene terephthalate blend: effect of high filler loading on physical, mechanical and thermal properties. *SAGE*, 49(10), 1241–1253. <https://doi.org/10.1177/0021998314533361>
- Dos Santos, F., Canto, L., da Silva, A., Visconte, L., y Vasques, E. (2020) Processing and properties of plastic lumber. *Thermosoftening plastics*.
- Eco Wiblock (s/f) Recuperado el 22 de marzo de 2023. <http://ecowiblock.com/>
- Ecowood Ecuador (s/f) Recuperado el 22 de marzo de 2023. <https://ecowoodecuador.com/>
- Ecuaplastic (s/f) Recuperado el 22 de marzo de 2023. <https://www.ecuaplastic.com/index.php/empresa/quienes-somos>
- García, J., Quito, J., y Perdomo, J. (2020) *Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente*. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/16031>
- Hapco (s/f) *Hardness Comparison Chart*. Recuperado el 3 de marzo de 2023. <https://hapcoincorporated.com/resources/hardness-comparison-chart/>
- Herrera, J. P., Bedoya-Ruiz, D., y Hurtado, J. E. (2018) Seismic behavior of recycled plastic lumber walls: An experimental and analytical research. *Engineering Structures*, 177, 566–578. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.10.006>
- Herrera, J. P., Bedoya-Ruiz, D., y Hurtado, J. E. (2023) Recycled Plastic Lumber walls for one and two-story housing: An assessment of their seismic performance. *Journal of Building Engineering*, 65, 105822. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105822>
- Hugo, A.M. (2015) *Recycled Polymer Composites for Structural Applications* [The University Of Sheffield]. <https://etheses.whiterose.ac.uk/9520/1/Annie-May%20Hugo%20PHD%20Thesis%20Final.pdf>
- Iza, D. (2020) *Análisis de la composición y propiedades mecánicas de la madera plástica reciclada (WPC)*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6833>
- Klyosov, A. (2007) *Wood-Plastic Composites*. John Wiley & Sons, Inc.
- Madera Plástica Barahona (s/f) Recuperado el 22 de marzo de 2023. <https://www.maderaplasticabarahona.com/>
- Madera Verde Ecuador (s/f) Recuperado el 22 de marzo de 2023. <https://madera-verde-ecuador.negocio.site/>
- Ministerio de Producción y Comercio Exterior e Inversiones y Pesca (2021) *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador*. [https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/OT-44416\\_Libro-Blanco\\_paginas.pdf](https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/OT-44416_Libro-Blanco_paginas.pdf)
- Portilla Jiménez, G. J. (2022) Análisis del Marco Normativo de Economía Circular en Ecuador Orientado al Sector de los Plásticos. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 13(1), 38–47. <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3364>
- Recreus (2021, septiembre 1) *¿Qué es la “dureza Shore”?* <https://recreus.com/es/noticias/aprende-con-recreus/que-es-la-dureza-shore->
- Rincón, L., Rodríguez, E., y Espitia, A. (2016) Madera plástica un producto amigo del planeta. *Semilleros*, 3(5), 41–48.
- Salas, J. (2016) *De habitat II a Habitat III: construyendo con recursos escasos en Latinoamérica*. E.T.S. Arquitectura (UPM).

- Secretaría Nacional de Planificación (Ed.) (2021) *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>
- Suhot, M. A., Hassan, M. Z., Aziz, S. A., y Md Daud, M. Y. (2021) Recent Progress of Rice Husk Reinforced Polymer Composites: A Review. *Polymers*, 13(15), 2391. <https://doi.org/10.3390/POLYM13152391>
- Turku, I., Kärki, T., y Puurtinen, A. (2018) Durability of wood plastic composites manufactured from recycled plastic. *Helijon*, 4(3), e00559. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2018.E00559>

## ARTÍCULOS

# Predicción de Producción de Fluidos empleando Machine Learning en T Inferior del Campo Sacha



## Fluid Production Prediction using Machine Learning in the Lower T of the Sacha Field

Altamirano-Cárdenas, Adrián Israel; Lucero-Calvache, Fernando Andrés



**Adrián Israel Altamirano Cárdenas**  
aialtamiranoc@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Carrera de Ingeniería de Petróleos. Quito, Pichincha, Ecuador.



**Fernando Andrés Lucero Calvache**  
falucero@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
ISSN: 1390-7042  
ISSN-e: 2602-8484  
Periodicidad: Semestral  
vol. 16, núm. 2, 2023  
[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 04 abril 2023  
Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4542>

Autor de correspondencia: [aialtamiranoc@uce.edu.ec](mailto:aialtamiranoc@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Altamirano-Cárdenas, A. I.; Lucero-Calvache, F. A. (2023). Predicción de Producción de Fluidos empleando Machine Learning en T Inferior del Campo Sacha. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 70-78. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4542>

**Resumen:** El presente estudio tiene por objeto predecir la producción de fluidos de los pozos perforados durante el año 2021 en la arenisca T inferior en el campo Sacha. Se tomó en cuenta la información petrofísica y de fluidos para la construcción del modelo a partir de un pozo tipo mediante el software comercial el cual proporciona el análisis del comportamiento de pozos. Paralelamente mediante el lenguaje de programación Python a través de Machine Learning se desarrolló dos algoritmos: uno basado en los datos de presión de entrada (PIP) de la bomba electrosumergible (BES), y otro con datos PIP y salinidad del agua de formación del reservorio. La predicción de producción de fluidos respecto a la producción real obtuvo un error de 2% con el software comercial mientras que en las dos simulaciones a través de Python se obtuvo 10% y 0.5% de error respectivamente. Para el caso de la predicción de producción de gas el valor real es de 0.07 MMSCFD mientras que el obtenido mediante la simulación con el software comercial es de 0.41 MMSCFD. Para el caso de la primera y segunda simulación con Python se obtuvo una mejor aproximación de 0.11 MMSCFD y 0.10 MMSCFD respectivamente. El incremento de variables en Python permite la reducción del porcentaje de error e incrementa el ajuste de la predicción de producción de fluidos y gas, en este caso la PIP de la BES y salinidad de agua de formación.

**Palabras clave:** análisis de datos; pronóstico de producción; software de código abierto; tecnología petrolera.

**Abstract:** The purpose of this study is to predict the fluid production of the wells drilled during the year 2021 in the lower T sandstone in the Sacha field. The petrophysical and fluid information was considered for the construction of the model from a standard well using commercial software, which provides the analysis of well behavior. In parallel, using the Python programming language through Machine Learning, two algorithms were developed: one based on the pump intake pressure (PIP) data of the electric submersible pump (ESP), and another with PIP data and salinity of the reservoir formation water. The prediction of fluid production with respect to the real production, found an error of 2% with the



commercial software while in the two simulations through Python an error of 10% and 0.5% was obtained respectively. In the case of gas production prediction, the real value is 0.07 MMSCFD, while the one obtained by simulation with commercial software is 0.41 MMSCFD. For the case of the first and second simulation with Python, a better approximation of 0.11 MMSCFD and 0.10 MMSCFD was obtained respectively. The increase of variables in Python allows the reduction of the percentage of error and increases the adjustment of the of fluid and gas production prediction, in this case the PIP of the BES and salinity of formation water.

**Keywords:** data analysis; production forecasting; open-source software; petroleum technology.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo final del modelamiento de un campo petrolero es idear una estrategia óptima para desarrollar, administrar y operar el campo. Para algunos campos petroleros, la optimización de las operaciones de producción puede ser un factor importante para aumentar las tasas de producción y reducir los costos. Mientras que para pozos individuales u otros sistemas pequeños el análisis nodal simple puede ser adecuado, los sistemas grandes y complejos exigen un enfoque mucho más sofisticado para predecir con precisión la respuesta de un sistema de producción y para examinar escenarios operativos alternativos de manera eficiente.

A medida que los algoritmos de optimización y las técnicas de simulación de yacimientos continúan desarrollándose y la capacidad computacional continúa aumentando, las instalaciones de petróleo y gas que antes se pensaba que no eran candidatas para el control u optimización avanzados están siendo objeto de nuevas consideraciones.

El presente estudio compara las predicciones de producción de un pozo tipo de la arenisca T inferior del campo Sacha con las obtenidas mediante software comercial con el fin de mejorar el método de cálculo y tener mayor exactitud del volumen de fluidos a producir para que las facilidades de producción y de levantamiento de los fluidos sean las idóneas. Además, se presenta propuestas en base a los resultados obtenidos, los cuales servirán como fundamentos teóricos y técnicos para futuros proyectos de explotación de pozos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se ha aplicado en un enfoque analítico - descriptivo, en el cual se analizó la predicción de la producción de agua, gas y petróleo, a través de la utilización de software comercial en la arena T inferior del campo Sacha basados en los datos de presión de entrada de la bomba electrosumergible y la producción de los pozos del año 2021. En la Tabla 1 se presentan los datos de producción del pozo tipo.

**TABLA 1**  
Datos de producción del pozo tipo

<b>Producción fluido total (BFPD)</b>	<b>Producción de gas (MMSCFD)</b>	<b>Producción de petróleo (BPPD)</b>	<b>Producción de agua (BWPD)</b>	<b>BSW (Fracción)</b>	<b>GOR (SCF/STB)</b>
525	0.07	498.75	26.25	0.05	800

## Consideraciones teóricas

Los métodos de optimización de machine learning en la industria petrolera se introdujeron por primera vez en la industria de exploración y producción (E&P) de petróleo en la década de 1940, y desde entonces se han utilizado ampliamente para predecir, estimar y determinar varios parámetros operativos. Estos métodos se clasifican principalmente en tres grupos que incluyen técnicas de programación lineal, entera y no lineal.

Los algoritmos de inteligencia artificial (IA) se han utilizado ampliamente para resolver problemas en la industria del petróleo y el gas. Zhou (2019) menciona que la IA se define como la capacidad de los agentes inteligentes para el aprendizaje continuo en el entorno correspondiente y la percepción de determinadas actividades. AI se compone principalmente de Algoritmos Evolutivos (EA), Inteligencia de Enjambre (SI), Lógica Difusa (FL) y Redes Neuronales Artificiales (RNA).

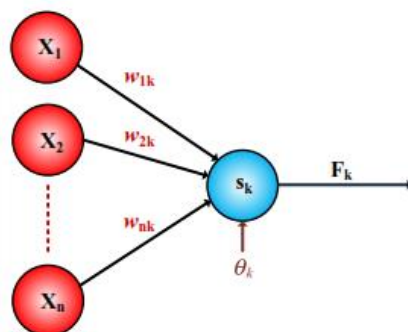
## Red neural artificial (RNA)

Consiste en un conjunto de unidades de procesamiento simples, que comunicarse mediante el envío de señales entre sí a través de un gran número de conexiones ponderadas. La neurona recibe la información de sus vecinos o fuentes externas y usar esta entrada para calcular una señal de salida que luego se propaga a otras unidades. Además de este procesamiento, la segunda tarea es el ajuste de los pesos. El sistema es inherentemente paralelo en el sentido de que muchas unidades pueden realizar sus cálculos al mismo tiempo. En la mayoría de los casos, se supone que cada unidad proporciona una contribución aditiva a la entrada de la unidad con la que está conectado (Rahmanifard & Plaksina, 2018).

Como se muestra en la Figura 1, la entrada total ( $sk(t)$ ) a la unidad  $k$  es una simple suma ponderada de las salidas de cada una de las unidades conectadas más un término de polarización o compensación ( $\theta_k$ ) por lo que se requiere una regla que calcule el efecto de la entrada total sobre la salida de la unidad.

Por lo tanto, una función ( $F_k$ ) que toma la entrada total  $sk(t)$  y produce un nuevo valor de la se necesita la activación de la unidad  $k$  (función de activación o transferencia). Las funciones de transferencia sirven principalmente como un tipo de filtro o puerta que permite que algunas señales se muevan avanzar y detener a otros a medida que avanzan desde los nodos de entrada a los de salida. lo más las funciones de activación comúnmente utilizadas son sigmoide logarítmica,

sigmoide tangente hiperbólica, y funciones lineales.

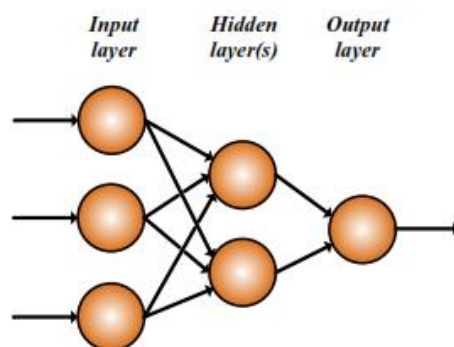


**FIGURA 1**

Ilustración de los conceptos básicos de una neurona

Fuente: Rahmanifard & Plaksina (2018)

Hay varios patrones de RNA, como redes feed-forward, redes recurrentes, etc. Las redes feed-forward convencionales son las redes más comunes para la aproximación de funciones mismas que constan de grupos de nodos interconectados dispuestos en capas correspondientes a entrada, oculta y nodos de salida, se muestra en la Figura 2.



**FIGURA 2**

Red Neural Artificial

Fuente: Rahmanifard & Plaksina (2018)

## Lenguaje Python

El lenguaje de programación Python es un lenguaje fácil de aprender. Éste cuenta con estructuras de alto nivel que puede dar un enfoque simple pero asertivo hacia la programación dirigida a objetos. Las características que se revelan en su sintaxis y su tipado dinámico lo transforman en un lenguaje ideal para scripting y para el uso de aplicaciones en diferentes áreas (inteligencia artificial, big data, data science, desarrollo web, entre otros) (Ibrahim & Bilchick, 2021). En la Figura 3 se presenta el algoritmo utilizado en el lenguaje de programación Python para las simulaciones.

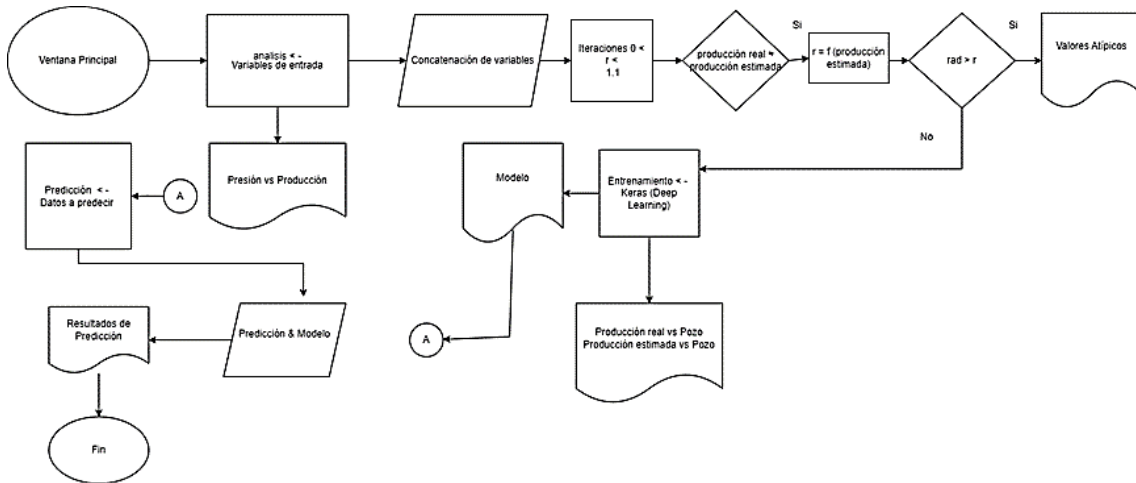


FIGURA 3

Algoritmo lenguaje de programación Python

### Análisis y depuración de datos

Para la simulación fue utilizada la normalización de datos para el posterior uso de clustering con el objetivo de eliminar los valores atípicos. Se realizó un cálculo iterativo de radio vs producción con el fin de obtener el mejor ajuste. Para el caso de estudio se determinó si los datos tienen un rango mayor al radio de 0.2 para fluidos y 0.8 para gas es un valor atípico. La Figura 4 muestra la ventana de análisis y depuración de datos donde se grafican la PIP vs producción de fluido (izquierdo) y la PIP vs producción de gas (derecho).

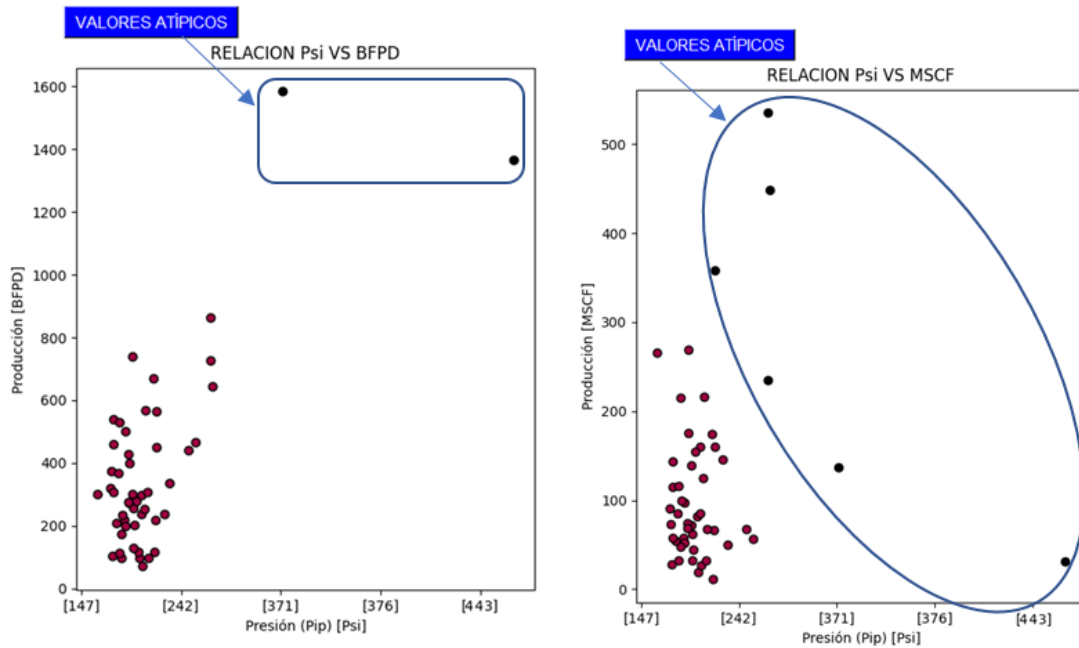


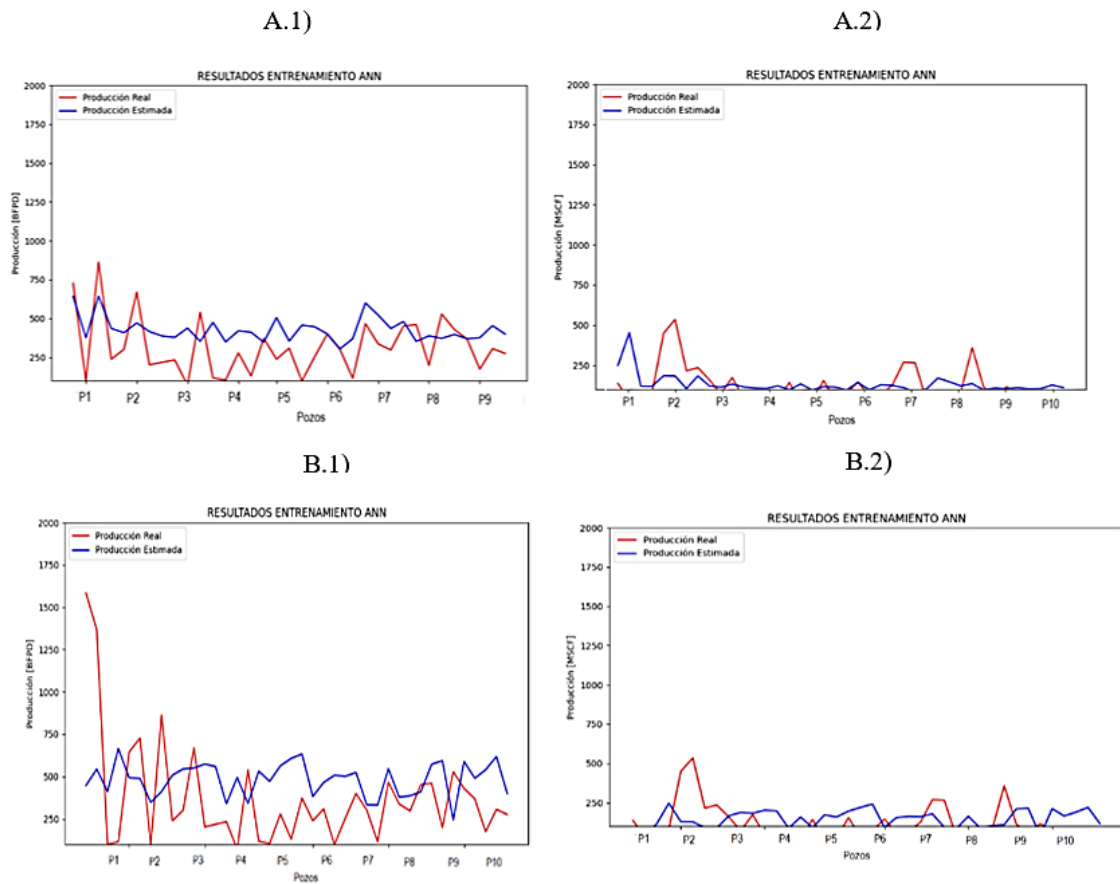
FIGURA 4

Análisis y depuración de valores atípicos de fluido y gas

Fuente: Software Python

## Modelo entrenado

Luego de la depuración de datos se realizó el entrenamiento de la RNA, en la que se obtuvo gráficas comparativas de la producción real y estimada con la red neuronal de los pozos como se observa en la Figura 5. La primera estimación se utilizó como variable la PIP, mientras que en la segunda estimación a más de la PIP se utilizó la salinidad del agua de formación. En la sobreposición de las curvas se observa el mejor ajuste del algoritmo que permitirá la predicción de la producción.



**FIGURA 5**

Modelo entrenamiento de la RNA.

A. Primera simulación: A.1) Producción de fluidos; b) Producción de gas; B. Segunda simulación: B.1) Producción fluidos; B.2) Producción de gas.

Fuente: Software Python

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar la producción con el software comercial se utilizó la información disponible del pozo tipo. De forma paralela se realizaron dos predicciones de producción de fluido y gas: la primera con el valor de la PIP del pozo tipo de 250 Psi, y la segunda con el mismo valor de la PIP de la primera simulación y el valor de la salinidad del agua de formación de 50000 ppm. A partir de estos resultados se realizó la comparación de producción real versus la simulada tanto en el software comercial como en Python del pozo tipo como se indica en la Tabla 2.

**TABLA 2**

Comparativo de producción real y simulada en software comercial y Python del pozo tipo

Caso de estudio		Producción de fluido (BFPD)	Producción de Gas (MMSCFD)	Error producción de fluido (%)
<b>Producción real</b>		525.00	0.07	-----
<b>Software Python</b>	Primera simulación	473.40	0.11	9.83
	Segunda Simulación	522.44	0.10	0.49
<b>Software Comercial</b>		534.30	0.41	1.77

### Análisis comparativo de las simulaciones

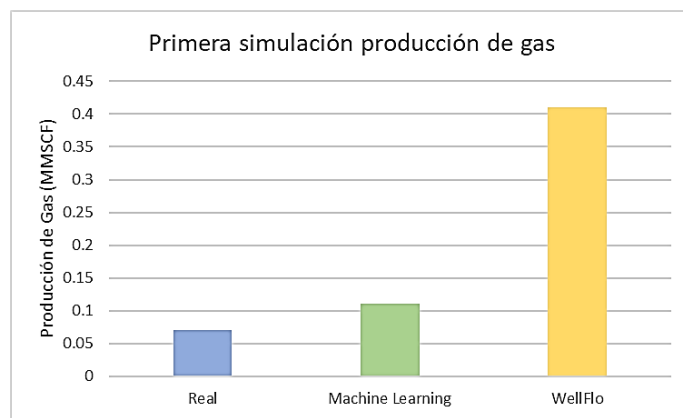
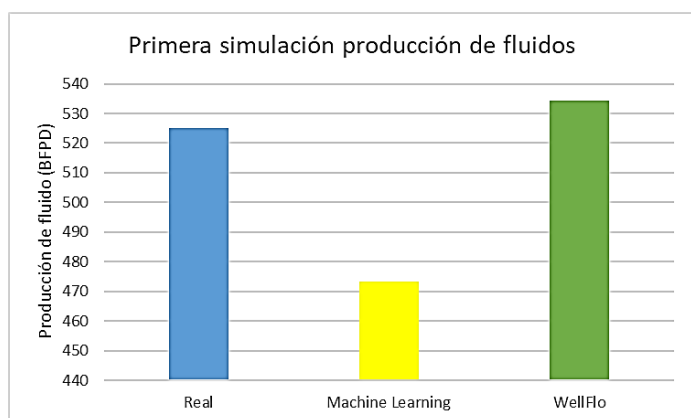
En la primera simulación se obtuvo un error del 10% con respecto al valor real de producción de fluidos del pozo tipo ya que únicamente se utilizó una variable. En la segunda simulación, el error se redujo a 0,5% debido a que se incrementó una variable adicional para obtener un mejor ajuste. Previamente se había realizado simulaciones con variables como la temperatura del pozo y el grado API donde no se determinó un cambio significativo de resultados por ser valores promedios para todos los pozos del Campo. Por el contrario, la PIP de la BES se relaciona directamente con la producción y la salinidad con la porosidad, permeabilidad, saturación de agua, arena productora y presión capilar, que son propiedades directamente relacionadas en el potencial de producción. En la Figura 6 se muestran los gráficos de barras de las simulaciones.

**FIGURA 6**

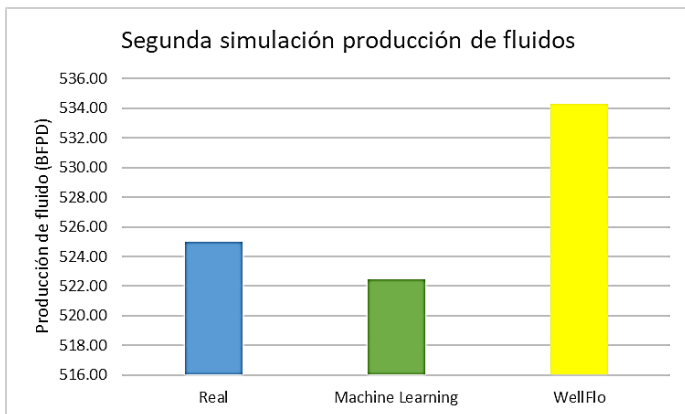
Gráfico de barras de las simulaciones

A.1)

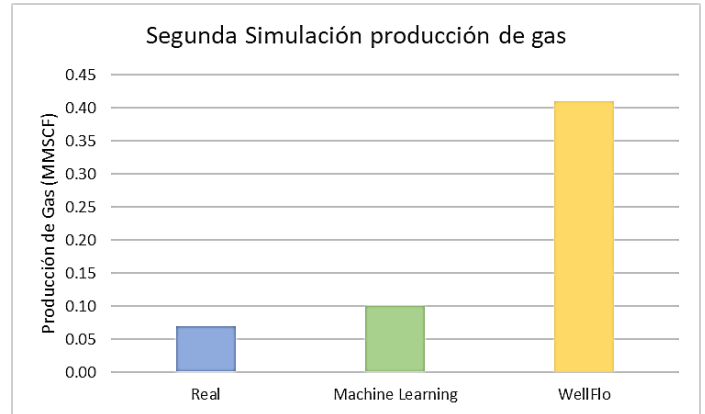
A.2)



B.1)



B.2)



A.1) producción de fluidos primera simulación, A.2) producción de gas primera simulación, B.1) producción de fluidos segunda simulación B.2) producción de gas segunda simulación

## CONCLUSIONES

- El uso de nuevas tecnologías como el machine learning permite que las predicciones de producción sean más precisas y se reduzca la incertidumbre.
- La concatenación y normalización de datos permiten eliminar los valores atípicos por lo cual es importante tener criterios adecuados para excluir estos valores como conocer el mejor método para este caso fue el clustering y dentro de este la variable radio con el mejor ajuste de 0.8 para gas y 0.2 para fluidos.
- La reutilización de código en las funciones optimiza espacio, y contribuye con la eficiencia del programa, esto puesto que tanto para gas como para fluidos se utiliza el mismo código además de que las funciones que requieran cálculos similares se utiliza la misma función en la que ya se realizó ese cálculo previo.
- Las variables que actúan directamente en el potencial de producción del pozo tipo reducen el porcentaje de error en la predicción de producción con respecto al software comercial.
- El mejoramiento de la predicción de producción se debe al uso de las redes neuronales artificiales que son las responsables de crear algoritmos de inteligencia artificial, estos permiten emular el comportamiento no lineal presentado por la PIP y la salinidad con respecto a la producción de fluido.

## REFERENCIAS

- Cass, S. (05 de Noviembre de 2019) *IEEE Spectrum*. Obtenido de IEEE Spectrum: <https://spectrum.ieee.org/at-work/innovation/the-2018-top-programminglanguages>.
- Flores Urgilés, C. M. y Ortiz Amoroso, M. S. (2018) Revisión de algoritmos para la detección de valores atípicos. *Killkana Técnica*, 2(1), pp. 19–26. doi: 10.26871/killkana\_tecnica.v2i1.287.
- Hunter, J., & Dale, D. (05 de Nov de 2019) *Matplotlib*. Obtenido de Python plotting: <https://matplotlib.org/>.

- Ibrahim, M., & Bilchick, K. (2021) *Avanzado Método de aprendizaje automático para la predicción de la presión de cierre de la fractura, closureTime, permeabilidad y tiempo hasta regímenes de flujo tardío de DFIT*. Unconventional resources technology conference.
- Carrera Jácome, L. (2018) *Análisis Nodal*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/393404481/Analisis-Nodal>
- Jami, O. (2019) *Alternativas para optimizar el sistema Power Oil en la estación Shushuqui*. Quito.
- MetaQuotes (04 de Noviembre de 2019) *MetaQuotes*. <https://www.mql5.com/es/articles/497>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2019) *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. Obtenido de Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/>
- NumPy Community (05 de Noviembre de 2019) *What is NumPy*. <https://numpy.org/doc/1.17/user/whatisnumpy.html>.
- PyData Development Team (05 de Noviembre de 2019) *Package overview*. <https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/>.
- Rahmanifard, H., & Plaksina, T. (2018) *Application of artificial intelligence techniques in the petroleum industry: a review*. USA.
- Scikit-learn (09 de Noviembre de 2019) *Scikit-Learn Machine Learning in Python*. Obtenido de Scikit-Learn Machine Learning in Python: <https://scikit-learn.org/stable/>.
- TensorFlow (2019 de Noviembre de 2019) *Why TensorFlow*. <https://www.tensorflow.org/about>.
- Zhou, P. (2019) *Production Data Analysis By Machine Learning*.




## ARTÍCULOS


# Captura de carbono orgánico en zonas con distinto nivel de intervención en páramos de Sayaro




## Organic carbon capture in areas with different levels of intervention in Sayaro moors

Hurtado-Naranjo, Michelle Alexandra; Alulema-Del Salto, Rafael Alberto; Palacios-Cabrera, Teresa Alejandra

 **Michelle Alexandra Hurtado Naranjo**  
mahurtado@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Carrera de Ingeniería Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Rafael Alberto Alulema Del Salto**  
raalulema@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Carrera de Geología. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Teresa Alejandra Palacios Cabrera**  
tapalacios@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Carrera de Ingeniería Ambiental. Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 14 septiembre 2022

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4323>

Autor de correspondencia: [tapalacios@uce.edu.ec](mailto:tapalacios@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Agradecimientos:** al Parque Nacional Cayambe-Coca por la apertura y ayuda en la toma de muestras de suelo en el Páramo, al GAD de Cayambe por su colaboración en la logística, al laboratorio de la FIGEMPA por el apoyo en los procesos para el análisis de los suelos.

**Resumen:** Los páramos son ecosistemas conocidos por su gran capacidad de retención hídrica y secuestro de carbono en los suelos, esto se atribuye a la variedad de flora y fauna de las zonas de humedales en los mismos. La presente investigación se realizó en el Páramo de Sayaro, ubicado en la parroquia de Juan Montalvo, perteneciente a el cantón Cayambe; con el objetivo de determinar la cantidad de carbono que se encuentra presente en tres zonas con distintos niveles de intervención y cuáles serían los factores a los que se atribuiría la diferencia. Zona Z1=sin intervención; Zona Z2=mediana intervención y Zona Z3= alta intervención. Se tomaron un total de 45 muestras de suelo, 15 en cada una de las zonas, para análisis fisicoquímicos del porcentaje de materia orgánica y la cantidad de carbono orgánico; determinados mediante el método de Walkey y Black (1947). Los valores promedios obtenidos de carbono orgánico fueron de 44,06 tC/ha en la zona sin intervención y de páramos jóvenes; 28,05 tC/ha en la zona con mediana intervención por la presencia de ceniza volcánica y 35,67 tC/ha en la zona con alta intervención por la vegetación y presencia de organismos como las lombrices.

**Palabras clave:** páramo; carbono orgánico del suelo; materia orgánica; cambio climático.

**Abstract:** The moors are ecosystems known for their high-water retention capacity and carbon sequestration in soils, this is attributed to the variety of flora and fauna of the wetland areas in them. The present investigation was carried out in the moors de Sayaro, located in the parish of Juan Montalvo, belonging to the canton of Cayambe; with the aim of determining the amount of carbon present in three areas with different levels of intervention and the factors to which the difference would be attributed. Zone Z1=no intervention; Zone Z2=medium intervention and Zone Z3= high intervention. A total of 45 soil samples, 15 in each of the zones, were taken for analysis of the physic-chemical parameters of the percentage of organic matter and the amount of organic carbon; determined by the Walkey and Black method (1947). The average values obtained of organic carbon were 44.06 tC/ha in the zone without intervention and young moors; 28.05 tC/ha in the zone with medium

**Cómo citar:** Hurtado-Naranjo, M. A., Alulema-Del Salto, R. A., Palacios-Cabrera, T. A. (2023). Captura de carbono orgánico en zonas con distinto nivel de intervención en páramos de Sayaro. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 79-92. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4323>

intervention due to the presence of volcanic ash and 35,67 tC/ha in the area with high intervention by vegetation and presence of organisms such as worms.

**Keywords:** moorland; soil organic carbon; organic matter; climate change.

## INTRODUCCIÓN

Los suelos son fuentes importantes de carbono orgánico (C), cuando se trata de los mayores reservorios con relación a los ecosistemas terrestres. Sin embargo, el uso intenso continuo de los suelos para satisfacer las crecientes necesidades humanas, como las necesidades de alimentos, fibra y energía, ha resultado en una pérdida de carbono del suelo y, por lo tanto, provoca emisiones de gases de efecto invernadero (Cerri et al., 2021). La importancia del cambio de uso del suelo y su relación con el cambio climático ha sido objeto de debate científico durante muchos años. Los ecosistemas forestales son capaces de almacenar carbono en forma de biomasa superficial, lo que depende de factores como la composición vegetal, la edad y la densidad de población en cada nivel de la comunidad vegetal (Guillén et al., 2019).

Los ecosistemas de páramos se caracterizan por los diversos tipos de vegetación montañosa en los Andes del norte, son un excelente ejemplo del papel desproporcionado de los hábitats de montaña en la prestación de servicios ecosistémicos (Lazo et al., 2019), sin embargo, la capacidad de páramo para aportar altos niveles de carbono en el suelo está en riesgo debido al cambio de uso de la tierra de pastizales y arbustos a tierras de cultivo y su aporte de gases de efecto invernadero en el cambio climático (Thompson et al., 2021). En el periodo de 2007 a 2016 las actividades relacionadas con la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra son responsable de alrededor del 13% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, 44% metano (CH<sub>4</sub>) y 81% óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) de las actividades humanas en todo el mundo representa el 23% de todas las emisiones antropogénicas netas de gases de efecto invernadero (Dupar, 2020). El cantón de Cayambe está dominado por áreas naturales de PANE (Patrimonio de áreas Naturales del Estado), páramos, arbustos y vegetación herbácea, que cubren el 64,09% de la superficie terrestre. Alrededor del 40% del territorio del estado está formado por páramos, que corresponde esencialmente al Parque Nacional Cayambe-Coca. El mapa de cobertura natural del suelo muestra predominantemente ecosistemas herbáceos con mínima intervención (53,97%), pero también muestra la presencia de ecosistemas arbustivos y herbáceos moderadamente alterados (22,43%).

La deforestación conduce a la pérdida de hábitats, la reducción de especies y la pérdida de fertilidad del suelo afecta a todo el ecosistema. Los monocultivos y las actividades agrícolas intensivas conducen a una disminución de los niveles de MOS (materia orgánica del suelo), lo que provoca su deterioro estructural (Cantú Silva y Yañez Díaz, 2018). Los mayores impactos se ven reflejados en la capa superior a profundidad de 30 cm, el contenido de C en el suelo depende de factores en el largo plazo y puede visualizarse a través de una alteración, degradación o mejoramiento debido a cambios en el uso y manejo de suelos (Cantú Silva y Yañez Díaz, 2018).

Este estudio se realizó en el cantón Cayambe, en la parroquia de Juan Montalvo, en los humedales pertenecientes al páramo de Sayaro en el parque Nacional Cayambe; se analizaron

muestras de suelo para determinar la cantidad de materia orgánica y carbono orgánico presente en tres zonas con distinto nivel de intervención y condiciones. Y con estos datos determinar el potencial de captura de carbono en estos páramos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se ubica en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, a una altitud de más de 2.700 m. s.n.m.; en la parroquia de Juan Montalvo, en la zona de Hato Espiga de Oro, dentro de la que se alberga el Páramo Sayaro (Gadip-Cayambe, 2019).

El páramo de Sayaro se encuentra en el volcán Cayambe por lo que cuenta con un clima usualmente frío con temperaturas que varían entre los 8.2°C y 13.4°C; y una media de precipitaciones mensuales de 100 mm, a la que se atribuye la gran humedad de sus suelos. La vegetación de páramo es en su mayoría arbustiva y herbácea que constituyen la cobertura vegetal que incide en gran parte a la descomposición de la materia orgánica y por consiguiente a la cantidad de carbono en el suelo (Gadip-Cayambe, 2019).

A pesar de que la zona de estudio se encuentra en un área protegida dentro del Parque Nacional Cayambe-Coca, en esta zona se puede apreciar cambio de uso de suelo debido a las actividades ganaderas de la comunidad y habitantes de esta zona (Gadip-Cayambe, 2019).

### Selección de puntos de muestreo en campo

Para la selección de los puntos de muestreo; se escogieron tres zonas distintas basadas en su nivel de intervención de actividades antropogénicas, en específico pastoreo de ganado vacuno: **zona 1** sin intervención, **zona 2** intervención media, **zona 3** mucha intervención.

### Descripción de cada zona de estudio

**Zona 1** (sin intervención): con una altitud entre los 3727 m.s.n.m. y 3746 m.s.n.m., vegetación arbustiva combinada con estipa y almohadilla, no se evidencia la presencia de intervención de tipo antropogénica, el suelo presenta gran cantidad de raíces y abundante humedad. Como se observa en la figura 1.

**Zona 2** (intervención media): altitud entre los 3604 a 3611 m.s.n.m., la vegetación en su mayoría es pasto, con poca intervención en su mayoría por ganado vacuno por lo que presenta compactación, y el suelo con gran cantidad de piedras, y ceniza. Como se observa en la figura 2.

**Zona 3** (alta intervención): Esta zona con altitud de 3509 a 3562 m.s.n.m.; tiene una vegetación en su mayoría de almohadilla, se aprecia mayor intervención antropogénica lo que se evidencia en los cercados colocados, suelos de color negro, con gran presencia de lombrices. Como se observa en la figura 3.



**FIGURA 1**  
Zona sin intervención

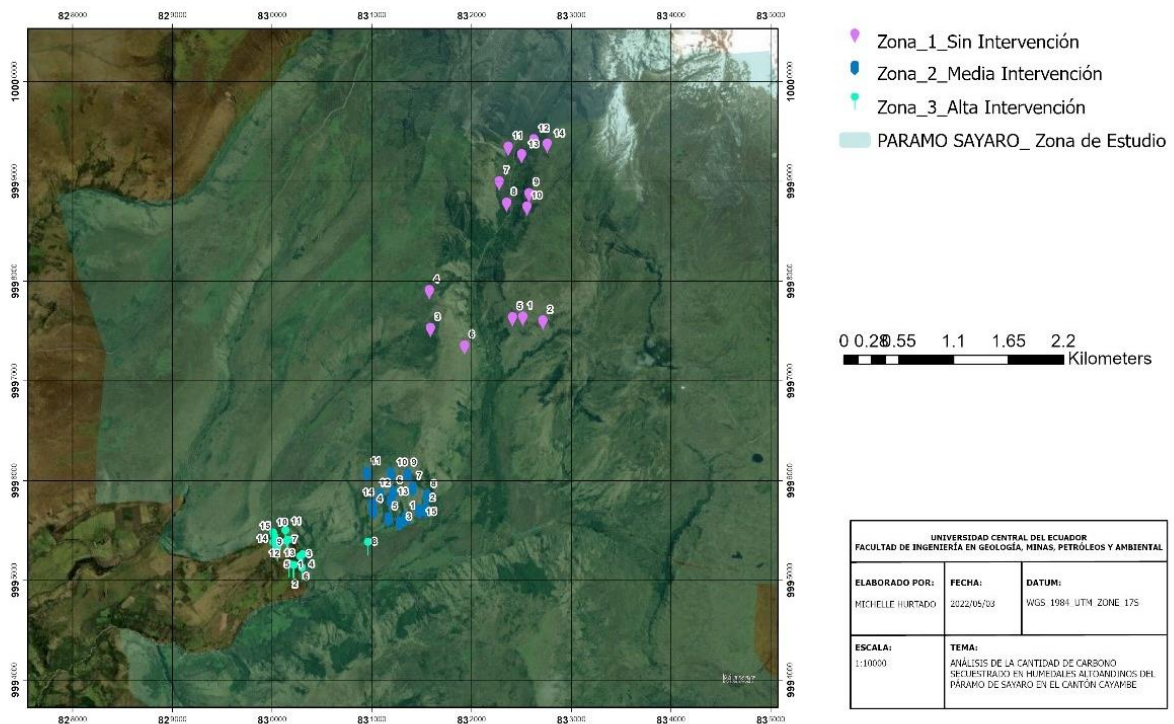


**FIGURA 2**  
Zona con intervención media



**FIGURA 3**  
Zona con intervención alta

## Recolección de muestras



**FIGURA 4**

Ubicación de puntos de muestreo, zona sin intervención de color lila, zona de mediana intervención de color azul y zona de alta intervención de color verde claro

Para la toma de muestras se usaron los criterios determinados para la metodología del Registro oficial 387 (Art. 4.5.1. De la toma de muestras para caracterización de suelos) (Ministerio del Ambiente, 2015) por lo que se tomaron 15 muestras por zona (Ver Figura 4).

### Procedimiento de muestreo

- Identificación *in-situ* de las zonas para el muestreo según su accesibilidad.
- Elección de puntos al azar y georreferenciación.
- Eliminación de cobertura vegetal con ayuda del barrenado cilíndrico con una profundidad de 10 cm aproximadamente.
- Toma de muestras con el cilindro muestreador a 30 cm de profundidad y colocación en una zona plana para realizar el cuarteo.
- Limpieza de muestra retirando piedras y raíces de la muestra. Se procede con técnica de cuarteo a homogenizar las submuestras hasta obtener un total de aproximadamente 1 kg de la muestra ya homogenizada.
- Almacenamiento de las muestras en fundas ziploc debidamente etiquetadas para su posterior traslado a los laboratorios de la FIGEMPA para los análisis respectivos y conservación (Ministerio del Ambiente, 2015).

## Análisis en el laboratorio

### Cuantificación de la materia orgánica

Para cuantificar la materia orgánica y el porcentaje de carbono en el suelo, se utilizó el método de Walkley & Black (1974) para las 45 muestras obtenidas, como se detalla a continuación:

- Se prepara la solución de dicromato de potasio 1 N(normal), para lo cual se disuelve 49.04 g del dicromato de potasio en agua destilada hasta el aforo de 1 litro
- Se procede a preparar la solución del sulfato amino ferroso (FAS) 0,6 N, para lo cual se disuelve 196.1 g de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en 800 ml de agua destilada, luego se agrega 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y se lleva la disolución al aforo de un 1 litro.
- Con las dos soluciones preparadas, se procede a pesar entre 0,3 y 0,5 gramos de muestra seca y triturada con anterioridad.
- La muestra ya pesada se coloca en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y se adiciona 10 ml de dicromato de potasio junto con 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y se agita el matraz hasta que se incorporen las soluciones.
- La solución anterior obtenida se deja reposar por 20 minutos, pasado este tiempo se procede a adicionar 170 ml de agua destilada con 10 ml de ácido fosfórico al 85% y 5 gotas de 1-complejo ferroso-10-fenantrolina.
- La solución se coloca en el agitador magnético y se procede a titular con la solución preparada anteriormente de FAS hasta que el color de la solución cambie de un tono anaranjado a verde y por último a rojo vino. Se registra el dato de la cantidad de FAS utilizado.
- Para obtener el blanco se realiza el mismo procedimiento anterior, pero sin muestra, estandarizada de sulfato amino ferroso (FAS).
- Posteriormente se procede a calcular el % de carbono y de materia orgánica usando las ecuaciones 1 y 2.

### Cálculo de la materia orgánica

$$\%C = \frac{(B-S) * N * 12 * 100}{g \text{ de suelo} * 4000} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

%C= Porcentaje de carbono en el suelo (%)

B= Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco. (ml)

S= Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra (ml)

N= Normalidad del dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco (0,5)

g= masa del suelo (g)

$$\%MO = \%C * \frac{1,72}{0,58} \quad \text{Ec. 2}$$

%MO= Porcentaje de materia orgánica en el suelo

### Cálculo de Carbono orgánico en t/ha

Para transformar de porcentaje de carbono (%C) a toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), se utilizó las siguientes fórmulas (Torres, 2016) (Ver Ecuación 3 y 4).

$$Pss = Da * Pm * 10000 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

Pss= Peso seco del suelo en t/ha

Da= Densidad aparente del suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Pm= Profundidad del muestreo

10000  $\text{m}^2$  equivale a 1 ha

$$CC = \frac{\%C}{100} * Pss \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

CC= Contenido de carbono t/ha

%C= Porcentaje de carbono

Pss= Peso seco del suelo en t/ha

### Granulometría

Para la granulometría utilizamos el método sugerido por la norma ASTM internacional C136- 01 (Statements y Size, 2011). Se realizaron un total de 45 muestras.

- Se seca las muestras de suelo obtenida en el campo, en una estufa a una temperatura de 102.5°C y se tritura de ser necesario.
- Se procede a pesar la muestra seca y se registra
- Se elige una combinación de un total de 9 mallas más la base, empezando por la N°4, que irá en la parte superior de la torre y colocamos las mallas en orden de tamaños de la más pequeña a la más grande.
- Se coloca la muestra pesada que se obtuvo en la torre de mallas y se lleva a la tamizadora al menos 10 minutos.
- Luego se pesa la cantidad de muestra retenida en cada una de las mallas, registrando los datos en cada caso incluido la base.

### Cálculo de la granulometría

Para el cálculo de la granulometría se utilizó la ecuación 5 (Duque y Escobar, 2016):

$$\%Retenido = \frac{\text{Cantidad retenida de una malla}}{\sum \text{cantidad retenida de todas las mallas}} \quad \text{Ec. 5}$$

$\%acumulado = \%acumulado$  de la malla anterior +  $\%$  retenido de la malla actual

$\%Pasante = 100 - \%acumulado$  de una malla

Según González (2014) el coeficiente de uniformidad mide qué tan uniforme es la muestra. Se considera que un suelo con  $C_u$  inferior a 4 es mal gradado, un  $C_u$  superior a 4 es bien gradado y  $C_u$  igual a 1 corresponde a que todas las partículas tienen el mismo tamaño. Este coeficiente se calcula por medio de la siguiente fórmula (Ecuación 6):

$$cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

$D_{60}$  es el diámetro para el cual el 60% de las partículas son más finas

$D_{10}$  es el diámetro para el cual el 10% de las partículas son más finas

Según González (2014), en el coeficiente de curvatura de la curva granulométrica, cuando el coeficiente está dentro del rango 1 y 3 los suelos se consideran bien gradados. Cuando el coeficiente está por fuera del rango, la curva granulométrica es rara, es decir, que tiene saltos o cambios fuertes de pendiente lo que indica que hay ciertos valores de diámetro que predominan frente a otros.

La ecuación para el coeficiente de la curvatura es (Ver ecuación 7):

$$Cv = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

$D_{30}$  es el diámetro para el cual el 30% de las partículas son más finas

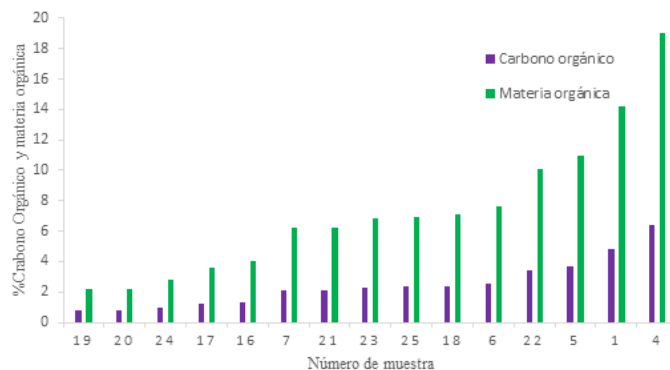
$D_{10}$  es el diámetro para el cual el 10% de las partículas son más finas

$D_{60}$  es el diámetro para el cual el 60% de las partículas son más finas

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la cantidad de carbono y materia orgánica se presentan en las figuras 5, 6 y 7.

### Zona sin intervención



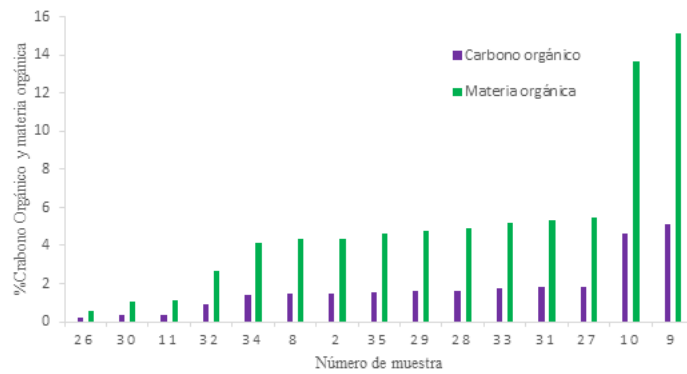
**FIGURA 5**

Porcentaje de carbono y materia orgánica de la zona sin intervención.

Se encuentra en un rango entre 0.75% y 6.40%



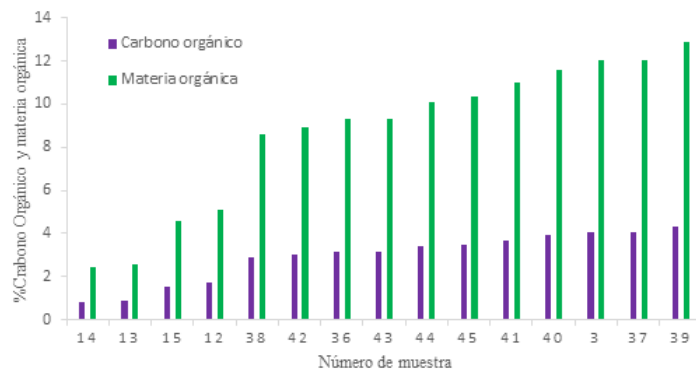
### Zona con media Intervención



**FIGURA 6**

Porcentaje de carbono y materia orgánica de la zona con media intervención.  
Se encuentra en un rango entre 0.20% y 5.10%

### Zona con alta Intervención



**FIGURA 7**

Porcentaje de carbono y materia orgánica de la zona con alta intervención.  
Se encuentra en un rango entre 0.83% y 4.35%

### Medias del porcentaje de carbono y materia orgánica

**TABLA 1**

Medias del porcentaje de carbono orgánico en cada zona

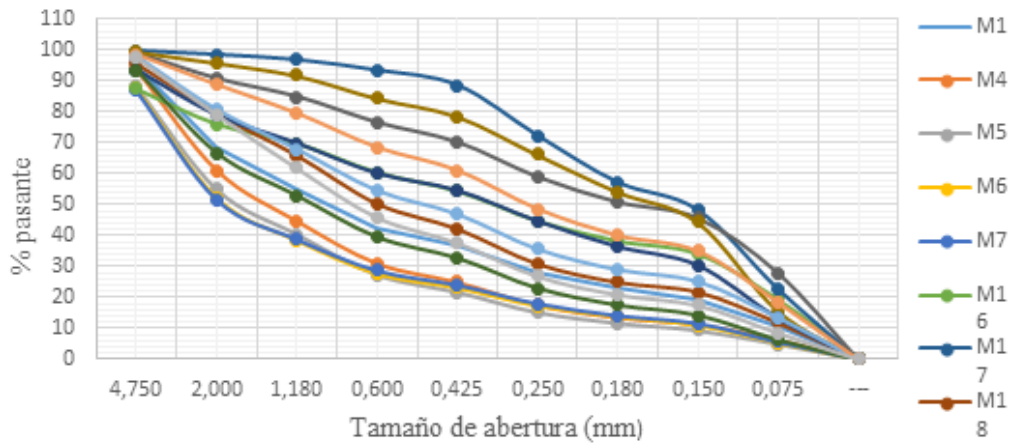
Zona	Máximos %	Máximos tC/ha	Mínimos %	Mínimos tC/ha	Media %	Media tC/ha	Desviación Estándar
Sin Intervención	6,40	163,20	0,75	5,40	2,47	44,06	1,57 %
Media Intervención	5,10	117,10	0,20	2,88	1,74	28,05	1,38 %
Alta Intervención	4,35	54,81	0,83	4,46	2,94	35,67	1,16 %

**TABLA 2**  
Medias del porcentaje de carbono orgánico en cada zona

Zona	Máximo %	Mínimo %	Media %	Desviación Estándar
Sin Intervención	18,98	2,22	7,34	4,67
Media Intervención	15,12	0,59	5,15	4,09
Alta Intervención	12,90	2,45	8,72	3,44

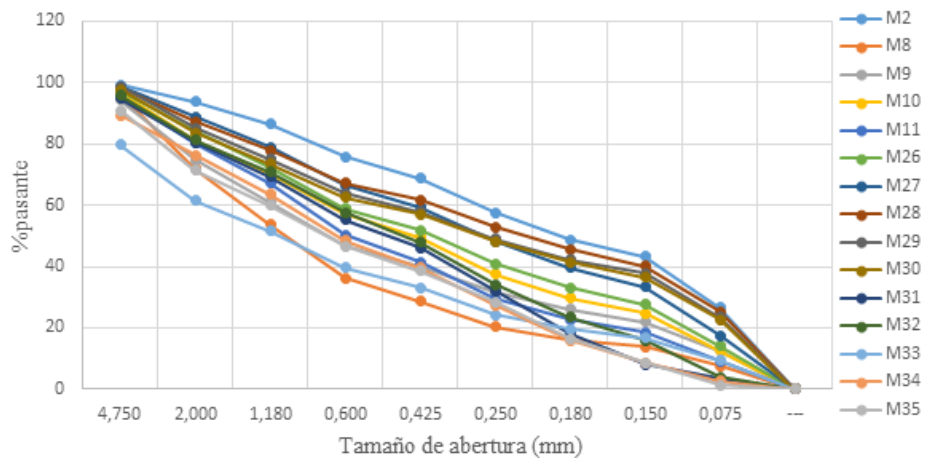
## Granulometría del suelo

### Zona sin Intervención



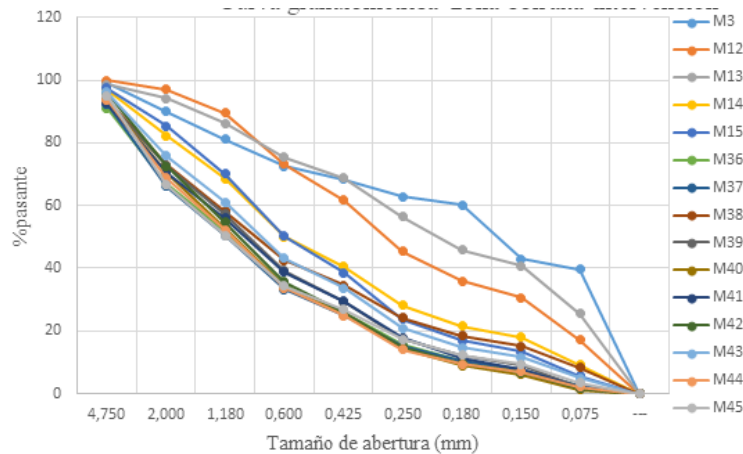
**FIGURA 8**  
Curvas granulométricas de la zona sin intervención

### Zona con media Intervención



**FIGURA 9**  
Curvas granulométricas de la zona con media intervención

## Zona con alta Intervención



**FIGURA 10**

Curvas granulométricas de la zona con alta intervención

## Medias de coeficientes de uniformidad y curvatura

**TABLA 3**

Promedios de coeficientes de uniformidad y curvatura

Zona	cu	Descripción	cv	Descripción
Sin intervención	13,552	Poco uniforme	1,026	Bien gradado
Media Intervención	11,885	Poco uniforme	0,752	Mal gradado
Alta Intervención	9,203	Poco uniforme	0,964	Mal gradado

## DISCUSIÓN

### Carbono orgánico

En la tabla 1 y en las figuras 5, 6, 7 se observan los porcentajes obtenidos de las tres zonas. Para la zona sin intervención hablando del carbono orgánico se tiene un mínimo de 5,40 tC/ha equivalente a 0,75%, un máximo de 163,20 tC/ha equivalente a 6,40% y una media de 44,06 tC/ha equivalente a 2,48%; en la zona con media intervención se tiene un mínimo de 0,20% que corresponde a 2,88 tC/ha, un máximo de 5,10% que corresponde a 117,10 tC/ha y una media de 1,74% que corresponde a 28,05 tC/ha; en la zona de alta intervención tenemos un mínimo de 0,83% que corresponde a 4,46 tC/ha, un máximo de 4,35% que corresponde a 54,81 tC/ha y una media de 2,94% que corresponde a 35,67 tC/ha (Hurtado, 2022).

Se obtuvo una desviación estándar con valores de 1,57% en la zona sin intervención; 1,38% en la zona de mediana intervención y 1,16% en la zona con alta intervención; que nos refleja que los valores son casi homogéneos y con una variabilidad muy pequeña.

Según Llambí et al. (2012) los páramos más jóvenes contienen entre 2 y 10% de carbono orgánico (3,5-10 kg/m<sup>2</sup>), concentraciones similares a las de los páramos más secos. Por lo tanto, el páramo Sayaro puede ser considerado un páramo joven; y tanto las áreas no perturbadas como las altamente perturbadas caen dentro de estos rangos de concentración; mientras que en la zona intermedia contiene un porcentaje ligeramente inferior al que se encuentra en estos suelos.

En un estudio realizado por Castro y Tapuy (2022) en una zona de páramo que se encuentra en la microcuenca Sicalpa, en el cantón Colta específicamente en la parroquia Villa La Unión, se obtuvo que el porcentaje de carbono orgánico del suelo en una zona de páramo natural, contiene una media de 4,88%, relacionada con la media de este estudio de 2,48%; en la zona de pastoreo se obtuvo datos de carbono orgánico un promedio de 1,75% comparado con este estudio que el promedio es de 1,74% y en la zona de cultivo donde existe mayor intervención tenemos valores de 2,84% que en comparación al estudio es de 2,94%, se observa que existe una pequeña variación en la zona natural de paramó con la zona del páramo de Sayaro sin intervención de este estudio, esto puede deberse a que las zonas se encuentran a pocos kilómetros del volcán Cayambe y están cubiertas de nieve, además se observó además la presencia de ceniza, lo que indicara una menor cantidad de carbono orgánico en el suelo. Por otro lado, se trata de un suelo joven con porcentaje de carbono menor.

### **Materia Orgánica**

En cuanto a la materia orgánica en la tabla 2 y figuras 5, 6, 7 se evidencia que, en la zona sin intervención los valores se encuentran en un rango entre 2,2% a un máximo de 18,98% y una media de 7,34%; en la zona de media intervención tenemos un mínimo de 0,59%, un máximo de 15,12% y una media de 5,15 %; y en la zona de alta intervención tenemos un mínimo de 2,45%, un máximo de 12,90%, y una media de 8,72%.

La desviación estándar tiene valores de 4,67% en la zona sin intervención; 4,09% en la zona con media intervención y 3,44% en la zona con alta intervención; que indica valores heterogéneos, pero con variabilidades bajas (Hurtado, 2022).

En el estudio realizado por Pazmiño (2020) en el páramo de Navag en la provincia de Chimborazo, obtuvieron en una zona con intervención de valores promedios de materia orgánica de 14,51% para una profundidad entre 0-30 cm y un valor promedio de 12,27% para una profundidad de 30-60 cm, mientras que en el estudio de Sayaro fueron de un promedio de 8,72% en la zona con mayor intervención y 5,15%. Lo que permite concluir que la profundidad es un factor para considerar al cuantificar la materia orgánica. En la zona de mediana intervención existe una gran diferencia de valores, que se puede atribuir a la presencia de Navag se obtuvieron valores de 17,11% para una profundidad de 0-30 cm y un promedio de 14,04% en una profundidad de 30-60 cm. Mientras que en Sayaro, se obtuvo un valor promedio de 7,34%. La diferencia se puede atribuir a que el páramo de Sayaro se encuentra en una zona glacial a pocos kilómetros del volcán Cayambe, disminuyendo la cantidad de cobertura vegetal por las bajas temperaturas.

**TABLA 4**  
Medias del porcentaje de carbono orgánico en cada zona

<b>Porcentajes (%) de materia orgánica en el suelo</b>			
	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
<b>Frío</b>	menor de 5	5-10	más de 10
<b>Templado</b>	menor de 3	3-5	más de 5
<b>Cálido</b>	menor de 2	2-3	más de 3

Materia orgánica en los agrosistemas, por Labrador Juana, 1996, España

### **Granulometría**

En las figuras 8, 9 y 10 se observan las curvas granulométricas de cada una de las zonas con distinta intervención, las curvas tienen una forma y curvatura que indica suelo de grano fino, de textura franco, limoso, arcilloso. En la tabla 4 de porcentajes de materia orgánica de cada suelo, en la tabla 3 se observa que el coeficiente de uniformidad de las tres zonas tiene una variación de dos unidades aproximadamente en cada una de ellas con: 13,55 para la zona sin intervención; 11,88 en la zona de media intervención y 9,22 para la zona de alta intervención valores catalogados como poco uniformes granulométricamente.

### **CONCLUSIONES**

En el estudio de Sayaro se determinan tres zonas de estudio diferenciadas por la intervención antrópica en cada una de ellas: zona 1 sin intervención, zona 2 con mediana intervención y zona 3 de alta intervención, se realizan 15 muestreos de suelos en cada una de ellas, para establecer los valores de carbono orgánico y el tipo de granulometría de estos. Al aplicar en el laboratorio el método de Walkley y Black y al procesar la información se establece carbono orgánico con la siguiente variación: En la zona sin intervención con un promedio de 44,06 t/ha; en la zona de media intervención un promedio de 28,05 t/ha y en la zona con una alta intervención un promedio de 35,67 t/ha. La primera y tercera zonas, presentan valores más altos de carbono, atribuidos a la mayor cantidad de materia orgánica, no así en la segunda zona donde la presencia de ceniza volcánica incide para la menor cantidad de secuestro de carbono.

El porcentaje de materia orgánica se encuentra en un nivel medio en climas fríos en las tres zonas con valores entre 5,15% a 8,72% en sus medias. Se identificó que en las zonas sin intervención existe gran cantidad de humus por la vegetación abundante, y en cambio en la zona de alta intervención se debe a la presencia de excrementos del ganado vacuno y de las lombrices que aumentan la materia orgánica.

Existió dificultad para la comparación con otros estudios, debido a que en general en el Ecuador y otros países no existen estudios con la misma metodología y parámetros que se usó en el

presente. Por lo cual es necesario se realicen más análisis en suelos de páramos con características similares.

## REFERENCIAS

- Cantú Silva, I. y Yañez Díaz, M. I. (2018) Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45) doi: 10.29298/rmcf.v9i45.138
- Cerri, C., Cherubin, M., Damian, J., Mello, F., y Lal, R. (2021) Secuestro de Carbono en el suelo mediante la adopción de prácticas de manejo sostenible: Potencial y oportunidad para los países de las Américas, 8.
- Castro, J. y Tapuy, Y. (2022) *Efecto del cambio de uso del suelo de páramo a cultivo y pasto sobre fracciones orgánicas en la microcuenca Sicalpa*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Dupar, M. (2020) El Informe Especial del IPCC sobre Cambio Climático y la Tierra ¿Qué significa para América Latina? *Ipcc*.
- Duque, G. y Escobar, C. (2016) Estructura del suelo y granulometría. *Geomecánica*, pp. 57. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gadip-Cayambe, Municipio (2019) Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Cayambe 2020-2030. *GADIP Municipio de Cayambe*, 15.
- González, K. (2014) *Análisis Granulométrico de un material Poroso*. Universidad de Los Andes, Bogotá.
- Guillén, A., Herrera, W., Motta, P., Rojas, E., y Silva, D. (2019) *Carbono almacenado en estrato arbóreo de sistemas ganaderos y naturales del municipio de Albania, Caquetá, Colombia*. Caqueta.
- Hurtado, M. (2022) *Análisis de la cantidad de carbono secuestrado en humedales altoandinos del páramo de Sayaro en el cantón Cayambe*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Lazo, P.X., Mosquera, G.M., McDonnell, J.J. y Crespo, P. (2019) The role of vegetation, soils, and precipitation on water storage and hydrological services in Andean Páramo catchments. *Journal of Hydrology*, 572, 805-819. doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.03.050
- Llambí, L., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., y Bievre, B. (2012) *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos*. *Los suelos del Páramo*.
- Ministerio del Ambiente (2015) Registro Oficial 387 - AM 140. *Acuerdo Ministerial 097-A, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)*
- Pazmiño, G. (2020) *Influencia de la intervención en los suelos del páramo de Navag-Chimborazo en el contenido de materia orgánica*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Statements, Bias y Testing Size (2011) Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. *Annual Book of ASTM Standards*, (571)
- Thompson, J.B., Zurita-Arthos, L., Müller, F., Chimbolema, S. y Suárez, E. (2021) Land use change in the Ecuadorian páramo: The impact of expanding agriculture on soil carbon storage. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 53(1). Doi: 10.1080/15230430.2021.1873055
- Torres, S. (2016) Protocolo para la cuantificación de carbono a nivel de ecosistema páramo y elaboración y calibración de ecuaciones alométricas para especies andinas. *FONAG*.
- Walkley, A., y Black, I. (1974) A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils. *Soil Science*, 63.

## ARTÍCULOS

# Daño ambiental y economía circular en la explotación de los recursos naturales no renovables



## Environmental damage and circular economy in the exploitation of non-renewable natural resources

Rea-Toapanta, Antonio Ricardo



Antonio Ricardo Rea Toapanta

arrea@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. FIGEMPA.

Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 14 septiembre 2022

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4104>

Autor de correspondencia: [arrea@uce.edu.ec](mailto:arrea@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Agradecimientos:** Agradezco a todas las instituciones y personas naturales que contribuyeron con la información para la realización del artículo científico.

**Cómo citar:** Rea-Toapanta, A. R. (2023). Daño ambiental y economía circular en la explotación de los recursos naturales no renovables. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 93-105. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4104>

**Resumen:** Ecuador necesita un cambio cultural, económico, social y ambiental; en gestión de residuos y políticas de producción. El objetivo investigativo es que el Estado debe adherirse a normas y principios de Economía Circular. Ante lo negativo del daño ambiental causado por actividades productivas en general y en particular en Áreas Protegidas, ecosistemas acuáticos y terrestres del país. Con 19,1 millones de hectáreas de Áreas Protegidas (AP); esto quiere decir que cerca del 20% del territorio corresponde a 59 zonas; donde el Ministerio del Ambiente (2019) se enfoca en casos considerados ejemplos de minería, teniendo como objetivo garantizar y proteger la biodiversidad y el bienestar de todos los seres vivos, realizando la gestión, regulación y distribución de recursos económicos según la Constitución de 2008. La metodología investigativa es sistémica de causalidad y efectos del daño ambiental, por intervención que corresponde a la actividad productiva, cualquiera que sea el sector económico que intervenga; con la minería moderna se considera que el hombre siempre ha utilizado los recursos naturales, buscando mejorar su existencia. Los resultados están en prevenir y mitigar el daño e impacto destructivo de actividades humanas sobre los recursos naturales; la naturaleza no puede ser restaurada o reemplazada en un futuro cercano y conduce al agotamiento, en violación a las leyes del medio natural. También se consideran dos casos de explotación extractiva de recursos como Yasuní y LLurimagua. En conclusión, se necesita considerar y aplicar la normativa y mecanismos ambientales que minimicen los impactos y permitan su regeneración.

**Palabras clave:** daño ambiental; economía circular; explotación; recursos naturales; no renovables

**Abstract:** Ecuador needs a cultural, economic, social and environmental change; in waste management and production policies. The research objective is that the State must adhere to the rules and principles of Circular Economy. Given the negative environmental damage caused by productive activities in general and in particular in Protected Areas, aquatic and terrestrial ecosystems of the country. With 19.1 million hectares of Protected Areas (AP); This means that about 20% of the territory corresponds to 59 zones; where the Ministry of the

Environment (2019) focuses on cases considered examples of mining, with the objective of guaranteeing and protecting biodiversity and the well-being of all living beings, carrying out the management, regulation and distribution of economic resources according to the 2008 Constitution. The investigative methodology is systemic of causality and effects of Environmental Damage, by intervention that corresponds to the productive activity, whatever the economic sector that intervenes, such as modern mining, it is considered that man has always used natural resources, seeking to improve his existence. The results are in Preventing and mitigating the damage and destructive impact of human activities on natural resources; nature cannot be restored or replaced in the near future and leads to depletion, in violation of the laws of the natural environment. Two cases of extractive exploitation of resources such as Yasuní and LLurimagua are also considered. In conclusion, it is necessary to consider and apply environmental regulations and mechanisms that minimize impacts and allow their regeneration.

**Keywords:** environmental damage; circular economy; exploitation; natural resources; nonrenewable.

## INTRODUCCIÓN

El daño ambiental, nace en los procesos de producción extractiva en cualquiera de los sectores económicos, para dar lugar a los pasivos ambientales; entre otros términos el daño ambiental es toda acción, omisión, comportamiento u acto ejercido por un sujeto físico o jurídico, público o privado que altere, menoscabe, trastorne, disminuya o ponga en peligro inminente y significativo, algún elemento constitutivo del concepto ambiente, rompiéndose con ello el equilibrio propio y natural de los ecosistemas (Peña Chacón, 2013).

Ante el proceso productivo de los recursos naturales bajo el modelo de Economía Lineal que en general consiste en explotar, fabricar, consumir y desechar, se puede considerar como un proceso de sobre explotación y contaminación; por lo cual según Cortés-García (2020) la Economía Circular trata de la conservación de los recursos naturales y la reducción de los desperdicios; este modelo económico pretende repensar la forma en que se produce y consume para reducir el desperdicio de recursos naturales y la generación de residuos. Desde el comienzo de la civilización, la humanidad ha utilizado una variedad de materiales, como rocas y minerales derivados de la superficie de la tierra, para satisfacer sus diversas necesidades.

Si bien no tiene nada que ver con la minería moderna, se considera este hecho como su fuente principal en el sentido de que el hombre siempre ha utilizado los recursos naturales para su subsistencia y mejorar su calidad de vida. La minería en curso ha causado daños ambientales e impactos negativos en la vida silvestre y el medio ambiente, en primera instancia a falta de una normativa que controle en especial la minería informal y después con la vigencia de la legislación ambiental modelos de producción sustentables lo que reduce y controla los efectos negativos con un margen de capacidad para mantener un medio saludable.



No se puede pensar en la calidad de vida y por ende en el desarrollo económico sin el uso extensivo de los minerales, por lo que, sin la minería como herramienta para el desarrollo económico, no se lograría mejoras tanto en la calidad de vida como en el bienestar económico de la sociedad. Sin embargo, también es posible otro escenario, cuando no se toman las medidas necesarias para proteger el medio ambiente, sino que solo conducen a su contaminación y destrucción (Vilela Pincay *et al.*, 2020).

En el Libro Blanco de Economía Circular, la Industria Minera Nacional es una de las principales industrias manufactureras. En 2016, la minería representó solo el 1,25% del PIB. En 2019, el 1.64%. Además, la minería representó el 53% y el 43% de la inversión extranjera directa (IED) en 2018 y 2019, respectivamente (MPCEIP, 2021).

Según el Banco Central del Ecuador, en agosto de 2020, los minerales fueron el cuarto producto básico más exportado, después del petróleo, el banano y el camarón. Durante este período, las exportaciones mineras de Ecuador superaron los \$120 millones, 189% superior a julio de 2019, cuando alcanzó los \$42 millones. De enero a agosto de 2020, Ecuador exportó productos mineros por un valor total de \$410,06 millones, excluyendo los productos industriales no metálicos mineros como cerámica, vidrio, cemento y otros productos que forman parte de las principales exportaciones de productos no metálicos, petróleo y gas. Por otro lado, es importante considerar fuentes alternativas de minerales (por ejemplo, fosfatos en aguas residuales y metales de minas urbanas). Debido al contenido de metales preciosos como el oro, la plata, el platino y el cobre, es posible utilizar metales preciosos de los desechos electrónicos. La tendencia de crecimiento global, conocida como minería urbana, tiene el potencial de abordar la escasez de canteras y fuentes importantes de metales. Las leyes y derechos de la naturaleza por la minería ilegal deben considerarse con mayor control ya que vulnera los reglamentos y normas establecidas para la minería legal.

En Ecuador, la Constitución norma las actividades mineras, por el requisito del desarrollo sostenible. En general, se encuentran artículos que reconocen el aseguramiento de la sustentabilidad de la población (Art. 14); la producción en general debe respetar los principios del desarrollo sostenible (Art. 320); también el seguro social (Art. 368) y las acciones que violen las leyes de la naturaleza serán reprimidos por el Estado (Art. 319) (Vásconez Carrasco y Torres León, 2018). Casos especiales de explotación minera en áreas protegidas; se consideran dos casos de explotación extractiva de recursos mineros no metálicos (petróleo), y metálicos (cobre y oro entre otros) en el Yasuní y LLurimagua, respectivamente concesiones mineras realizadas por las autoridades en diferentes períodos de distintos gobiernos y que han generado controversias de carácter social, político e institucional.

## **METODOLOGÍA**

Esta investigación es de relación sistémica, causa – efecto con relación al daño ambiental, plasmada en el enfoque cualitativo a seguir, utilizando la recolección de datos de información secundaria, también se guía por áreas o temas relevantes en el proceso investigativo del conocimiento científico. Como punto de partida para un nuevo campo de análisis en el Ecuador,

ya que el país no cuenta con investigaciones directamente relacionadas con mecanismos regulatorios desde el punto de vista de la economía circular. Sobre esa base, se realiza un análisis teórico de las políticas formuladas e implementadas en el país para determinar qué tan lejos ha avanzado el país en el camino de la circularidad.

El desarrollo sostenible es necesario para estudiar los efectos negativos de la extracción no sostenible de recursos naturales como el petróleo y minerales, que ocurren en las Áreas Protegidas, con un enfoque particular específicamente en Yasuní y Llorimagua. Las políticas consideradas como acciones realizadas por el Estado, a corto, mediano y largo plazo; en grandes actividades de explotación, como objetivos, metas y propuestas de que el Estado debe considerarse como administrador y propietario de recursos naturales del subsuelo, por lo que se necesita de grandes inversiones.

También es necesario recurrir al conocimiento y aplicación de los principios ambientales, como políticas de conservación sustentables, en especial a los principios de prevención y otros que se manifiestan en las propuestas de Naciones Unidas y otros investigadores como Leonardo Fabio Pastorino que en su libro *“El Daño al Ambiente”*, menciona que los autores franceses distinguen prevención y precaución a partir del conocimiento de las consecuencias de una determinada acción. Si estas consecuencias se conocen de antemano, deben prevenirse. Por otro lado, si no tienen dudas o evidencia convincente en la comunidad científica, se deben tomar todas las precauciones necesarias (Bedón Garzón, 2011).

## **Normativa Minera en Ecuador**

Los elementos del delito ambiental, menciona algunos aspectos de la propiedad jurídica que son protegidos por la ley penal en este sentido. Una adecuada comprensión de los legítimos intereses del medio ambiente exige distinguir que los recursos naturales son todos los elementos que la naturaleza proporciona en forma de materia o energía, sin intervención humana, es un recurso para el bienestar. El análisis de los elementos que constituyen un delito ambiental, recordando algunos aspectos de la propiedad jurídica en este sentido que se encuentran protegidos por la ley penal. Una comprensión plena de los intereses legítimos del medio ambiente requiere una distinción sin intervención humana (Vásconez Carrasco y Torres León, 2018).

La normativa ecuatoriana incluye una serie de instrumentos jurídicos que brindan un marco legal para la prevención y precaución del uso de los sistemas naturales, respetando las leyes de la naturaleza, y otros lineamientos que pueden servir de base para la aplicación de mecanismos en materia minera. Además, se han detallado las disposiciones pertinentes de cada uno de los estatutos analizados. Por lo tanto, la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional, 2008) establece que todos los ecuatorianos tienen derecho a vivir en un ambiente sano que garantice una vida digna, por lo que, si la ley se aplica de manera exacta en materia ambiental, los beneficiarios pueden ser todo el pueblo que vive en este territorio, con gran cantidad de espacios verdes y una gran variedad de flora y fauna (Vilela Pincay *et al.*, 2020).

El artículo 14 del Capítulo II, Sección II, Ambiente Saludable de la Constitución de 2008 reconoce el derecho humano a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado,

asegurando el desarrollo sostenible y el buen vivir (sumak kawsay). El artículo 66 N°27 garantiza el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación y en armonía con la naturaleza. También reconocen el orden público y la biodiversidad, la evaluación de impacto ambiental, un conjunto de normas ambientales para prevención, contención, protección y recuperación de las acciones consideradas delitos ambientales.

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre está regulada por 107 artículos y constituye el marco legal para la ordenación, manejo, aprovechamiento y protección de los recursos forestales del país. Como su nombre lo indica, maneja la silvicultura, las áreas naturales, la vida silvestre e identifica tres tipos de uso del suelo (Ministerio del Ambiente, 2004), los cuales son: Bosques y vegetación protectores; Patrimonio forestal; y, Patrimonio de Áreas Naturales.

## **Constitución del 2008**

Ecuador es un país con gran potencial minero: oro, plata, cobre; y responsable de minimizar los impactos ambientales y sociales para promover el desarrollo de tecnología minera. El artículo 16 de la Ley de Minería establece la propiedad estatal de las minas y yacimientos, la explotación de los recursos naturales y el ejercicio de los derechos mineros, lo que será compatible con los principios del desarrollo sustentable y sostenible. Los derechos de la naturaleza, Art. 71 y 72 de la Constitución: tema que ha suscitado algunas críticas, especialmente en cuanto a su efectividad. Al no existir una norma constitucional interna que desarrolle estos derechos, el poder judicial juega un papel trascendente en la determinación de la naturaleza de los derechos. En este sentido se considera la sentencia No. 218-15-SEP-CC emitida por la Corte Constitucional del Ecuador. La explotación de recursos no renovables está prohibida en las áreas protegidas con una excepción según el Art. 407.

La Ley de Minería, vigente desde enero de 2009, estableció una nueva institucionalidad, conformada por: Ministerio Sectorial (Ministerio de Recursos Naturales No Renovables) y otras instituciones inherentes a la rama de actividad minera (Ley de Minería, 2009). El Art. 395, reconociendo los principios de protección ambiental que aseguran un modelo de Desarrollo Sostenible que es ecológicamente sostenible y respeta la diversidad cultural, preserva la biodiversidad y la regeneración natural de los ecosistemas, para que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes y futuras, la protección ambiental se aplicará en todas partes y será obligatorio para el Estado en todos sus niveles y para toda persona natural o jurídica dentro del territorio nacional.

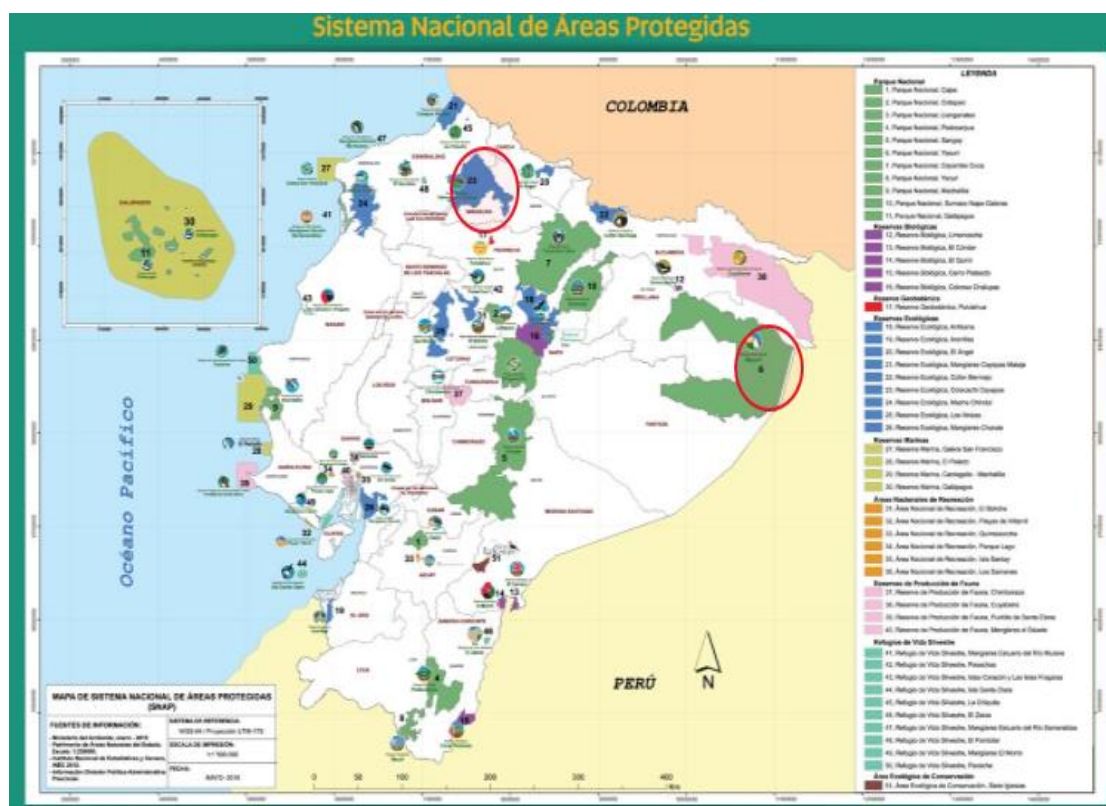
El Art. 397 establece que, en caso de daño ambiental, el Estado actuará de inmediato y asistirá para asegurar la salud y restauración de los ecosistemas. Además de las sanciones correspondientes. Establecer un sistema nacional de gestión, prevención y riesgo de desastres basado en los principios de urgencia, eficiencia, prudencia, rendición de cuentas y solidaridad. La responsabilidad ambiental es una consecuencia del restablecimiento del estado del medio ambiente por el daño causado, entonces la responsabilidad penal puede ser penal o administrativa en este último caso, si el daño es grave o muy grave se apela al COA (Código Orgánico del Ambiente) (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017), en cuanto al ambiente

con cierta precisión típica. La restauración del medio natural no termina hasta que no se cumplan las normas técnicas.

## RESULTADOS

### Casos Yasuní y Llorimagua

Para el 2022, SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) tendría un total de alrededor de 59 áreas protegidas. Esos territorios incluyen parques nacionales, reservas y otros territorios con categorías separadas de manejo y conservación. La más grande es la Reserva Marina de las Islas Galápagos (RMG), con una superficie de alrededor de 12 millones de hectáreas, seguida por el Parque Nacional Yasuní (PNY), con una superficie de alrededor de 1 millón de hectáreas (Paz-Cardona, 2019).



**FIGURA 1**  
Áreas protegidas del Ecuador  
Fuente: MAE (2012)

### Parque Yasuní (Área protegida N° 6)

La Corte Constitucional de Ecuador respalda los esfuerzos para proteger esta parte de la Amazonía, pero los diferentes gobiernos continúan operando en la zona. Yasuní cuenta con las mayores reservas de petróleo de Ecuador, con más de 1.672 millones de barriles de petróleo, lo que le convierte en el mayor proyecto petrolero de la historia del país latinoamericano. Además, el entorno que rodea la reserva natural también protege este preciado recurso. Se trata del Bloque

Petrolero 43, también conocido como ITT (Ishpingo, Tambococha, Tiputini), con una superficie cercana a las 2.000 hectáreas, 100 de las cuales están ubicadas en Yasuní. PNY es el más grande del Ecuador continental, ubicado en una de las regiones con mayor biodiversidad de la Tierra. Un estudio de impacto ambiental de Walsh para Petrobras encontró que 95 especies de plantas fueron registradas en un bosque de 0,25 hectáreas. Dado que este es un humedal amazónico, la naturaleza del suelo hace que PNY sea un lugar muy sensible al medio ambiente (Maleaba y Castelo Branco, 2004).

Las actividades petroleras han contribuido al crecimiento económico del país basado en la extracción profunda de materias primas. A pesar de las regulaciones que restringen el acceso a estas áreas, el Estado ha permitido la producción de petróleo en el Parque Nacional Yasuní, como el Bloque 16 de Repsol-YPF, el Bloque 31 de Petrobras y la producción de petróleo. Bloque ITT para Petroecuador. Estos puntos aumentarán la presión y provocarán un desastre ambiental en áreas patrimoniales, anulando cualquier buena intención de grupos conservacionistas, ambientalistas, pueblos indígenas y gobiernos de la nación. Según Petroecuador, el objetivo es "mantener el equilibrio del ecosistema natural, reducir el impacto de la fragmentación ecológica y priorizar el normal desarrollo de las especies terrestres y arbóreas". Además, señala que se realiza "monitoreo del estado físico de los embalses de agua, calidad del aire, niveles de presión sonora y emisiones a la atmósfera" (Vilela Pincay *et al.*, 2020).

## **Llurimagua (Área protegida N° 23)**

### **Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas**

La publicación "Estudio comparativo de la gobernanza de los conflictos asociados a la minería del cobre en Chile, el Ecuador y el Perú", coteja con la gestión de los conflictos sociales asociados a la exploración y minería del cobre a gran escala en los países desarrollados. Se tomaron en cuenta los conflictos sociales más importantes o representativos de las industrias extractivas en cada país durante las últimas dos décadas, con énfasis en el conflicto ambiental y el compromiso cívico. El informe finiquita que los conflictos sociales relacionados con la minería se han intensificado en las últimas dos décadas debido a diferencias en la historia, los contextos, las estrategias y las políticas y ahora enfrentan grandes desafíos (Poveda Bonilla, 2021).

El proyecto cuprífero Llurimagua es ejecutado por la minera estatal ecuatoriana Enami y el gigante minero chileno Codelco en un área de excepcional biodiversidad. Sin embargo, la resistencia pública, un estudio de impacto ambiental defectuoso y los conflictos de reparto de utilidades entre las dos empresas significan que no se ha realizado ninguna exploración en el área desde 2018. La solicitud de medidas cautelares fue acogida y considerada una defensa constitucional con medida cautelar en violación de las leyes de la naturaleza contenidas en los artículos 71 y 73 de la Constitución (Poveda Bonilla, 2021).

El estudio utiliza el ejemplo de Llurimagua, un evento potencial de minería de cobre en la región de Intag, provincia Imbabura - Ecuador, ubicado en un bosque de niebla con alta precipitación y rica biodiversidad. Se conocerá la historia de la minería en esta zona y según diversos estudios

científicos el enorme impacto ambiental que tales actividades a gran escala tendrán en el medio ambiente; no obstante, es un área de alta biodiversidad, hogar de muchas especies de plantas y animales en peligro de extinción y en peligro crítico. Sin embargo, los estudios de Impacto Ambiental presentados en 2014 y 2018 no tomaron en cuenta algunas especies amenazadas de importancia local, e incluso se convirtieron en objeto de investigaciones científicas y la falta de mecanismos jurídicos como la consulta previa a los habitantes del sector (Art. 398; CRE, 2008).

## **Modelo de gestión ante el deterioro ambiental**

Las actividades de producción y protección de los recursos naturales deben realizarse en el marco de un equilibrio razonable de utilidad entre el ser humano y la naturaleza; bajo la influencia de los llamados aspectos económicos, sociales y ambientales. Los anteriores son manejados tanto por las ciencias técnicas como sociales, en los campos de la minería, la Economía Ambiental y la Economía Ecológica; relacionado con el Desarrollo Económico y el Desarrollo Sostenible, es el tema de Sociedad y Naturaleza (Rea Toapanta, 2017).

Ecuador otorga especial importancia a la incorporación en su legislación nacional de los principios ambientales desarrollados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (CNUMAD) y al cumplimiento de las obligaciones del país en virtud de los convenios internacionales y regionales en diversos aspectos ambientales. El concepto de desarrollo sostenible y sus dimensiones económicas, sociales y ambientales, son base de la política ambiental de un país durante las reuniones ambientales y es un aspecto transversal considerado en las negociaciones comerciales.

La Política Ambiental de Ecuador, apunta a mantener un adecuado equilibrio entre el desarrollo económico y la protección de los recursos naturales, con especial énfasis en la preservación del principal patrimonio: la biodiversidad y con base en el principio de solidaridad social, que ha avanzado en la descentralización y participación ciudadana, manteniendo en mente que los temas ambientales son responsabilidad de todos. Ecuador participa en las negociaciones ambientales como miembro del Grupo de los 77 y China, y apoya los principios del Desarrollo Sostenible discutidos en el ámbito internacional, como el principio de compartir, pero con responsabilidades diferenciadas; principios de prevención y precaución, así como la necesidad de nuevos y adicionales recursos y transferencia de tecnología con condiciones propicias y favorables para la implementación de los programas ambientales nacionales. Ecuador participó y adoptó instrumentos derivados de la Conferencia de Río (1992), y presentó un Informe Nacional diagnosticando los problemas ambientales del país (ONU, 1992).

Según Rodríguez Arias “los problemas ambientales que se han presentado desde la constatación de que cualquier intervención humana determinará la modificación de los componentes físicos naturales que lo rodean”. La demanda de la población por los recursos naturales de la Tierra supera los límites de la sostenibilidad biológica, y la Huella Ecológica Global supera el 30% del potencial de la Tierra. En las últimas dos décadas se han desatado luchas y cambios sociales mediante políticas tradicionales.

En este contexto, emergen nuevas formas de expresión pública colectiva, impulsadas por el

surgimiento de nuevos actores sociales que requieren una transformación de los canales de participación y una transformación completa de la política interna del país. Las áreas protegidas, que son espacios geográficos administrados por Estados modernos con tradición de democracia representativa, no han escapado a la realidad sociopolítica de un sistema en crisis. La participación social significa promover la equidad, compartir los beneficios de manera justa y promover el consenso. Algunos autores identifican la posibilidad de una integración efectiva entre los actores sociales, la acción colectiva, el medio ambiente y los sistemas políticos como procesos de participación universal en el manejo de los recursos naturales y biológicos diversos

**TABLA 1**  
Normativas Ambientales

Normativa Ambiental Pura	Normativa Ambiental Sectorial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Gestión Ambiental.</li> <li>• Ley de Control y Prevención de la Contaminación.</li> <li>• Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.</li> <li>• Ley de Minería.</li> <li>• Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas 1215.</li> </ul>

En particular, las actividades de alto impacto como el petróleo o la minería requieren grandes cantidades de otros recursos para su desarrollo, por lo que los impactos influyen en las etapas de consecuencias aleatorias naturales para el medio.

Describiendo herramientas utilizadas para prevenir, controlar y/o reducir el impacto de la contaminación ambiental; estas soluciones incluyen la implementación de programas de monitoreo preventivo utilizando señales de alerta temprana, el desarrollo y uso de tecnología limpia, la formación de conciencia ambiental de las personas a través de la educación ambiental, la valoración económica de los recursos ambientales, la asignación de precios de contaminación como herramienta de prevención económica y la gestión ambiental como estrategia comercial para utilizar los recursos naturales y la minimización en la generación de desechos.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la *producción más limpia* es la aplicación continua de una o varias estrategias integradas de prevención de la contaminación en procesos, productos y servicios para reducir los riesgos para las personas y el medio ambiente, aumentar la competitividad de la empresa y lograr la eficiencia económica y la posibilidad de existencia (PNUD, 2017).

De acuerdo con la Constitución y la Ley de Minería (2009), la ejecución de las inversiones debe ser respetuosa con el Medio Ambiente y la comunidad; es decir, debe armonizarse con una adecuada gestión social y ambiental, asegurando el respeto a los derechos sociales y ambientales y, por otro lado, permitiendo que las empresas mineras operen de manera eficiente y sostenible en el marco de mecanismos de producción más limpia y eficiencia general.

La *ecoeficiencia*, se halla estrechamente ligada al desarrollo sostenible ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico. Promueve un Economía circular integral de tecnología para reducir la intensidad de uso de materiales y energía durante la producción, además de impulsar la reutilización de insumos a través de procesos de reconversión

tecnológica y de reciclaje, aumentando la funcionalidad de los productos y su durabilidad (Cámara Valencia, 2008).

La *eficiencia ecológica* está estrechamente relacionada con el desarrollo sostenible porque es sinónimo de optimizar tres objetivos: crecimiento económico, justicia social y valor ambiental. Promueve el diseño que integra tecnologías verdes para reducir la intensidad del consumo de materiales y energía en el proceso de fabricación, y promueve la reutilización de materiales a través de procesos de reconversión y reciclaje, aumentando la funcionalidad de los productos y su durabilidad (Mataix González, 2010).

El *ecodiseño* forma parte importante de la Economía Circular, una estrategia para añadir valor a los productos de forma indefinida manteniéndolos circulares y sin residuos. A diferencia de la economía lineal, que se basa en el principio de 'comprar, usar y desechar', el diseño de materiales sostenibles permite que los productos de la Economía Circular terminen su ciclo de vida y asuman sus funciones (Vasco, 2020).

El 6 de julio de 2021 se publicó en el Registro Oficial Cuarto Suplemento N° 488, la Ley Orgánica Económica Circular Inclusiva. El objeto de este órgano regulador es establecer normas y mecanismos específicos para implementar los principios de las tres eras (reducir, reciclar y reutilizar), mediante el diseño ecológico, producción y consumo sostenibles, minimización de residuos y promoción de la gestión de residuos, mecanismos sociales, la creación de empleo y el desarrollo sostenible, así como la reducción del consumo de recursos no renovables. Se enfoca en proteger, identificar, evaluar y promover mecanismos de manejo y disposición de residuos. Las reglas más importantes son:

1. *El que contamina paga.* - Se aplicarán todas las medidas necesarias para prevenir, evitar o limitar la contaminación deben incluirse en el costo de producción.
2. *Eficiencia.* - Emplear las mejores prácticas para el trabajo, el comercio y la estrategia para desarrollarse de manera sostenible al utilizar materiales, recursos, bienes y servicios.
3. *Participación.* - Educación, inclusión social y empoderamiento comunitario para prevenir la contaminación.
4. *Precautorio y Prevención.* - Tomar medidas efectivas y oportunas para evitar, minimizar o detener los impactos destructivos del medio ambiente mediante la aplicación de normas.
5. *Protección del ambiente y la salud pública.* - Proteger el derecho a la salud y un medio ambiente sano para el desarrollo.
6. *Reducir impactos.* - Reducir las consecuencias relacionadas a la extracción de las materias primas.
7. *Trazabilidad.* - Medir residuos a lo largo de la cadena de manejo de un producto.
8. *De la cuna a la cuna.* - Considera todo el ciclo de vida del producto, de la explotación de materias primas para reutilizar y / o aplicarse para reintegrarlo en el ciclo de producción

## CONCLUSIONES

Se considera que la minería en el Ecuador tiene una base histórica para la existencia de yacimientos mineros con potencial industrial, pues el caso PNY y Llurimagua es un hito importante en la historia de la minería y contribuye al desarrollo de la industria minera, al desarrollo sostenible de los recursos minerales y prevenir las amenazas a las operaciones mineras ilegales existentes. tales como impactos ambientales, incluida la contaminación del suelo, muchos desechos tóxicos, líquidos o sólidos que contaminan el suelo en el sitio de la mina.



Luego del análisis, se concluyó que a pesar de la existencia de un marco legal para la aplicación de la Economía Circular a nivel general y en el sector minero, iniciativas, proyectos y directrices para fomentar el reciclaje e incorporar materiales reciclados post-consumo en la elaboración de productos desechables, promover una cultura del confort y alejarse de aplicar los principios de la economía al circuito cerrado.

Considerando las propuestas para modernizar el medio ambiente, para mejorar la gestión ambiental y promover el proceso de reestructuración Política Institucional, tratar de mejorar las condiciones ambientales y sociales, concluyendo que, para dar este escenario, los grupos sociales se opusieron a proyectos que deberían buscar espacio y mecanismos para un papel positivo en la transformación ambiental. Considerando y cumpliendo con los principios ambientales que buscan mantener el medio ambiente y mejorar las condiciones de vida de los asentamientos lesionados (objetivos presentes tanto en el Plan Nacional del Buen Vivir como en el Plan de Desarrollo del Sector Minero).

La investigación consideró normativas constitucionales (arts. 407; 398); los Impactos Ambientales de las actividades petroleras y mineras, en dos áreas protegidas establecidas para examinar los estándares ambientales de varios factores complejos en el campo de la protección ambiental. Los estándares de soberanía sostenible sobre los recursos naturales, responsabilidad para prevenir daños ambientales, buena vecindad y cooperación en el campo de la protección ambiental están firmemente establecidos y arraigados en la realidad, las prácticas de los Estados y en los documentos legales internacionales.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante considerar que existen intereses económicos que están alrededor de la industria del petróleo, los cuales afectan evitando o limitando la implementación de políticas que fomenten la aplicación de Economía Circular, y, que implica el uso de las tres erres, para el control y disminución del daño ambiental en la explotación de recursos naturales.

Es recomendable profundizar en las diferentes prácticas de las Áreas Protegidas, especialmente aquellas utilizadas con fines económicos a nivel nacional, y comprender mejor la especificidad de cada una, a partir de las cuales se pueden diseñar y aplicar políticas públicas efectivas, teniendo en cuenta el bienestar ambiental.

Se debe tener en cuenta los intereses económicos en la industria minera (recursos naturales no renovables) que afectan, evitan o limitan la implementación de políticas que promuevan la Economía Circular, es decir, el manejo racional de los recursos naturales.

Los principios ambientales de Prevención y Precaución incluyen la consideración y análisis del contexto económico, político, jurídico, social y cultural del país. Esta alternativa identifica las actividades, prioridades e intereses de los actores o representantes de la ciudadanía para ser implementadas a través de políticas públicas, planificación y proyectos productivos aspectos que

se necesita de inversión extranjera directa a largo plazo y con tecnología de punta; donde existan elementos importantes para el acceso a la justicia en situaciones peligrosas e irreparables; también se recomiendan acciones para establecer un principio de precaución en las Áreas N° 6 y N° 23; donde los gobiernos locales prioricen sus actividades ambientales en diferentes áreas de gobernanza: política, social, económica y tecnológica; institucionalizar la gestión ambiental local como parte del desarrollo sostenible, promover y fortalecer los mecanismos de planificación conjunta de los gobiernos locales para fomentar la acción comunitaria en el desarrollo sostenible.

## REFERENCIAS

- Asamblea Nacional (2008) *Constitución de la República del Ecuador*.  
<https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf>
- Bedón Garzón, R. (2011). Aspectos procesales relativos al daño ambiental en el Ecuador. *Ius Humani. Revista de Derecho*, 2 (2010/2011), 9-41. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4999986.pdf>
- Calderón Gamboa, J. F. (2013) *La evolución de la "reparación integral" en la jurisprudencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos*. ISBN 9786077290490 <https://searchlibrary.ohchr.org/record/24783>
- Cámara Valencia (2008) *La ecoeficiencia*. Cuaderno de Comercio y Sostenibilidad.  
[https://www.camaravalencia.com/wp-content/uploads/2023/01/cuaderno\\_ecoeficiencia.pdf](https://www.camaravalencia.com/wp-content/uploads/2023/01/cuaderno_ecoeficiencia.pdf)
- Cortés-García, F. J. (2020) *La economía circular. Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo*. Santiago, Chile: Registro de propiedad intelectual: 2020-A-3178.  
<http://dx.doi.org/10.32457/ISBN9789568454708692020-ED1>
- Guaranda Mendoza, W. (2010) *Estudio comparado de derecho ambiental: Ecuador, Perú, Bolivia, España: énfasis en Parámetros de Calidad y Límites Máximos Permisibles dentro de Actividades Extractivas*. (1 Ed.) Quito: Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos. ISBN 9789978980217
- Ley De Minería (29 de enero de 2009). Ley 45. Registro Oficial Suplemento 517 Quito.  
<https://www.enamiep.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/08/LEY-DE-MINER%C3%8DA.pdf>
- MAATE (2022) *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- MAE (2012) *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/>
- MAE (2019) *Sistema Nacional de Área Protegidas. Boletín final Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad –SINLAS*. Ministerio de Ambiente del Ecuador. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/2020\\_03\\_30-BOLETIN-FINAL.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/2020_03_30-BOLETIN-FINAL.pdf)
- Maleaba, J. & Castelo Branco, J. (2004) *Ecuador: el Parque Nacional Yasuní en peligro por actividades petroleras de Petrobrás*. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. <https://www.wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin/ecuador-el-parque-nacional-yasuni-en-peligro-por-actividades-petroleras-de-petrobras>
- Mataix González, C. (2010) *Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental*.  
<https://www.fenercom.com/publicacion/movilidad-urbana-sostenible-un-reto-energetico-y-ambiental-2010/>
- Ministerio del Ambiente (2004) *Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre*.  
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-Forestal-y-de-Conservacion-de-Areas-Naturales-y-Vida-Silvestre.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2017) *Código Orgánico del Ambiente - COA*.  
[https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2022) *El Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <http://pras.ambiente.gob.ec/inicio>
- MPCEIP (2021) *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador*. p. 116. <https://www.produccion.gob.ec/libro-blanco-de-economia-circular-de-ecuador/>

- ONU (1992) *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. [http://www.lacult.unesco.org/docc/1992\\_Declaracion\\_Rio\\_principios.pdf](http://www.lacult.unesco.org/docc/1992_Declaracion_Rio_principios.pdf)
- Paz-Cardona, A.J. (2019) *Nuevo estudio muestra que industria petrolera habría deforestado más de lo permitido en el Parque Yasuní*. <https://es.mongabay.com/2019/12/petroleo-en-el-yasuni-aumenta-deforestacion-ecuador/>.
- Peña Chacón, M. (2013) Daño Ambiental y Prescripción. *Revista Judicial*, 109, 118-143. [https://escuelajudicialpj.poder-judicial.go.cr/Archivos/documentos/revs\\_juds/Revista%20109/PDFs/07\\_danio\\_ambiental\\_prescripcion.pdf](https://escuelajudicialpj.poder-judicial.go.cr/Archivos/documentos/revs_juds/Revista%20109/PDFs/07_danio_ambiental_prescripcion.pdf)
- PNUD (2017) *Informe sobre Desarrollo Humano 2016*. <https://www.undp.org/es/publications/informe-sobre-desarrollo-humano-2016>
- Poveda Bonilla, R. (2021) *Estudio comparativo de la gobernanza de los conflictos asociados a la minería del cobre en Chile, el Ecuador y el Perú*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47569>
- Rea Toapanta, A. R. (2017) Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo*, 4(2), 41–52. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.68>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018) *Seguridad ambiental, pilar de la conservación*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/seguridad-ambiental-pilar-de-la-conservacion>
- Senplades (2012) *Plan Nacional de Descentralización 2012-2015*. Registro Oficial N° 673 de 30 de marzo del 2012 <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Plan-Nacional-de-Descentralizaci%C3%B3n-2012-2015.pdf>
- Vasco, G. (2020) *El Ecodiseño En La Economía Circular*. Secretaría General de Acción Exterior.
- Vásconez Carrasco, M. & Torres León, L. (2018) Minería en el Ecuador: sostenibilidad y licitud. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(2), 83-103. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-01322018000200006&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000200006&lng=es&tlng=es).
- Vilela Pincay, W., Espinosa Encarnación, M. & Bravo González, A. (2020) *La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Corporación Editora Nacional. <http://hdl.handle.net/10644/7911>

## ARTÍCULOS

# Temporalities in Friction: Planning and Temporal Violence in the Ecuadorian Amazon

# Temporalidades en Fricción: Planificación y Violencia Temporal en la Amazonía Ecuatoriana

Schwab, Julia



 Julia Schwab

julia.schwab@recht.uni-giessen.de  
Justus-Liebig Universität Giessen. Cátedra de Estudios de Paz. Giessen, Hessen, Alemania.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
ISSN: 1390-7042  
ISSN-e: 2602-8484  
Periodicidad: Semestral  
vol. 16, núm. 2, 2023  
[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 25 mayo 2023  
Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4814>

Autor de correspondencia: [julia.schwab@recht.uni-giessen.de](mailto:julia.schwab@recht.uni-giessen.de)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Agradecimientos:** Se extiende agradecimiento a las comunidades de Arajuno por su participación en talleres y entrevistas. Sin su voluntad, buena onda y brazos abiertos esta investigación empírica no hubiera sido posible.

**Financiamiento:** Esta investigación fue apoyada por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF, por sus siglas en alemán) a través del proyecto “Impactos Sociales del Cambio Climático e Innovaciones de Sostenibilidad en la África Austral y el Norte de América del Sur”.

**Cómo citar:** Schwab, J. (2023). Temporalities in Friction: Planning and Temporal Violence in the Ecuadorian Amazon. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 106-129. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4814>

**Abstract:** In the light of global challenges like climate change, the energy transition, and biodiversity loss, the possibility of a future ‘otherwise’ seems to shrink. The Amazon denominated “the lungs of the Earth” is a focal point in these discussions as its future is not just important to the (Indigenous) people who live there, but to humanity itself. As the past and the present of the Amazon are rather marked by violent encounters and an intensification of extractive endeavors, this article considers how these violent structures persist across time, but also how they can be broken up and transformed. Therefore, the concept of “temporal violence” is introduced, on the one hand, to grasp the enduring structures of violence that creep into future timespaces through (state) planning, and, on the other hand, to underline that this violence is just one possible future out of a multiplicity of futures – it potentially can be temporary. Merging the anthropological insights of the experiences of Indigenous grassroots organizations in planning their futures with critical futures studies, this article explores the possibilities of alternative futures to materialize. To this end, planning as a mechanism of power with both violent and subversive qualities is discussed. The central inquiry raised by this article is, hence, how planning can be an instrument for decolonization, challenging and altering relations of violence.

**Keywords:** amazon; extractivism; futures studies; indigenous planning; structural violence; slow violence.

**Resumen:** A la vista de retos globales como el cambio climático, la transición energética y la pérdida de biodiversidad, la posibilidad de un futuro “otro” parece reducirse. La Amazonía, denominada “el pulmón de la Tierra”, es un punto central en estos debates, ya que su futuro no sólo es importante para los pueblos Indígenas que la habitan, sino para la propia humanidad. Dado que el pasado y el presente de la Amazonía están marcados por encuentros violentos y una intensificación de las actividades extractivas, este artículo analiza cómo persisten estas estructuras violentas a lo largo del tiempo, pero también cómo pueden romperse y transformarse. Por lo tanto, se introduce el concepto de “violencia temporal”, por un lado, para captar las estructuras duraderas de violencia que se arrastran hacia los espacios temporales futuros a través de la planificación (estatal) y, por otro lado, para subrayar que esta violencia es sólo un futuro posible de una multiplicidad de futuros: potencialmente puede ser temporal. Fusionando las percepciones antropológicas de las experiencias de las organizaciones Indígenas de base en la planificación de sus

futuros con futurología crítica, este artículo explora las posibilidades de que se materialicen futuros alternativos. Para ello, se analiza la planificación como mecanismo de poder con cualidades tanto violentas como subversivas. La cuestión central que se plantea es, por tanto, cómo la planificación puede ser un instrumento para la descolonización, desafiando y alterando las relaciones de violencia.

**Palabras clave:** amazonía; extractivismo; futurología; planificación indígena; violencia estructural; violencia lenta.

## INTRODUCTION

In the light of global challenges like climate change, the energy transition, and biodiversity loss, the possibility of a future ‘otherwise’ (Povinelli, 2012) seems to shrink. The Amazon denominated “the lungs of the Earth” is a focal point in these discussions as its future is not just important to the (Indigenous) people who live there, but to the planet itself. As the past and the present of the Amazon are rather marked by violent encounters and an intensification of extractive endeavors, it is even more interesting to consider how these violent structures can be broken up and transformed.

In a transition towards a post-oil future, Ecuador faces major challenges. Since the 1960s when Ecuador has started to drill commercially for oil in the Amazon, the country has become ‘petrolized’ (Karl, 1997). For the urban middle classes, the dream of ‘modernization’ and ‘progress’ came true during the first oil boom (Alarcón, 2020), while rural, Indigenous, peasant and Black populations were rather excluded from the developmental promise that oil was holding. This is not surprising, as previous colonization of and violence against these groups have paved the way for current extractivisms. The Amazon had been previously included in the global economy through the extraction of rubber and cinchona; this integration has then exponentially increased over the last 50 years through oil extraction. The extensive road network, a growing population, accelerating deforestation and a more agricultural land use bear witness to these developments.

Ecuador has transformed into a “petrostate” (Lu *et al.*, 2017). Whether progressive or right-wing governments are in power, oil is the backbone of the state revenues and has created a dependency on oil rates. The “rentier state” (Peters, 2019) falls into the illusion of a long-term extractivist development model. However, this pathway is very crisis-prone as the state’s economy crushes in line with volatile price developments on an international level. Both the falling oil prices in 2014 and during the COVID-pandemic are proof to this. Of course, these crises are never merely of economic nature, but also lead to social suffering and political turmoil as seen during the national strikes in 2019 and 2022.

Neo-extractivist policies have emerged with Rafael Correa’s government (2007-2017) and lived on under the presidencies of Lenín Moreno (2017-2021) and Guillermo Lasso (2021-today). They suggest that ‘development’, economic diversification and a move forward into a “postpetroleum era” (Silveira *et al.*, 2017, p. 83) are possible through a ‘short-term’ expansion and intensification of natural resource extraction. On top of intensified oil extraction in the Amazon; the subsequent governments also started to promote large-scale mining for critical transition minerals, like copper, in the Andes. President Lasso has not just announced to double oil extraction when he entered his term, but as well that: "now that

the world is about to move away from fossil fuels, it is time for us to extract every last drop of oil we have left" (El Universo, 2022). The recent social mobilizations of June 2022 have put a hold on these plans, but it must be waited how this matter develops in the future (Schwab, 2023). Futures studies are slowly emerging and are much needed to deal with these manifold challenges. They can give inspiration of what needs to change and how an alternative pathway towards the future can look like. Especially in extractivist countries like Ecuador, there is not much discussion of the probable drop in oil demand going hand in hand with the global energy transition towards a low-carbon future – and what fundamental changes this implies in the long-term for the “petrostate”. This taboo needs to be broken, and the future needs to be re-centered as a central category in critical analysis. The future has the potential to act like a wake-up call instead of a tool to legitimize the present (Bryant & Knight, 2019, p. 13; Collins, 2008, p. 125). This emancipatory conception of future-making is crucial for normative and critical futures studies as it calls into question the desirability of the status quo and builds up the described leverage for transformative agency.

The focal point of this study is therefore to, first, examine the link between the past-present nexus and the future through the analysis of power. I tie power as the condition of possibility together with different conceptualizations of violence, in order to reflect on the persistence of violent societal patterns, but also their transformation. I suggest a new conceptual term “temporal violence” to grasp both the enduring structures of violence that creep into future timespaces through (state) planning, and to underline that this violence is just *one* possible future out of a *multiplicity* of futures – it potentially can be *temporary*. Merging the anthropological insights of the experiences of Indigenous grassroots organizations in planning their futures with critical futures studies, I am exploring the possibilities of alternative futures to materialize. To this end, I discuss planning as a mechanism of power, and examine both its violent and subversive qualities. The question I want to answer is then, how can planning be an instrument for decolonization, challenging and altering relations of violence?

This article is mainly informed by a 4-month ethnographic fieldwork in Arajuno (Pastaza province) in 2022 and the collaboration with different community organizations there. To a minor degree, I have also included data of my stay in Arajuno as well as Coca (Orellana province) in 2023. There are some methodological difficulties of studying the future i.e., something that is not yet in existence, uncertain by nature, and merely dwells as a possibility in our imaginations. I addressed this difficulty by complementing traditional ethnography with workshops on possible futures. The latter focused both on desirable futures and oil futures, as in Arajuno there is an expressed interest of the neighboring oil company to enter and start extraction in the territory. I translated all quotes from my informants from Spanish into English.

## Temporalities in Friction

Social sciences and the humanities have traditionally favored the past and the present over the future in their analysis. When future was analyzed it was done in terms of the larger globalization debate and critique of capitalist modernity (Appadurai, 2013; Collins, 2008; Tsing, 2005). An important impulse for this orientation came from Johannes Fabian’s monumental analysis of ‘Time and the Other’ (1984). He argues that time has been used as a “trick” to construct, oppress and legitimize the exploitation of the Other through chronopolitics; that is to say, how “capitalism and its colonialist-imperialist expansion

[...] required Time to accommodate the schemes of a one-way history: progress, development, modernity (and their negative mirror images: stagnation, underdevelopment, tradition)” (Fabian, 1984, p.144). While the destructive and contradictory outcomes of this developmental trajectory have traditionally nurtured anthropology’s field of inquiry and posed a source for critique, the future of the “Anthropocene” (Crutzen & Stoermer, [2000] 2021) was rather looming at large for anthropologists, until recently (Haraway *et al.*, 2016). Anthropology’s notorious “tempocentrism” (Textor, 2005) accounts for its reflexive strength and ethical outlook towards its own colonial past, however, this “disciplined hindsight” (Riner, 1987, p. 311) impeded anthropology to move beyond its suspicion of the future being intrinsically linked to modern and capitalist teleologies (Valentine, 2012, p. 1064). With the emerging political debate about planetary boundaries, climate change and the energy transition, anthropology has recognized later than most disciplines the “urgency of addressing the future for those people with whom we work” (Bryant and Knight, 2019, p. 13). Its task is then to turn the unfinished project of postcolonial reflexivity (Pels, 2015) into a motor rather than an obstacle when engaging with alternative futures.

### Relational Futures: Time, Power and the Temporal Turn

Time above all, is constituted through relations, i.e. intersubjectivity (Ssorokin-Chaikov, 2017). Hence, it would be too easy to conceive time in culturally relativist terms, even though it is true, that there are differing socio-cultural conceptions of time leading e.g., to more linear or circular temporalities (Munn, 1992). In the Kichwa cosmivision, there exist several dimensions of time and space in the form of different worlds that are interconnected by *samay* (force of life) (Andy Alvarado *et al.*, 2012, p. 117). The time in the ‘human world’ (*Kay Pacha*) is conceived cyclical, in reciprocity with the animated nature (p.38; p. 125). However, this balanced cyclical time has recently been accelerating as changing weather patterns proof. Many people told me that winter (rain) and summer (sun) are now occurring within a day, instead of within the usual dry and wet seasons. Others also reported from changing day times (see also p.125) and wind patterns<sup>1</sup>. Andy Alvarado et al. (2012) argue that these are signs for *Kay Pacha* losing control over its own time. Thus, the human world is being left alone, detached from the other worlds, which in turn means that the living force *samay* is fading: “A manifestation of this loss of control are the human activities that are currently destroying ecosystems [...]. This accelerates the circle of time and leaves the space of life without vital inputs” (p. 122, own translation). The loss of control over time is one central example for temporal violence. The authors and my informants attribute this loss of control also to larger cultural changes, especially the loss of *yachay* (knowledge), that are occurring in Kichwa culture since the colonization of the Amazon and the expansion of the road network. This reaffirms my argument of a “continuum of violence” (Scheper-Hughes & Bourgeois, 2004), a simultaneous occurrence of different forms of violence, I will discuss later in-depth.

Nancy Munn (1983, p.280) suggests that socio-cultural systems *themselves* could be conceptualized as time; that is to say as relations. Consequently, the very difference that is immanent to intersubjectivity (and onto-epistemologies) can be understood as

a mutually constituted system of movement. It is grounded in the philosophical premise that time is not an essence but a relation. Time is not a substance that ‘flows’ or an area that ‘begins’ or ‘ends’. It is not a thing but a relation between things (Ssorokin-Chaikov, 2017, p. 7).

<sup>1</sup> Whether or not there are scientific explanation for these phenomena as e.g., climate change, they make sense to my informants within their experience.

Time understood as relations should consequently pose the question of the role of power in these relations. For Michel Foucault, force relations are inherently unbalanced and therefore, unequal and tense resulting in unstable relations of power that are in constant movement: “it [power] is produced from one moment to the next, at every point, or rather in every relation [...]. Power is everywhere; not because it comes from everything, but because it comes from everywhere” (Foucault, 1990; 1978). This contingency, immanent to intersubjectivity, points to “[p]ower’s condition of possibility” (ibid.). It structures a field of possible actions (Foucault, 1990; 1978, p. 93; 1982, p. 789) – and hence, mobilizes future pathways. Consequently, power is not just a repressive, punishing and coercive force in society which is exercised from above; it is also a creative, resistant, subversive or productive force against the status quo that “comes from below” (Foucault 1990; 1978, p. 94).

This conceptualization has some similarities to *muskuy* (power, but also dream) in the Kichwa cosmovision. *Muskuy* is endowed to human beings to create visions (or dreams) and to defend oneself from spiritual threats. It is intimately tied to life itself and is “property of no one”; it is of the whole community i.e., traversing the ancestral, present and future community (Andy Alvarado *et al.*, 2012, p.130). For the study of temporal violence, the analysis of power is therefore an interesting point of departure to examine along this continuum of power, dominion<sup>2</sup> and violence<sup>3</sup> the role time, and in particular the future, take to maintain, strengthen or subvert present relations.

The temporal turn grasps this productive-destructive tension and opens a new perspective on how time works as a technique to uphold states of dominion or relations of violence, and influences planning for the future: “By paying attention to time, we can critique and measure inequality in new ways. A focus on the varying ability to plan a life across classes, genders, and racial groups has much potential” (Bear, 2016, p. 489). As Laura Bear highlights, however, this inquiry is not purely informed by an analytical interest, but by social reality:

Anthropologists in their fieldsites have increasingly encountered temporal insecurity or conflicts in time as a crucial element of experiences of inequality. [...] They attribute this loss [of future’s utopian qualities] to the emergence of radically unpredictable, evacuated near futures or to nostalgias for modernity (pp. 488-489; see also Piot, 2010; Guyer, 2007; Rosenberg & Harding, 2005).

In Deleuze’s words: the future is the essence that constitutes time (Deleuze, 1994, p. 89; Yinon, 2016, pp. 212-213). Without a future, there is just a closed-up temporal system of past-present, unable to perform change. This is one facet of what I call temporal violence; contained movement and continuity suggesting a *timelessness* or even an elimination of a future.

### **Futures as Open but Colonized Timespaces**

Arjun Appadurai agrees with Max Weber that “we cannot design the future exactly as we please” but

---

<sup>2</sup> Foucault describes a state of dominion as “permanent, repetitious, inert, and self-reproducing, [...] the over-all effect that emerges from all these [power] mobilities, the concatenation that rests on each of them and seeks in turn to arrest their movement” (1990/1978, p.93).

<sup>3</sup> Foucault clarifies in his later work again that “power is not violence; nor is it a consent which, implicitly, is renewable. It is a total structure of actions brought to bear upon possible actions; it incites, it induces, it seduces, it makes easier or more difficult; in the extreme it constrains or forbids absolutely” (1982, p.789).



that it is crucial to “find the right balance between utopia and despair” (2013, p. 3). In this endeavor, anthropology should foster “a politics of possibility over a politics of probability” (ibid.). This is in line with Samuel Collins’ (2020, p. 235) plea to take “our informants’ desires for better lives as indictments of the impoverished timespaces that have left them with truncated expectations and empty speculations as they contemplate the abyssal plane of neoliberal teleologies”.

This discussion about futures as simultaneously colonized and open is a core feature of futures studies (Van Asselt *et al.*, 2010, p. 8). Drawing on Nikolai Ssorokin-Chaikov (2017, p. 8), I take this simultaneity of the future as ‘at the same time’ colonized and open as a “mode of relatedness” (p. 127): futures are relational concerning multiple competing imaginations, aspirations, plans, and projections. Despair and hope towards futures are closely related and in flux. They can be described as “orientations [that] make the future appear malleable, open to manipulation, or set in stone, implacable. Orientations capture the flux of experience, the rollercoaster of aspirations and fear that inhabits every one of us” (Bryant & Knight, 2019, pp. 192-193).

An illustrative example for the effect of orientations was a community leader’s reaction to a possible extractivist future scenario for Arajuno, a small town of 2000 inhabitants in Pastaza Province which is barely intervened by oil extraction so far: “Hopefully, this will not happen. [...] But I think that we are still on time to change something”. These simultaneous feelings of fear and hope capture the situation felt during my first stay there in 2022, as there was a constant threat that the neighboring oil company will enter and start operating in Arajuno’s territory. When I returned in 2023, the majority of the members of ACIA-AKAT, the Indigenous organization to which the territory belongs, favored a candidate with a pro-oil discourse in their internal elections. This change in the orientation towards the future can be analyzed in many ways. I want to highlight here the observation of an “economization”, or more specifically “marketization” (Çalışkan & Callon, 2009; 2010) of futures.

The main reasons to convince the general assembly of ACIA-AKAT to shift from an anti-extractivist resolution a few years earlier to negotiating again with the oil company were of a material nature. The anti-extractivist orientation towards the future did not appear attractive anymore for the majority of the members facing daily struggles to satisfy their basic needs. In the winning narrative of these elections, conservation efforts were portrayed as not paying the bills, tourism not being viable for every community, and in general, the projects and support from international cooperation or non-governmental organizations (NGOs) not being enough and too slow. This was contrasted by a promise for an accelerated pathway towards a desirable future, fueled by oil.

A desirable vision of the future, also in non-extractivist narratives, involved access or ‘successful’ integration into (inter-) national markets, as the results from my workshops in Arajuno showed. The central question raised during the workshops has always been how to get to these desirable futures? Many participants got frustrated or at a loss by this question due to the lack of economic resources, they experience in the present – a complex situation I will discuss later using the notion of “continuum of violence” (Scheper-Hughes & Bourgeois, 2004).

Two conclusions can be drawn from the case of Arajuno and the question of why oil keeps being the most persuasive option for many people. On the one hand, the relations of violence follow a logic of temporalization. This makes velocity an important aspect influencing future-making and hence,

decision-making. In other words, *how fast* can we achieve our desirable future is decisive. This seems obvious but has not been analyzed further. On the other hand, it shows that there is a nexus between the marketization of future visions, the existing relations of violence and the velocity of reaching a desirable future. Oil convinces in this correlation with a fast-paced change – imagined, of course, for the better. It trumps any alternatives with a speed-up transition towards a future in which all needs are imagined to be satisfied. An equal seat at the negotiation table is imagined to be possible. This imagination overlooks, however, power issues that lay at the core of relations of violence.

To conclude, competing future visions produce a tension between “temporal dynamism and stasis” (Bryant & Knight, 2019, pp. 19-20) with oil potentially accelerating the pathways towards future imaginaries. The next chapter examines the role of planning and its material dimension for the realization of future visions to establish a tangible link between the violent present and desirable futures.

### **Planning the Future: By whom and for Whom?**

Planning in its most simple definition can be described as “the possibilities that time offers space” (Abram & Weszkalnys, 2011, p. 3). This “inherently optimistic and future-oriented activity” (ibid.) is a promise for something better to come. Inevitably, this evokes the idea of progress and “suggests that planning time is inherently modern” (Abram, 2014, p. 129). There is much research that has explored these modern temporalities at work by conceptualizing its connection to governmentality (Foucault, 1991; 1978), so that “even in acts of resistance, people [would] find themselves implicated in systems of government and power” (Abram & Weszkalnys, 2011, p. 6). As Simone Abram observes: “Planning is in fact a particular form of governmental technology through which social discipline, ritual, and rhythm are made present in social life, and in which time is materialized, mediated, or brought into conflict” (2014, p. 129). Thinking about the future as “the actual playing field of power” (Van Asselt *et al.*, 2010, p.7) is thus, fruitful to understand planning as a contested social practice through which “such temporalities are doubted, contested, and mediated” (Abram, 2014, p. 129). To assess policymaking and planning critically, it is therefore crucial to ask, “Whose future is being planned, by whom, for whom and to what ultimate end?” (O’Brien, 2016, p. 341).

A growing body of literature on Indigenous planning is challenging the planning of post-/neo-colonial nation states (Hibbard, 2022; Jolly & Thompson-Fawcett, 2021; Jojola & Shirley, 2017; Porter *et al.*, 2017; Jones *et al.*, 2016; Prusak *et al.*, 2016; Matunga, 2013; Walker *et al.*, 2013; Jojola, 2008; Lane & Hibbard, 2005; Sandercook, 2004). Indigenous and non-Indigenous scholars, mainly from settler states, trace “the resurgence of Indigenous planning as a vehicle for Indigenous peoples to determine their own fate and to enact their own conceptions of self-determination and self-governance” (Hibbard, 2022, p. 17). More than just an inclusion of Indigenous “voices” or “stakeholders” (Porter, 2017; Walker, 2017), they seek to draw attention to Indigenous sovereignty. In Ecuador, and Latin America more generally, academic debates on planning are rather limited to the (critical) analysis of national plans and technocratic planning, but do rarely analyze Indigenous forms of planning. Even to the *planes de vida* (life plans) of Indigenous nationalities and organizations in Ecuador academia has not paid much attention yet.

So far, official planning in Ecuador is rather used to maintain the status quo than to decolonize governance practices. Whether petroleum drilling or mineral mining: the (neo-)extractivist state in its

role as planner ties extractive activities directly to its development plans and social spending (Sánchez & Polga-Hecimovich, 2019) and gains in turn (enough) social and political legitimacy for the continuation of natural resource exploitation (Gudynas, 2012). According to Andrew Curley, resources are, therefore, “just another word for colonialism” (2021, p. 79). They are a “violent project of world making” (p. 86) as “the idea of resources is colonial constructions consistent with genocide, displacement, exploitation, and capitalism. Colonialism creates *colonialscapes* and displaces Indigenous ontologies” (2021, p. 79, emphasis in original). This adds another, more violent quality to the definition of extractivism as a resource-driven, resource-centric or resource-dependent model that is totalizing and, in its absolute commodification of Nature, leaves no space for divergent ontologies or alternative human-nature-relations (Koch & Perreault, 2019)<sup>4</sup>.

Over the past decades, the dialectical relationship between the Ecuadorian state and people in “sacrifice zones”<sup>5</sup> has intensified as environmental and socio-cultural impacts start to show – while the hoped for economic promises in form of jobs and infrastructure projects remain for most of the affected communities unfulfilled. Especially, the leaving of private companies with ‘good’ community relations due to neo-extractivist policies and expiring contracts led to conflicts between the state-owned oil company Petroecuador and the neighboring communities in disagreement with their approach to corporate social responsibility. These critical voices, when becoming too loud, the state knows how to silence, oppress, ignore or appease.

A utilitarian equation unfolds in which territorial planning for the national future turns into a tool to designate sacrifice zones for the “greater good” (Silveira *et al.*, 2017)<sup>6</sup>. The extrapolation of these present trends into the future through planning tools colonizes the latter (Ossewaarde, 2017). It impedes the envisioning of alternatives of the yet-to-come and an enlarged perspective of what is possible: “Colonization aims at ruling out openness, with the aim of shaping the future (preferably one that seems to be the product of predetermined trends that cannot be altered by human decisions) in which the current status quo is preserved” (Ossewaarde, 2017, p. 83). In other words, state planning is used to create and maintain states of dominion characterized by repetition and inertia – or put more positively, stability. Time is used here as a technique (Bear, 2016). It temporalizes power relations into the future. In this context, planning loses its ‘optimistic’ and ‘future-oriented’ qualities by turning into a token “evacuating the near future” (Guyer, 2007).

As a reaction to continued oil exploration, Indigenous nationalities in the Ecuadorian Amazon started to organize themselves since the 1960s. This was a novelty: neither the figure of ‘the community’ nor ‘the organization’ have previously existed in the Amazon. Social, cultural, political and economic life

---

<sup>4</sup> Emblematic for this is the case of Tagaeri and Taromenane (Indigenous Peoples Living in Voluntary Isolation) vs. Ecuador before the Inter-American Court of Human Rights. The latter is accused of threatening the former’s “territories, natural resources and way of life” with extractive and infrastructure projects (Organization of American States, 2020).

<sup>5</sup> The term “sacrifice zone” denominates the contamination suffered by local communities for the sake of “some other interest, whether the ‘common goods’ of security or development or simply the private interests of short-term profit” (Holifield & Day, 2017, p.269). It is a plea for political ecology. Within the sacrifice zones in Ecuador there prevails internal disagreement about extraction, and whether to welcome or oppose it (see e.g. Lyall, 2021; Eisenstadt & West, 2019; Valladares & Boelens, 2017; van Teijlingen *et al.*, 2017; Billo, 2014; Davidov, 2013; Warnaars, 2012). Agrawal and Gibson (1999) highlight the importance to perceive ‘the community’ as a diverse group having different interests. This heterogeneity is, of course, also true for Indigenous communities: “lack of consensus within Indigenous groups disconfirms the assumption of primordial group unity of multiculturalism” (Eisenstadt & West, 2019, p.80).

<sup>6</sup> For a critical discussion on the “public interest” see e.g., Fainstein and DeFilippis (2016, pp.1-19), Abram and Weszkalnys (2011, p.10) or Weszkalnys (2010, p. 115).

revolved around the *ayllu*, the extended family (Altmann, 2018; Grefa Andi, 2014). Encountered with some suspicion at first, this process picked up pace and resulted in the creation of various local, regional and national organizations in the 1970s and 1980s e.g., Confederation of Indigenous Nationalities of Ecuador (CONAIE), Confederation of Indigenous Nationalities of the Ecuadorian Amazon (CONFENAIE), Federation of United Communes of the Kichwa Nationality of the Ecuadorian Amazon (FCUNAE) etc. It culminated in the early 1990s with the registration of collective land titles, and in 2008 with constitutional guarantees for collective rights and the declaration of the plurinational state. This process in search of self-determination can be framed as a performative way of planning; a form of counter-planning to resist government plans of resource exploitation and to defend Indigenous territories. The central political proposal for an alternative future is the plurinational state (Lalander & Lembke, 2018; Schavelzon, 2015; Altmann, 2012).

It should be highlighted though that there is an important schism between the regional/national orientations of the indigenous movement (CONFENAIE/CONAIE) and the actions taken at the grassroots level (e.g. FCUNAE/ACIA-AKAT etc.) nowadays. For the latter, there is not always a clear anti-extractivist line identifiable. FCUNAE, for example, was founded to resist (oil) interventions in the territory. Nowadays, however, most communes focus rather on the negotiation about the terms of co-existence with oil companies or (illegal) mining in their territory – with every commune autonomously deciding on the matter. As highlighted above, a marketization of the future paired with an urgent need for a sped-up process heavily influences these decisions and orientations that eventually inform planning and concrete actions in the present.

By exploring the issue of planning and its dimensions of violence, I want to add new insights from the Ecuadorian Amazon to the academic debate. In the following, I will turn to the different dimensions of violence and discuss their confluence in what I call “temporal violence”, to come back later to the example of planning, and discuss whether planning should be considered a mechanism of violence or a tool for decolonization.

## The temporality of violences and the violence of temporalities

The pioneer who first conceptualized indirect and invisible violence beyond the direct and physical one as “structural violence” was Johan Galtung (1969). He built on ideas of the civil rights movement in the US<sup>7</sup> to define this form of violence as “built into the structure and show[ing] up as unequal power and consequently as unequal life chances” (Galtung, 1969, p. 171)<sup>8</sup>. Kimberlé Crenshaw (1989) developed these ideas further through the analytical lens of “intersectionality” unveiling the overlapping and interdependent systems of discriminatory categorization, such as race, class, and gender, leading to different forms of violence. In his later work, Galtung explicitly added “exploitation” to the “vocabulary and discourse” about structural violence: “The archetypal violent structure, in my view, has exploitation as a center-piece” (1990, p. 293). In this regard, he also included violence against Nature into his conceptualization: He takes the example of global warming as a structural form of the more obvious

---

<sup>7</sup> Stokeley Carmichael (1968, p.151) defines a similar form of violence, institutional racism, as “less overt, far subtler, less identifiable in terms of specific individuals committing the acts, but is no less destructive of human life. [...] [It] is more the overall operation of established forces in the society and thus does not receive the condemnation that the first type receives”.

<sup>8</sup> Kenneth Parsons (2007, p.179) specifies that in “intentional and unintentional ways [...] certain structural arrangements benefit dominant groups and disadvantage subordinate groups”.

direct violence of burning down something. Galtung describes the invisibility of the consequences of this depletion and destruction to the perpetrators, and criticizes economic growth backed up by the capitalist structures of commodification and industrialization as a legitimization of this form of “cultural violence”. An idea that Robert Nixon (2011) has built on in his work “Slow Violence and the Environmentalism of the Poor”.

A central element of the concept of structural violence is its persistence over time, showing “a certain stability”, and that it “may not very often be changed that quickly” (Galtung, 1969, p. 173). Structural violence is “a process, working slowly in the way misery in general, and hunger in particular, erode and finally kill human beings” (Galtung, 1985, p. 145). The procedural and slow change required to alter profound relations of violence is contrasting with the eventful and fast change promised by oil. It suggests, on the one hand, the incompatibility of deep alterations of inequalities and oil, and on the other hand, a vicious oil cycle nurtured by the promise of fast change and a newly created dependency of communities on companies.

The stability of structural violence resembles “tranquil waters” (ibid.), however, as I argue, it can be just explained by active mechanisms of dominion. Galtung (1990, p. 295) uses the illustrative example of slave trade to exemplify the changing guise, but persistence, of violence:

This massive direct violence over centuries seeps down and sediments as massive structural violence [...] producing and reproducing massive cultural violence with racist ideas everywhere. After some time, direct violence is forgotten, slavery is forgotten, and only two labels show up, pale enough for college textbook: ‘discrimination’ for massive structural violence and ‘prejudice’ for massive cultural violence. Sanitation of language: itself cultural violence.

This resembles the Spanish *conquista*, genocide and colonial history of the Americas – and the complex realities of post-colonial societies nowadays, in particular the situation of Indigenous people, still facing internal colonialism (González Casanova, 1969)<sup>10</sup>. Furthermore, the “sanitation of language” brings back what Curley (2021) observed about the idea of resources as a violent project of world-making, i.e. a world in which Nature just exists as a commodified resource legitimizing extractivist endeavors.

It seems tautological, but the term “structural violence” leans towards being structuralist. This deterministic outlook is one of the main criticism of the concept as it assumes temporal persistence of violence.<sup>11</sup> It seemingly reduces agency, could lead to fatalism and “imperil those who are less interested in more macro-analysis to the extent it seems to overcomplexify the situation, enervating them in the process or adding to their sense of powerlessness” (Weigert, 2008, p. 132). The challenge for (action or engaged) research is then “to diagnose structures in such a way that individuals can see their positions in them but can also perceive the possibilities for change” (ibid.). Therefore, Parsons (2007, p. 173) calls for a more thorough examination of “the relations between organized patterns of activity (that is,

---

<sup>9</sup> Galtung (1990, p.291) defines cultural violence as “those aspects of culture, the symbolic sphere or our existence – exemplified by religion and ideology, language and art, empirical science and formal science (logic, mathematics) – that can be used to justify or legitimize direct or structural violence”. This ties into conceptualizations of epistemic violence (Spivak, 1994) and symbolic violence (Bourdieu, 1977).

<sup>10</sup> Paul Farmer (1996), a doctor and medical anthropologist, was one of the first who used the term “structural violence” to examine the complex inequalities that post-colonial societies are facing.

<sup>11</sup> In his later work Galtung (1996) is focusing, however, more on the transformation of these structures and how to overcome violence.

structures) and the level of agency of subordinate, oppressed or marginalized groups” as these analyses are “under-theorized in terms of struggles over unjust relations of power and relations of violence”.

To this end, it is necessary to conceptualize power not as a resource that can be equally distributed, as Galtung did, but in Foucaultian terms. This allows a more nuanced analysis of “the ways that agents are situated and the way that people are affected by these relations” (Parsons, 2007, p.178). Foucault (1984, p.144) notes that a state of domination is given when, instead of experiencing agency “allowing different partners a strategy which alters them”, one finds oneself

firmly set and congealed. When an individual or social group manages to block a field of relations of power, to render them impassive and invariable and to prevent all reversibility of movement – by means of instruments which can be economic, as well as political or military – we are facing what can be called a state of domination.

Recognizing the fine and fluid line between domination and violence, it is crucial to pay close attention to the struggles of subordinate groups: “An increase in the quality of agency in terms of organized collective action can then affect structural changes designed to reduce violence” (Parsons, 2007, p.181). Successful examples for such an alteration of the structure – or as Marshall Sahlins (1985) would argue, the structure of the conjuncture – are e.g., the social mobilizations in 2019 and 2022 lead by CONAIE (Schwab, 2023), the influence of the Indigenous discourse on plurinationality and interculturality (Whitten & Whitten, 2011; Altmann, 2012), and legal trials (see Sarayaku vs. Ecuador in 2012; Waorani communities vs. Ecuador in 2019; Sinangoe vs. Ecuador in 2022).

To conclude, structural, institutional or indirect forms of violence have a temporal continuity to them while power is the potential motor of change, turning permanents into ruptures, and accelerating or decelerating processes through agency. As a call for action, structural violence condemns and points to the roots of the “vicious violence cycle” (Galtung, 1990, p. 295) at play.

### **Shades of violence: a continuum of violence**

Nancy Scheper-Hughes and Philippe Bourgeois (2004, p.1) note: “Violence is a slippery concept – nonlinear, productive, destructive, and reproductive. [...] Violence gives birth to itself. So we can rightly speak of chains, spirals, and mirrors of violence – or, as we prefer – a continuum of violence”. They highlight its mimetic quality, but conclude that even after an expansive study of the matter, they “cannot say that now we ‘know’ exactly what violence is” because

It can be everything and nothing; legitimate or illegitimate; visible or invisible; necessary or useless; senseless and gratuitous or utterly rational and strategic. [...] Rather than *sui generis*, violence is in the eye of the beholder. What constitutes violence is always mediated by an expressed or implicit dichotomy between legitimate/illegitimate, permissible or sanctioned acts (p. 2, emphasis in original).

This underlines the socio-cultural quality that is inherent to violence and underlines that

the most violent acts consist of conduct that is socially permitted, encouraged, or enjoined as a moral right or a duty. Most violence [...] is defined as virtuous action in the service of generally applauded conventional social, economic, and political norms (p. 5).

This is in line with Ryan Walker’s (2017) observation, that planning in line with official regulations and done for the ‘public good’ can still be a violent practice – even though practitioners do not perceive it as

such. Everything that maintains the status quo by blocking “avenues for change and resistance” (Parsons, 2007, p. 78) can be defined then as violence.

In the following, I draw attention to the confluence and interconnectedness of symbolic, epistemic, axiomatic/anticipatory, and slow violence i.e., the continuum of violence, to highlight their connection and confluence to what I call “temporal violence”.

### ***Symbolic Violence***

The term “symbolic violence” was coined by Pierre Bourdieu (1977) to account for the invisible power that is exercised through “the order of things” i.e., the unconscious values, judgements and collective expectations we attach to material qualities such as clothing, looks, and the way of speaking. These symbolic systems are mechanisms of communication, make societal consensus possible, and are crucial for the (re-)production of the social order (Bourdieu 1979; 2002). However, they are also instruments of domination through exclusion and Othering (Bourdieu & Passeron, 2002). Yet, the latter is not perceived as submission because symbolic violence “cannot be practiced without the participation of those who suffer it, does not necessarily mean that it is voluntary” (Civita *et al.*, 2021, p.46).

Oil itself is a prime example for symbolic violence. In the guise of development, oil has been believed to bring ‘progress’ and wealth to the communities in the Ecuadorian Amazon for the last fifty years. Nowadays, many of my informants do not believe this narrative anymore and oil turned for them – at least partly – into a symbol of destruction. In a fictive oil future, a workshop participant from Arajuno imagined the following:

There will be contamination. And our rivers are going to be super polluted and then we are going to be left without forest [*selva*], without river, without our animals and people: of course we are going to have a good house, maybe, if we plan well. I know that oil, extractivism, if we plan well, maybe, we can be like Dubai but unfortunately in this country where there is no respect, where there is corruption, unfortunately we are not going to be able to. They are simply going to destroy us, our country, our land, our pacha mama. So what is going to happen? We will be left in a destroyed house and maybe if we don't study, without studies, in more extreme poverty (Workshop Participant, April 7, 2022).

Even though there is awareness about the detrimental environmental impacts and the peril of community divisions, in all my workshops on fictive oil futures, people first associated oil extraction with possible economic benefits and better infrastructure. In one interview, a community leader said, as well, that she would prefer “for the youth, not for me, for the new future generation, a good, long-term agreement with the oil company. If we accept we need to be well prepared [...] and be a part of the company” (Community Leader, interview, April 7, 2022). As they have learned from their “brothers up North”, it would necessary to be well prepared and negotiate well, according to her. This inner turmoil is also reflected in the following account:

Oil extraction is in itself ecological damage and damage to the human being, generally speaking. But one can negotiate in an amicable way, looking at the opportunities, looking at the advantages and disadvantages. [...] The oil company is not excellent: it came and everything is fine, period. No. In my opinion, the oil company has never brought development. Development does not exist. Mostly there is total destruction. Massive destruction. [...] Because

most of the time it comes in without planning. That is why we think that if [the oil company] wants to enter, if we allow it, there has to be a healthy proposal, there has to be a debate with the people who live here [...] I would say that we can negotiate, but always when we see the advantages for ourselves. [...] We can't say 'no, no, no' either, but we have to negotiate well, seeing above all the advantages for us (Workshop Participant, May 14, 2022).

To conclude, oil still evokes hope for a better future. Not just one time the analogy to the Gulf States was drawn. Even though there is more awareness regarding the downsides of oil extraction, the socio-economic necessities i.e., the structural violence, people are experiencing inclines them to believe, that oil could lift them out of their precariousness – with “good agreements” and “negotiation”.

### ***Epistemic Violence***

Epistemic (or discursive) violence is “exerted against or through knowledge” (Galván Álvarez, 2010, p.11). As Gayatri Chakravorty Spivak observes: “The clearest available example of such epistemic violence is the remotely orchestrated, far-flung and heterogeneous project to constitute the colonial subject as Other” (1994, p.76). In an extensive literature review, Claudia Brunner (2020, pp.274-275) concludes that epistemic violence has a specific origin (Europe), a specific history (colonialism and capitalism), a specific functioning (racism and sexism as the basis of the global division of labor and resources) and produces specific subjects who are involved in these processes in different degrees and positions. She draws on the coloniality of being (Maldonado-Torres, 2007), the coloniality of power (Quijano, 2000) and the coloniality of knowledge (Lander, 2000) to underline that epistemic violence is a condition of possibility, a component and a product of colonial modernity. Brunner (2020, p.274) specifies that this modernity is not genuinely non-violent because it is ‘progressive’, ‘democratic’ and based on ‘scientific knowledge’, but rather evokes violence through these normative categories that tie to a violent past and present.

A striking example for epistemic violence is planning practice per se. To include Indigenous organizations and communities into the “nested hierarchy of powers or plans” (Brownill, 2017, p.146; see also Bulkeley, 2005) within the state, the Technical Secretariat of the Amazon Special Territorial District (CTEA) co-opted the community plans known as *planes de vida* and incorporated them into the governmental logic. There are regulations to follow and elements to include to validate a plan as such – otherwise, the CTEA will not recognize it. As one Kichwa leader claimed: “They want to do it their way and submit us to their way” (personal communication, November 17, 2022).

### ***Axiomatic/Anticipatory violence***

Axiomatic violence is a term coined by the anthropologists Stavroula Pipyrrou and Antonio Sorge (2021). Following their observation that “violence has colonized the everyday” (p. 2), they conceptualize axiomatic violence as a “new spacetime” that “describes the long-term status quo in the contexts of settler-colonialism and structural inequality” (p.4). They define an axiom as:

an indisputable truth whose legitimacy is based exactly on its incontestability. [...] Precisely because axioms are ‘timeless’, or the foundations of when, why, and how they gained hegemonic status have been ‘lost in time’, they are notoriously difficult to challenge (pp. 5-6).

One form of axiomatic violence is colonialism itself, in all its shapes: “colonial power continues to



deliver axiomatic violence in multiple guises” (p.6). By normalizing interconnected forms of discursive, epistemic and symbolic violence, it “can become naturalized, undetectable, uncontested, uncannily woven into everyday life to emerge at specific times and in particular contexts” (ibid.).

This underlines the seemingly seamless reproduction of the continuum of violence across time. In fact, the authors highlight the multiple temporalities of axiomatic violence: sometimes emerging as explosive and event-like, and in other cases appearing as slow-burning processes – but importantly, violence is always present. Axiomatic violence even reaches into the future:

the anticipation of not-yet-realised violence, felt in the present but always located just over the temporal horizon, waiting to happen. The violence punctuates the present since the groundwork has been laid for its actualization (for instance, through political rhetoric or past experience); [...]. Violence is axiomatic here in punctuating the present even in times of peace with anticipation becoming an inherently violent temporal orientation (Pipyrou & Sorge, 2021, p.8).

Anticipatory violence is hence, the “fear of the threat of violence” (Datta, 2017, p. 174). This fosters feelings of resignation and cynicism towards one’s own agency – and what to expect of one’s future (see also Bryant & Knight, 2019; Koselleck, 2004).

An example for anticipatory violence is the continuous threat of oil spills in the Ecuadorian Amazon. As one informant from the community San Pedro next to the Coca river reported: “I remember how we just started to go fishing again [after the oil spill in 2019]. We put the fishing net and we were so happy that we caught fish there again. And then the next oil spill came [in 2022]”. There is a record of 900 oil spills between 2015 and 2021 (Rojas Sasse, 2022), underlining that these events just make it to the news when the oil spills are dramatic enough as in 2019 and 2022. In these occasions, oil pipelines broke and thousands of liters of crude oil entered the neighboring Coca River, an inflow to the larger Napo River.

### ***Slow Violence***

Robert Nixon (2011, p. 2) introduced the concept of “slow violence” to describe

a violence that occurs gradually and out of sight, a violence of delayed destruction that is dispersed across time and space, an attritional violence that is typically not viewed as violence at all. [...] a violence that is neither spectacular nor instantaneous, but rather incremental and accretive, its calamitous repercussions playing out across a range of temporal scales.

In distinction to the concept of structural violence, Nixon highlights the temporal dimension of slow violence “to foreground questions of time, movement, and change, however gradual” (p.11). Through the work of time, violence is disconnected from its original causes. Crucial for this conceptual elaboration has been the experience of the politics of time, namely the notion of the Anthropocene and technological innovations: “to render slow violence visible entails, among other things, redefining speed: we see such efforts in talk of accelerated species loss [or] rapid climate change” (p.13).

Thom Davies (2022, p. 409, emphasis in original) complements the notion of slow violence by asking: “Out of sight *to whom?*”. By tying epistemic violence and slow violence together, he concludes that “slow violence does not persist due to a lack of arresting stories about pollution, but because these stories do not *count*, thus rendering certain populations and geographies vulnerable to sacrifice” (ibid., emphasis in original). In addition, Chloé Ahmann (2018, p. 144) notes that “Slow forms of violence are

not only environmental”. This extension towards an enduring violence over time resembles what Pipyrou and Sorge (2021) later have coined “axiomatic violence”. It also connects to what Galtung (1996, pp. 31-32) in his later work unspecifically called “time violence” i.e., “negative impacts on future life generations”, defined by the speed of violence (and peace) processes.

During the past decade, Nixon’s idea of ‘slow violence’ has been crucial to critically uncover (environmental) injustices and draw attention to these slowly unfolding collateral damages of capitalist modernity. However, Nixon’s plea to “turn the long emergencies of slow violence into stories dramatic enough to rouse public sentiment and warrant political intervention” (2011, p. 3) has just partly succeeded. The produced stories are uncovering the asymmetric power relations of the past and present but often seem rather pessimistic bearing “the potential to paralyze us” (Mauch, 2019, p. 3) instead of leading towards the intended action.

My argument here is to show that in all of the above cases a confluence of violence is acting. These forms of violence are tied to historical inequalities and colonial injustices that have translated into continued relations of power, states of dominion and eventually into relations of violence. Oil extraction plays a central role in these power relations as it is a continuance and intensification of previous extractivisms and colonizations of the Amazon. In this regard, as shown elsewhere (see Schwab, 2023), it accounts for structural violence, symbolic violence, slow violence and anticipatory violence. Oil extraction, hence, induces violence – sometimes accelerated, sometimes slower moving. More generally, what can be taken from these debates is that violence can just be understood across scales, space and time.

### **Temporal Violence**

Temporal violence is the eradication of contingency, that is to say the very condition of power to play out in manifold ways, opening up paths for different futures, and new possibilities. It is deterministic and fixes a pathway towards a future, which is as bad as, or worse than the past and present experience. This violent future goes down in a linear way, in the worst case possible culminating with either or both genocide and/or ecocide. On this pathway, the future turns into the impossibility of life.

On the one hand, temporal violence describes the continuum of violence across time. To secure this continuity (state) planning maintains the status quo and the power relationships in place, that is to say to sustain historically grown states of dominion into the future and foster (or even exacerbate) existing inequalities. Temporal violence cannot be thought of without planning, if planning is defined as the general activity of future-making (see Abram & Weszkalnys, 2011). On the other hand, temporal means also *temporary*. The term temporal violence can indict the persistence and outlasting of violence, but at the same time put a question mark in the room: will the violence remain temporary; can something change in the future?

This recalls the internal turmoil of some of my informants whether to allow oil extraction in their territory or not. The question if something might change for their benefit in the future (or not), is central to imagine the future and consequently, make a decision in the present. At the same time, the experience of the present e.g., the observation to what happened to ‘the brothers up North’ in the extractive zones, actively shapes future imaginations as well.

By *temporal* violence I mean then, forms of violence that have been persisting over a long period of time and *are seemingly* going to persist in the future – as far as state planning goes. Through a trick of time (see Hicks & Mallet, 2019; Fabian, 1984), the future is believed to be immobile – or worse, inexistent. Importantly, future here is not just a temporal category but must be understood as a temporal space – the possible discontinuity of the territory, the culture, the language, and the Kichwa *runa* (people) themselves. This trick works very well, as the accounts above of anticipatory violence has shown. As one expert shared with me when I asked her about what she thinks of the Ecuadorian Amazon’s future: “It’s like the Amazon does not have a future [...] I see the Amazon devastated [...] completely colonized in 20-30 years” (personal communication, June 14, 2022).

The analysis of power makes a crucial difference here, shedding light on the agency and resistance of ‘Others’ shaping alternative futures. No doubt, environmental impacts and phenomena as climate change or pollution, emphasized by the notion of slow violence, will persist into the future. However, as I argue, violent power relations must not.

Dan Hicks and Sarah Mallet (2019) specifically mentioned the term “temporal violence” to describe the impermanence of the so-called Calais Jungle, a refugee camp at the French-UK border: “This is a cosmopolitics of differential access to time, a mode of existence that produces difference through the withholding of duration” (p.51). They describe the camp as a “place [that] can shift location and be repeatedly destroyed and announced to have been destroyed but still remains somehow present, timeless, ephemeral – a permanent emergency” (p.50). This complements my own coinage of the notion of temporal violence, as in the case of the Amazon, rather than a withholding of duration, it is the seemingly *timelessness* of the violent present experience that is at play. As one (non-Indigenous) informant in Aguarico mentioned: “It is like a people on pause, like there wasn’t pressed play again”. Another (Kichwa) informant shared a similar impression about Arajuno: “This Arajuno will always remain the same”.

What is new about the term I propose here, and how does it connect to the other forms of violence discussed above? Temporal violence is connected to the continuum of violence by highlighting the violence of temporality and the temporalities of violence. Structural violence characterized by its stability over time and states of dominion, points toward a pre-condition of temporal violence. Temporal violence is introducing the temporal turn and the analysis of power to the study of violence. However, I explicitly distance myself from a structuralist argumentation, while still highlighting the historicity that is intrinsic to power relationships.

Slow violence adds further to this temporal stasis (or entire discontinuity) with the impacts of long-term and potentially exponential contamination that extrapolates into the future: “slow violence provokes us to delve into the past to unearth the violent structures of inequality that saturate contemporary life, and may well lay waste to the future” (Davies, 2022, p.410). In addition to this, temporal violence focuses on how violence, agency and contingency confluence in the future. It conceptualizes the future as a timespace that is *simultaneously* colonized *and* open to alteration, something possibly ‘otherwise’ (Povinelli, 2012). Epistemic and symbolic violence are reflected in subtler ways. They mark the space of possibility of how people can think and talk about the future and the past (Brunner, 2019, p.115, p.137). “Fact-like” and enduring truths are produced, sometimes more or less noticeable as axiomatic violence suggests, pointing to the confluence of epistemic and symbolic violence in the axiom of colonialism. For

example, Indigenous communities become subjected to the governmental and capitalist planning logics through the expansion and intensification of capitalist modernity in the guise of both extractive projects, but also climate action. Future imaginaries are, hence, in one way or another subject of marketization.

Temporal violence builds on these mechanisms, which add to the persistence of violence. In contrast to anticipatory violence underlining pessimistic or fearful orientations towards the future, temporal violence highlights the political dimension of the future as a 'playing field of power'. It operates and unfolds at the same time as practices of resistance are present and practiced.

### **Planning: Mechanism of Violence or Tool for Decolonization?**

There is an increasingly "complex web of planning" to manage governmental (time)spaces and keep state-society relations in order (Österlin & Raitio, 2020, p.3; Abram & Weszkalnys, 2011, p.3). This growing 'nested hierarchy of powers or plans' (Brownill, 2017, p.146; Bulkeley, 2005), is what Carl Österlin and Kaisa Raitio (2020) call 'planscapes'. These planscapes are not necessarily coherent as their nested quality might suggest. They are rather heterogeneous and contradictive but, nonetheless, hierarchical. As a community leader has analyzed "The state says and contradicts" (*El estado dice y contradice*). On the one hand, the state wants to protect the environment and the biodiversity e.g. by prohibiting Indigenous people to hunt for certain species, and by promoting the conservation program Socio Bosque.<sup>12</sup> On the other hand, the state is extracting oil from the same territories it means to protect (see Schwab & Combariza, in press). President Lasso's announcement to double oil extraction in the face of climate change further underlined this contradiction. This green light from the government is also connected to the level of insistence and harassment, the community leaders in Arajuno are experiencing from the neighboring oil company Pluspetrol. A community leader from Arajuno described this tension:

The state here in Ecuador, the state is the entity that lives through the oil companies, selling oil, [also relying on] mining. So, the state in the law says that three meters beneath the land, the owner is the state. Therefore, it means that the oil belongs to the state. Nevertheless, we have to understand that we live three meters above [the ground], don't we? We are a people who have been working for millennia, we have been fighting, we have lived here, we are the owners of our territory. Although our grandparents have died, we continue generation after generation doing, living, and also fighting for our territory. [...] There is a constant threat here that the oil company is going to prepare this place to enter. [...] So, we are in this struggle. And we are always going to be in this constant struggle, even if the oil company comes [and starts its operation], we are here, fighting for our territory [*en pie de lucha*] (Community leader, March 24, 2022).

To keep the resistance up and change the course of the present towards a more desirable future, Indigenous organizations, however, need money. I want to focus here on the material claim that is often dismissed by analysis of future-making and planning. Something that is utterly important to all the organizations I talked to, was "realizing projects". This 'realization' has to be understood holistically: realizing their way of doing things, realizing their future visions, realizing resistance, realizing territorial

---

<sup>12</sup> Both of these examples are controversial among the communities. On the one hand, hunting is an intrinsic part of their way of living, this prohibition is taken as an affront to their culture. On the other hand, Socio Bosque is seen as an intervention and possible seizure of the state into Indigenous territories. Furthermore, one contact reported that sometimes the program pays them months later – without any notice or compensation. Another informant claimed: "Precisely the Socio Bosque is for conservation but they have authorized an oil company in the past to enter an [area of the] Socio Bosque. That happened!".

defense, realizing counter-violent practices (see for the latter also Nixon, 2011). Even though some of these imagined projects people wish for respond to the capitalist system, the material dimension and needs of people on-site cannot be just dismissed – this would be romanticizing and paternalistic. As the leader of the community organization in Arajuno states: “Today, in order to live, people need money”.

Of course, it is important to be critical and see the implications and orientations that these decisions and developments would involve, however, my point here is to underline the importance to respect the right to Indigenous self-determination. Leonie Sandercook (2004, p.120) describes a similar experience of her colleague who did research on more inclusive planning in Australia:

For Aboriginal people, the issue was not about participation or inclusion, it was about rights and the material benefits that would flow to Indigenous nations when those rights are recognized. Inclusive planning practices cannot ‘shift the effects of (post)colonial structures and relations of power on Indigenous nations without a fundamental recognition of rights’. [...] Resistance to this internal colonization manifests itself in sovereignty claims that seek to reconfigure the terms of Indigenous-state relations.

For this reason, talking about the future, or rather how to get to a desirable future was difficult in Arajuno: For many people the lack of funding or bad administration of funds is too real to imagine the overcoming of the violent structures of the present. Their reality is marked by this lack of economic resources: on the one hand, the chronic underfunding of the municipality<sup>13</sup> and, on the other hand, the lack of funding for Indigenous organizations – not even mentioning the prevailing socio-economic precariousness (ca. 95% of the population is considered “poor” according to the Territorial Development Plan of Arajuno, 2020). For any of these scales – individual, community or municipal – money and access to funding is key to induce change. This was one of the repeatedly mentioned obstacles identified by workshop participants. There were also other obstacles mentioned, which go, however, beyond the scope of this article to discuss.<sup>14</sup>

For now, all the Indigenous grassroots organizations I have talked to do not administer any funding, even though they technically have the legal status to do so. The reasons for them not receiving funding are manifold according to my workshop participants: they lack structure, experience, and knowledge in managing larger sums of money. That is why the funds are rather channeled through the provincial or municipal governments or NGOs and foundations. As one participant remembers

I think there was once an NGO that wanted to support the association in something. But the association had nothing ready, they had ideas but no structure, no plan, no structured project. [...] And I think that this is also a failure of the associations, not having an elaborated project. Because sometimes if the organizations arrive, they ask ‘how can we help?’. However, the association doesn't have anything ready, it only has ideas, but it doesn't have a plan. [makes gesture to take something out of a drawer] ‘Here I have my projects; how can you help? [...] We

---

<sup>13</sup> The architect of the municipality told me that the municipality receives its budget according to the number of inhabitants, which is just above eight thousand. After covering running costs, not much is left to really make a difference, which is quite frustrating for them as planners. For this reason, the mayor has visited COP26 in order to reach out to international NGOs and development agencies to complement and amplify the municipality’s budget (see also Schwab, 2023, in press). Arajuno is surface-wise the biggest canton of the country, located in the middle of the Amazon rainforest. Therefore, the architect also suggested that it would make sense to allocate more budget for conservation projects or projects that foster non-extractive business idea such as tourism – especially thinking about the long-term future of the canton, beyond oil extraction.

<sup>14</sup> These internal obstacles, such as alcoholism or polarization for political reasons, correspond to what some participants referred to as ‘the struggle within’ (*la lucha hacia adentro*), in contrast to the more known and vocal fight against extractivism and the defense of the territory (*la lucha hacia afuera*).

are not ready or prepared on the part of the association.

If for all these reasons, funding agencies are not willing to give money to Indigenous organizations, this leads in the end to a circular reasoning, a logical fallacy. If there is no structure to administer, no funds will be received. If no funds are received, there is no possibility to build up such a structure. I argue even further, and claim that this is another example of epistemic violence, as the community organizations are not recognized as even players and capable, maybe with some additional support, to receive their own funding. Analyzing this situation herself, the leader of ACIA-AKTA in Arajuno said:

We need a person here to write down all the projects to present. That is a little bit what is needed here. We know that in the COP26 there are these Green Funds but nevertheless we have not been able to access this because we are not able to do these projects. But nevertheless, we are here fighting, seeing how we can be beneficiaries of all this (Community leader, March 24, 2022).

She goes on addressing the goal of the organization to conserve the forest, but also provide an economic income to families: “If we conserve the forest we also have to look out for the economy of the families. Sometimes we contradict ourselves: we want to conserve but how does the family sustain itself, right?”. This is when the community organization decided some months later to put together a *plan de vida* to address both conservation and economic opportunities, but also their territorial defense: “*plan de vida* is a form of defense against extractivism” (personal communication, November 17, 2022). The idea is that if there is an economic alternative, people will be less convinced by the oil company’s promises. This was also one of the main results of my workshops – and turned out to be a self-fulfilling prophecy.

When asking the participants about the main benefits of an oil company coming into their territory, the reasons were solely of economic nature. Taking into account, however, the negative consequences on an environmental, social and cultural level, many participants understood that it is key to think about economic alternatives in order to avoid the entrance of an oil company in their territory. The leader of the community organization underlined that in contrast to the imposed vision of the CTEA, “a *plan de vida* has to be based on the reality of the community. It has to be born out of the people, out of the community. I have to feel that it is born from our needs” (personal communication, November 17, 2022).

Additionally, the increasing politicization due to a lack of employment opportunities and the consequent polarization of the population in Arajuno are an additional reason for the Indigenous community organization to elaborate their own *plan de vida*. In an early (unpublished) draft of the plan it reads:

Poverty, unsatisfied basic needs, put pressure on the social fabric and weaken the traditional ties of governance and governability. Even more so when the main source of employment to obtain money is public employment [...]. That is why having political influence and participating in the local government becomes more important than volunteering in the Kichwa social organization. [...] That is why it should be the other way around: the focus [of us] as a people should guide the actions of the GAD, the national government and private companies that potentially have an interest in operating in the territory. This development of governance denominated with cultural pertinence [...] is what is required to recover authority and to direct all the expenses, investments, technical assistance, infrastructure, that will be implemented (ACIA-AKAT, 2022).

To conclude, planning – as portrayed in the idea of the community leader of ACIA-AKAT – can take the form of decolonization. While the organization plays along the epistemologically hegemonic regulations of the CTEA in order to elaborate their *plan de vida* and have it formally and legally recognized, the content and aim of the plan would be rather subversive. It was meant to be a manifesto against the central state’s extractivist logic, the municipality’s undermining of Indigenous self-organization, and private oil companies taking advantage of the vulnerable situation of the local communities<sup>15</sup>. With the recent developments in 2023 and ACIA-AKAT’s election for a pro-oil leader, however, these planning efforts might reach deadlock.

In sum, the material dimension motivates but also undermines decolonial planning efforts. Therefore, the relation between the economic situation, decision-making and planning processes, and the continuum of violence is key to analyze to understand the struggle for Indigenous self-determination and deserves more attention in academia.

## CONCLUSION

In 2022, Coordination of the Indigenous Organizations of the Amazon Basin (COICA) has launched a campaign titled “Without the Amazon, there is no possible future” (*Sin la Amazonía, no hay futuro posible*). This article discussed the *conditions of such possibility* by merging futures studies with an analysis of power. This provided a fruitful tool to unveil the obstacles in the present, holding back alternative futures for the Amazon and beyond. At the same time, it pointed to the open, however colonized, characteristics of the future. I have introduced the concept of temporal violence to highlight, on the one hand, the seemingly deterministic linear pathway the future might take if power relations remain inert and the continuum of violence is replicated. On the other hand, I argue this violent orientation of the future is never absolute, and possibly temporary. It always leaves a space for agency and resistance towards the status quo. This productive-destructive tension is best witnessed in planning of the rentier state vs. planning of grassroots Indigenous organizations. While the former tries to secure the extractivist development model for the future by means of internal colonization, the latter uses resistance as a planning instrument to claim its right to self-determination. In this regard, the material dimension of future-making and planning is key to understand the power patterns at play preventing such decolonial endeavors. The Ecuadorian state is threatened by Indigenous self-governance and the realization of plurinational state; but also by the global energy transition and declining demand for fossil fuels. In the face of climate change and an increasing flow of (international) funds to the Amazon, there is a chance for Indigenous organizations as ‘guardians of the planet’ to step up and start to administer their own funds.

## REFERENCES

Abram, S. & Weszkalnys, G. (2011) Introduction - Anthropologies of Planning: Temporality, Imagination and Ethnography. *Focaal Journal of Global and Historical Anthropology*, 61, pp. 3–18.

---

<sup>15</sup> So far, the plan has not been written yet, as there is a lack of funding for its elaboration. The community organization in Arajuno as it is not a second or third level organizations (e.g. FCUNAE, CONFENAIE) needs to acquire funding themselves to hire professionals, and for mobilization within the territory during the consultation of its member communities.

- Abram, S. (2014) The time it takes: temporalities of planning. *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, pp. 129–147.
- Ahmann, C. (2018) It's exhausting to create an event out of nothing: Slow Violence and the Manipulation of Time. *Cultural Anthropology*, 33(1), pp.142–171.
- Alarcón, P. (2020) Latin American Environmental Thinking Revisited: The Polyphony of Buen Vivir. *Diálogos: Revista Electrónica de Historia*, 21(2), pp. 215–236.
- Altmann, P. (2012) Interculturalidad y plurinacionalidad como conceptos decoloniales - Colonialidad y discurso del movimiento indígena en el Ecuador. In H. Cairo Carou, A. Cabezas González, T. Mallo Gutiérrez, E. Del Campo García & J. Carpio Martín (Eds.), *Actas Congreso Internacional América Latina: La Autonomía de una región* (pp. 131–138) HAL.
- Altmann, P. (2018) Tierra o territorio: La constitución de un actor político por el movimiento indígena. J. M. Waldmüller & P. Altmann (Eds.), *Territorialidades otras: Visiones alternativas de la tierra y del territorio desde el Ecuador* (pp. 213–239) Quito: Universidad Andina Simón Bolívar/Ediciones La Tierra.
- Andy Alvarado, P., Calapucha Andy, C., Calapucha Cerda, L., López Shiguango, H., Shiguango Calapucha, K., Tanguila Andy, A., Tanguila Andy, D. & Yasacama Aranda, C. (2012) *Sabiduría de la Cultura Kichwa de la Amazonía Ecuatoriana*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Appadurai, A. (2013) *The future as Cultural Fact*. London/New York, UK/USA: Verso.
- Bear, L. (2016) Time as Technique. *Annual Review of Anthropology*, 45(1), pp. 487–502.
- Bourdieu, P. (1977) *Outline of a Theory of Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bourdieu, P. (1979) Symbolic Power. *Critique of Anthropology*, 4(13-14), 77–85.
- Bourdieu, P. (2002) *Language and Symbolic Power*. Cambridge: Harvard University Press. (Original work published 1991)
- Bourdieu, P. & Passeron, J. (2002) *La reproducción: Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. Madrid, Spain: Editorial Popular.
- Brownill, S. (2017) Assembling neighborhoods: topologies of power and reshaping of planning. In S. Brownill & Q. Bradley (eds.), *Localism and Neighborhood Planning: Power to the people?*, (pp. 145-163) Bristol: Policy Press.
- Brunner, C. (2020) *Epistemische Gewalt. Wissen und Herrschaft in der kolonialen Moderne*. Bielefeld, Germany: transcript
- Bryant, R. & Knight, D. M. (2019) *The Anthropology of the Future*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bulkeley, H. (2005) Reconfiguring environmental governance: Towards a politics of scales and networks. *Political Geography*, 24, pp. 875–902.
- Carmichael, S. (1968) Black Power. In D. Cooper (ed.), *The Dialectics of Liberation*. London: Penguin.
- Civila, S., Romero-Rodríguez, L. M. & Aguaded, I. (2021) Symbolic-discursive violence and new media: An epistemological perspective. *Catalan Journal of Communication & Cultural Studies*, 13(1), pp. 43–61.
- Collins, S. G. (2008) *All Tomorrow's Cultures: Anthropological Engagements with the Future*. New York: Berghahn Books.
- Collins, S. G. (2020) Review: The Anthropology of the Future by Rebecca Bryant and Daniel M. Knight. *Anthropological Quarterly*, 93(2), pp. 231-236.
- Crenshaw, K.W. (1989) Demarginalizing the Intersection of Race and Sex: A Black Feminist Critique of Antidiscrimination Doctrine, Feminist Theory and Antiracist Politics. *University of Chicago Legal Forum* 1 (8), pp. 139-167.
- Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F. (2021) The 'Anthropocene'. In S. Benner, G. Lax, P. J. Crutzen, U. Pöschl, J. Lelieveld, H. G. Brauch (eds.), *Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History* (pp. 19–21) Cham: Springer. (Original work published 2000)
- Curley, A. (2021) Resources is just another word for colonialism. In M. Himley, E. Havice, G. Valdivia (Eds.), *The Routledge Handbook of Critical Resource Geography* (1), pp. 79–91. New York: Routledge.
- Datta, A. (2017) *On Uncertain Ground: Displaced Kashmiri Pandits in Jammu and Kashmir*. New Delhi, India: Oxford University Press.
- Davies, T. (2022) Slow violence and toxic geographies: 'Out of sight' to whom? *EPC: Politics and Space*, 40(2), pp. 409–427.
- Deleuze, G. (1994) *Difference and Repetition*. New York: Columbia University Press.



- El Universo (2022, May 24) *Informe a la nación del presidente, Guillermo Lasso* [Video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=GkNcQCztU1U>
- Fabian, J. (2014) *Time and the Other: How Anthropology Makes Its Object*. New York: Columbia University Press.
- Foucault, M. (1978) Governmentality. (Lecture at the Collège de France, Feb. 1, 1978)  
 In G. Burchell, C. Gordon & P. Miller (eds.), *The Foucault Effect: Studies in Governmentality*. Hemel Hempstead: Harvester
- Foucault, M. (1982) The Subject and Power. *Critical Inquiry*, 8(4), pp. 777–795.
- Foucault, M. (ed) (1984) *The Foucault reader*. New York, USA: Pantheon Books.
- Foucault, M. (1990) *The History of Sexuality: An Introduction*. London: Penguin Books. (Original work published 1973)
- Galtung, J. (1969) Violence, peace, and peace research. *Journal of Peace Research*, 6(3), pp. 167–191.
- Galtung, J. (1985) Twenty-Five Years of Peace Research: Ten Challenges and Some Responses. *Journal of Peace Research*, 22(2), pp. 141–158.
- Galtung, J. (1990) Cultural violence. *Journal of Peace Research*, 27(3), pp. 291–305.
- Galván-Álvarez, E. (2010) Epistemic Violence and Retaliation: The Issue of Knowledge in Mother India. *Atlantis*, 32(2), pp. 11–26.
- González Casanova, P. (1969) *Sociología de la explotación*. CLACSO.
- Grefa Andi, F. R. (2014) *Maccuruchu: Acercamiento al conocimiento indígena y la planificación en la Amazonía norte del Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- Gudynas, E. (2012) Estado compensador y nuevos extractivismos: Las ambivalencias del progresismo sudamericano. *Nueva Sociedad*, 237, pp. 128-146.
- Guyer, J. I. (2007) Prophecy and the near future: Thoughts on macroeconomic, evangelical, and punctuated time. *American Ethnologist*, 34(3), pp. 409–421.
- Haraway, D. n et al. (2016) Anthropologists Are Talking – About the Anthropocene. *Ethnos*, 81(3), pp. 535–564.
- Hibbard, M. (2022) Indigenous Planning: From Forced Assimilation to Self-determination. *Journal of Planning Literature*, 37(1), pp. 17–27.
- Hicks, D. A. & Mallet, S. (2019) Temporal violence. In D. A. Hicks & S. Mallet (eds.), *Lande: The Calais 'Jungle' and Beyond* (pp. 47–66) Bristol University Press.
- Jojola, T.S. (2008) Indigenous Planning-An Emerging Context. *Canadian Journal of Urban Research*, 17, pp. 37-47.
- Jojola, T. & Shirley, M. (2017) Indigenous Planning. In Kenny, S., McGrath, B., Phillips, R. (eds.), *The Routledge Handbook of Community Development: Perspectives from Around the Globe*, pp. 324–339. New York, USA: Routledge
- Jolly, D. & Thompson-Fawcett, M. (2021) Enhancing Indigenous impact assessment: Lessons from Indigenous planning theory. *Environmental Impact Assessment Review*, 87 (106541), pp. 1-9.
- Jones, T., Cox, S. & Cozens, P. (2016) Unsettling planning in Perth: Indigenous planning in a boom. In S. Biermann, D., Olaru & V. Paul (eds.), *Planning Boomtown and Beyond*. Perth, WA.: UWA Publishing
- Karl, T. L. (1997) *The paradox of plenty: Oil booms and petro-states*. Berkeley: University of California Press.
- Koch, N., & Perreault, T. (2019) Resource nationalism. *Progress in Human Geography*, 43(4), 611–631.
- Koselleck, R. (2004) *Futures Past: On the Semantics of Historical Time*. New York: Columbia University Press.
- Lalander, R. & Lembke, M. (2018) Territorialidad, indigeneidad y diálogo intercultural en Ecuador: Dilemas y desafíos en el proyecto del Estado plurinacional. In J. M. Waldmüller & P. Altmann (Eds.), *Territorialidades otras: Visiones alternativas de la tierra y del territorio desde el Ecuador*, pp. 213–239. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar: Ediciones La Tierra.
- Lane, M. B. & Hibbard, M. (2005) Doing It for Themselves. Transformative Planning by Indigenous Peoples. *Journal of Planning Education and Research*, 25(2), pp. 172–184.
- Lu, F., Valdivia, G. & Silva, N. L. (2017) *Oil, Revolution, and Indigenous Citizenship in Ecuadorian Amazonia*. New York: Palgrave MacMillan.
- Lyll, A. (2021) Resistance in retrospect: The multi-temporality of extractivism in the Amazon. *Íconos Revista de Ciencias Sociales*, 69, pp. 17–34.

- Maldonado-Torres, N. (2007) On the Coloniality of Being: Contributions to the development of a concept. *Cultural Studies*, 21(2), pp. 240–270.
- Matunga, H.P. (2013) Theorizing Indigenous planning. In Matunga, H. P., Walker, R., Jojola, T., et al. (eds.), *Reclaiming indigenous planning*, pp. 3-32. Montreal, Canada: McGill-Queen's University Press.
- Mauch, C. (2019) Slow Hope: Rethinking Ecologies of Crisis and Fear. *RCC Perspectives: Transformations in Environment and Society*, 1, pp. 3–43.
- Munn, N. (1983) Gawan Kula: Spatiotemporal control and the symbolism of influence. In Leach, J. W., Leach, E. (eds.), *The Kula: New perspectives on Massim exchange*, pp. 277–308, Cambridge: Cambridge University Press.
- Munn, N. (1992) The cultural anthropology of time: a critical essay. *Annual Review of Anthropology*, 21, pp. 93–123.
- Nixon, R. (2011) *Slow violence and the environmentalism of the poor*. Cambridge: Harvard University Press.
- O'Brien, S. (2016) We thought the world was makeable: Scenario planning and postcolonial fiction. *Globalizations*, 13(3), pp. 329-344.
- Ossewaarde, M. (2017) Unmasking scenario planning: The colonization of the future in the 'Local Governments of the Future' program. *Futures*, (93), pp. 80-88.
- Österlin, C. & Raitio, K. (2020) Fragmented Landscapes and Planscapes—The Double Pressure of Increasing Natural Resource Exploitation on Indigenous Sámi Lands in Northern Sweden. *Resources*, 9(104), pp. 1-27.
- Parsons, K. A. (2007) Structural Violence and Power. *Peace Review*, 19(2), pp. 173–181.
- Peters, S. (2019) *Rentengesellschaften: Der lateinamerikanische (Neo-)Extraktivismus im transregionalen Vergleich*. Studien zu Lateinamerika: Band 34. Nomos.
- Piot, C. (2010) *Nostalgia for the Future: West Africa after the Cold War*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Pipyrrou, S. and Sorge, A. (2021) Emergent Axioms of Violence: Toward an Anthropology of Post-Liberal Modernity. *Anthropological Forum*, 31(3), pp. 225–240.
- Porter, L. (2017) What is the Work of Non-Indigenous People in the Service of a Decolonizing Agenda? *Planning Theory & Practice*, 18(4), pp. 650-653.
- Porter, L., Matunga, H., Viswanathan, L., et al. (2017) Indigenous Planning: from Principles to Practice/A Revolutionary Pedagogy of/for Indigenous Planning/Settler-Indigenous Relationships as Liminal Spaces in Planning Education and Practice/Indigenist Planning/What is the Work of Non-Indigenous People in the Service of a Decolonizing Agenda?/Supporting Indigenous Planning in the City/Film as a Catalyst for Indigenous Community Development/Being Ourselves and Seeing Ourselves in the City: Enabling the Conceptual Space for Indigenous Urban Planning/Universities Can Empower the Next Generation of Architects, Planners, and Landscape Architects in Indigenous Design and Planning. *Planning Theory & Practice*, 18(4), pp. 639–666.
- Povinelli, E. (2012) The Will to be Otherwise/The Effort of Endurance. *South Atlantic Quarterly*, 111(3), pp. 453–475.
- Prusak, S. Y., Walker, R. & Innes, R. (2016) Toward Indigenous Planning? First Nation Community Planning in Saskatchewan, Canada. *Journal of Planning Education and Research*, 36(4), pp. 440–450.
- Quijano, A. (2000) Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. In E. Lander (Ed.), *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas*, pp. 201–246. CLACSO.
- Riner, R. D. (1987) Doing future research – anthropologically. *Futures*, pp. 311-328.
- Rojas Sasse, E. (2022, January 31) Derrames de petróleo en Ecuador: un mal crónico. DW. <https://www.dw.com/es/derrames-de-petr%C3%B3leo-en-ecuador-un-mal-cr%C3%B3nico/g-60615653>
- Rosenberg, D. (ed.) (2005) *Histories of the future*. Durham: Duke University Press.
- Sahlins, M. (1987) *Islands of History*. Chicago: University of Chicago Press.
- Sánchez, F. & Polga-Hecimovich, J. (2019) The Tools of Institutional Change under Post-Neoliberalism: Rafael Correa's Ecuador, *Journal of Latin American Studies*, 51, pp. 379-408.
- Sandercook, L. (2004) Commentary: indigenous planning and the burden of colonialism. *Planning Theory & Practice*, 5(1), pp. 118-124.

- Schavelzon, S. (2015) *Plurinacionalidad y vivir bien/ buen vivir: Dos conceptos leídos desde Bolivia y Ecuador post-constituyentes*. Abya Yala.
- Scheper-Hughes, N. & Bourgeois, P. (2004) Introduction: Making Sense of Violence. In N. Scheper-Hughes & P. Bourgeois (Eds.), *Violence in war and peace*, pp. 1–32, Blackwell.
- Schwab, J. (2023) *La lucha continua*. A Presentist Lens on Social Protest in Ecuador. *Social Inclusion*, 11(2), pp. 198-211.
- Schwab, J. & Combariza, N. (in press) La planificación en tiempos de crisis climática: consolidación del modelo de desarrollo extractivista en la Amazonía Ecuatoriana. *CALAS*.
- Silveira, M., Moreano, M., Romero, N., Murillo, D., Ruales, G. & Torres, N. (2017) Geografías de sacrificio y geografías de esperanza: tensiones territoriales en el Ecuador plurinacional. *Journal of Latin American Geography*, 16(1), pp. 69–92.
- Ssorin-Chaikov, N. (2017) *Two Lenins: A Brief Anthropology of Time*. Chicago, USA: Hau Books.
- Textor, R. (2005) *The World Ahead: An Anthropologist Anticipates the Future/Margaret Mead*. New York: Berghahn Books.
- Tsing, A. (2005) *Friction: An Ethnography of Global Connection*. Princeton/Oxford: Princeton University Press.
- Valentine, D. (2012) Exit strategy: Profit, cosmology, and the future of humans in space. *Anthropological Quarterly*, 85(4), pp. 1045–67.
- Van Asselt, M., Faas, N., Van der Molen, F. & Veenman, S. (2010) *Exploring Futures For Policymaking: Synthesis of 'Out of sight: Exploring futures for policymaking'*. WRR/Scientific Council for Government Policy.
- Walker, R. (2017) Supporting Indigenous Planning in the City. *Planning Theory & Practice*, 18(4), pp. 653-655.
- Walker, R., Jojola, T. E. D., Natcher, D. (2013) *Reclaiming indigenous planning*. Montreal: McGill-Queen's University Press.
- Weigert, K. M. (2008) Structural Violence. In G. Fink (ed.) *Stress of War, Conflict and Disaster* (pp. 126-137) Oxford/San Diego: Academic Press Elsevier.
- Whitten, N. E. & Whitten, D. (2011) *Histories of the present: people and power in Ecuador*. Illinois Press.
- Yinon, D. (2016) Change's Order: On Deleuze's Notion of Time. In Dolev, Y. & Roubach, M. (eds.), *Cosmological and Psychological Time* (pp. 203–218.) Cham: Springer International Publishing.


## ARTÍCULO

# Una mirada post pandemia del turismo comunitario y conocimientos ancestrales en el cantón Arajuno

## A post-pandemic look at community-based tourism and knowledge ancestral in the Arajuno canton

Sánchez-Piedra, Daniela Bárbara; Pachacama-Calvopiña, Lenin Alexander



 **Daniela Bárbara Sánchez Piedra**  
barbarasanchez593@gmail.com  
Swissport EMSA. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Lenin Alexander Pachacama Calvopiña**  
lenin93alexander@gmail.com  
Investigador Independiente. Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
ISSN: 1390-7042  
ISSN-e: 2602-8484  
Periodicidad: Semestral  
vol. 16, núm. 2, 2023  
[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 25 mayo 2023  
Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4840>

Autor de correspondencia: [barbarasanchez593@gmail.com](mailto:barbarasanchez593@gmail.com)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Sánchez-Piedra, D. B., & Pachacama-Calvopiña, L. A. (2023). Una mirada post pandemia del turismo comunitario y conocimientos ancestrales en el cantón Arajuno. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 130-142. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4840>

**Resumen:** En Ecuador, el sector turístico y todo lo que este engloba, fue uno de los más afectados por la Covid-19. Por ello, el objetivo del trabajo fue analizar la percepción de la población sobre los cambios provocados por esta pandemia, en el turismo comunitario y conocimientos ancestrales, en el cantón Arajuno. Utilizando el método cualitativo bajo un enfoque de género, se recopiló información, a través de entrevistas y observación participativa, el análisis e interpretación de datos se los llevó a cabo mediante un análisis de discurso con la ayuda del software *ATLAS ti*. Los resultados muestran que las mujeres tomaron iniciativa para desarrollar y consolidar el turismo comunitario y sus conocimientos ancestrales. Este es un claro ejemplo de actividades que muestran interés por generar equidad y bienestar social, económico y ambiental de su comunidad colectiva.

**Palabras clave:** turismo comunitario; amazonía ecuatoriana; covid-19; adaptabilidad.

**Abstract:** In Ecuador, the tourism sector and everything that it encompasses is one of the most affected by the Covid-19. Therefore, the objective of the work was to analyze the perception of the population about the changes caused by the pandemic, in community tourism and ancestral knowledge, in the Arajuno canton. By using qualitative methods with a gender lens, information was collected through interviews and participatory observation, the analysis and interpretation of data was carried out through discourse analysis with the help of the *ATLAS ti* software. The results show that women took initiative to develop and consolidate community tourism and their ancestral knowledge. This is a clear example of activities that shows interest to generate equity as well as social, economic and environmental well-being of their collective community.

**Keywords:** community-based tourism; ecuadorian amazon; covid-19; adaptability.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la emergencia sanitaria por el covid-19, el sector turístico presentó gravísimas dificultades afectando a destinos, organizaciones y comunidades locales, según datos de la Organización Mundial del Turismo (OMT), el año 2020 fue el peor para el turismo mundial, registrando una caída de al menos un 74% de las llegadas internacionales (Organización Mundial del Turismo, 2021; Campos *et al.*, 2021). Mientras que de manera específica en el Ecuador el turismo pasó de ser la tercera fuente de ingresos no petroleros a la sexta posición, debido a una evidente caída del 70,2% en la llegada de extranjeros con respecto al año 2019 (Ministerio de Turismo, 2021).

Cox (2020) menciona que el turismo después de las diferentes crisis que se han presentado en los últimos 20 años como: el atentado a las torres gemelas en el 2001, la crisis sanitaria del SARS en el 2003, la crisis económica global en el 2009, y la más reciente el covid-19 en el 2020, siempre evidencia un crecimiento, aunque sea mínimo (De Araujo *et al.*, 2021). Convirtiéndola en una actividad altamente vulnerable, pese a todo esto el turismo genera un proceso que lo vuelve resistente para adaptarse y recuperarse (Novelli *et al.*, 2018, citados por Sigala, 2020).

Es así que se puede contemplar al turismo como adaptativo-resiliente, con lo cual varios países ven al turismo como una alternativa para lograr superar la actual crisis económica ocasionada por la pandemia (De Araujo *et al.*, 2021). Dentro de este contexto se encuentra el turismo comunitario (TC), el cual “se encuentra fundamentado en la comunidad local, la cual procura reducir el impacto negativo y fortalecer los impactos positivos del turismo” (Casas *et al.*, 2012, citados por Pachacama Calvopiña, 2021, p.3), es así que Cox (2020) expone que:

Existen varios elementos que definen el TC, mismos que son necesarios clarificar, a fin de garantizar un modelo de desarrollo sostenible. Por ejemplo, considera la identidad cultural como la base del TC y el actual concepto de desarrollo de TC gira en torno a crear un desarrollo con identidad, donde se debe entender como cultura la relación intrínseca con la naturaleza y la madre tierra que lo articula todo (De Araujo *et al.*, 2021, p.46).

La identificación de los cambios producidos por la pandemia resulta primordial con el fin de adaptar la oferta y realizar una promoción bajo nuevos parámetros ajustados a las necesidades actuales (Rondón *et al.*, 2020). La OMT considera prioritario la generación de adaptabilidad y resiliencia, en las diferentes comunidades de las zonas rurales que apuestan por el turismo ya que:

eso significa mejor protección social y reparto de los beneficios entre las comunidades, así como diversificación económica y ampliación de los productos y mercados turísticos a través de experiencias con valor añadido. Para conseguirlo, los planes de recuperación del turismo en las comunidades rurales deberían tener como puntos centrales la inversión, el desarrollo de capacidades, el acceso a la financiación, el desarrollo de infraestructuras, la transformación digital, el desarrollo sostenible, la evaluación de impactos, la mejora de la gobernanza y el empoderamiento de las mujeres (OMT, 2020, p.8).

De acuerdo a Grande (2020), Zhu y Deng (2020), debido a la situación actual en la que se encuentra el mundo, el TC cuenta con los elementos para establecerse como la principal alternativa para los viajeros ya que este se caracteriza por desarrollarse en espacios abiertos, no generar aglomeraciones, además incentiva a conocer los sitios turísticos de su propio país contribuyendo al desarrollo social y económico (Saavedra *et al.*, 2021). Adicional Peña (2020), menciona que este tipo de turismo permite la conservación de la imagen territorial, la identidad cultural, los espacios naturales y su diversidad siempre y cuando se lo realice de una manera correcta y adecuada, siendo este el mayor reto (López *et al.*, 2022).

El género, muchas veces se ha entendido de manera errónea como un sinónimo de lo femenino, cuando en realidad se refiere a los comportamientos, las expectativas y las normas que enfrentan hombres y mujeres en sus relaciones mutuas (Fainstein & Servon 2005, citados por Cáceres *et al.*, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), define al enfoque de género como:

Las diferentes oportunidades que tienen los hombres y las mujeres, las interrelaciones existentes entre ellos y los distintos papeles que socialmente se les asignan. Todas estas cuestiones influyen en el logro de las metas, las políticas y los planes de los organismos nacionales e internacionales y, por lo tanto, repercuten en el proceso de desarrollo de la sociedad (FAO, 2019, párr.1).

Es necesario mencionar que, tras el primer informe mundial de las mujeres en el turismo, realizado por la OMT y Organización de las Naciones Unidas-Mujeres (ONU-Mujeres) y presentado en el año 2010, el desarrollo del turismo con enfoque de género cobró relevancia (Moreno *et al.*, 2021). Como idea central del turismo bajo el enfoque de género, se aborda lo expuesto por Moreno (2018, p. 106) “el turismo se construye sobre las relaciones de género”, en donde Swain (2007, p. 208), explica lo antes mencionado como:

El turismo es una actividad humana que refleja ideas sobre las relaciones e identidades de género. La relación entre las normas locales y las normas mundiales proporciona un material constante para este análisis. Es significativo para mí que la práctica turística tiene el potencial de promover la jerarquía de género o la equidad de todas las culturas” (Moreno, 2018, p.105).

Bajo el mismo enfoque de género específicamente en la actividad turística comunitaria, se presentan varios grupos sociales de los cuales unos son más vulnerables que otros, los cuales tradicionalmente son mujeres y niños presentando estos una situación de desigualdad con respecto a los hombres, además en esta actividad la mayor parte de personas que se desempeñan son mujeres (Quiñonez *et al.*, 2021).

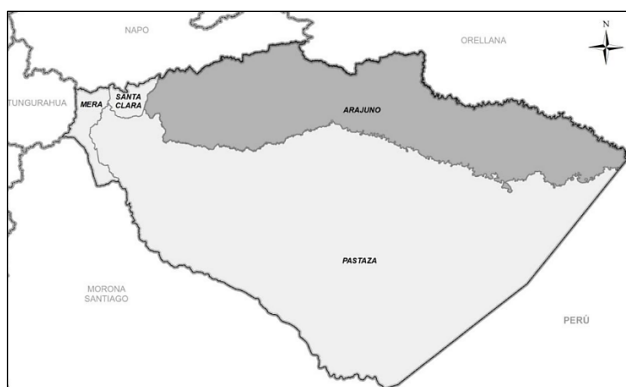
Tras lo antes expuesto se pone en evidencia la importancia de “contar con un enfoque de género en los estudios que se realizan alrededor del turismo comunitario, esto debido a que, si bien gran parte de las personas que trabajan en esta actividad son mujeres y su rol en muchos de los casos

es invisibilizando” (López *et al.*, 2022, p.46). Sin embargo Ferguson (2010a, 2010b), señala que el dato antes descrito no debería ser la causa principal para estudiarlo desde un enfoque de género, sin no más bien de manera conjunta, con su forma de producción y consumo, ya que desde un punto de vista de género ambas acciones no resultan indiferentes (Moreno *et al.*, 2021), de igual manera se menciona otra causa que resulta tan o aún más importante, es la escasa investigación del turismo comunitario con enfoque de género (Tárraga & Morales, 2021).

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

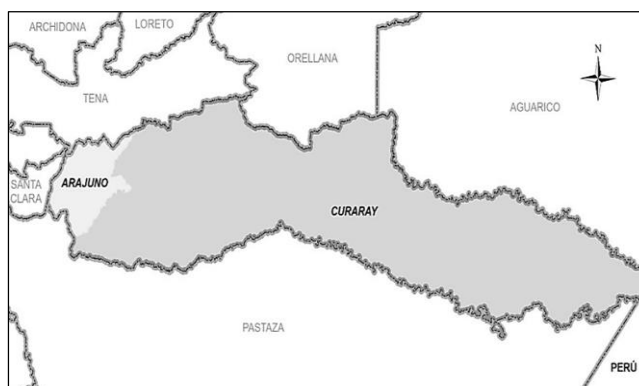
El Cantón Arajuno se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Pastaza, en la región amazónica ecuatoriana, representa el 29.9% del territorio de dicha provincia, aproximadamente 8.9 mil km<sup>2</sup> (Figura 1). Se encuentra conformado por la parroquia urbana Arajuno y la rural Curaray (Figura 2). Este cantón además cuenta con una zona de bosque tropical dentro del Parque Nacional Yasuní (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza – GADPPz, 2019; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca –MAGAP, 2015).



**FIGURA 1**

Cantones de la provincia de Pastaza

Fuente: TRACASA-NIPSA, 2015; MAGAP, 2015



**FIGURA 2**

División Política Administrativa

Fuente: TRACASA-NIPSA, 2015; MAGAP, 2015

El cantón cuenta con una población de 6.491 habitantes, mayoritariamente es indígena de nacionalidad Kichwa, Shuar y Waorani, los cuales se encuentran organizados en las Asociaciones de Centros Indígenas de Arajuno y la Asociación de Centros Indígenas de Curaray, además de un número mínimo de colonos. Sus principales actividades económicas son turismo, agricultura, comercio y ganadería, posee una exuberante vegetación propia del bosque húmedo tropical, una gran variedad de atractivos turísticos naturales y culturales (GADPPz, 2019; MAGAP, 2015).

## Tipo de investigación

### Exploratoria

A fin de abordar, analizar, y establecer, acerca de los cambios que produce la pandemia de covid-19 y todo lo que esto conlleva en turismo comunitario y conocimientos ancestrales, logrando contextualizar y entender mejor el tema. Además, como dato a recalcar el precedente inmediato de este trabajo lo constituye la investigación del trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Licenciado en Turismo Ecológico, Cambio climático, conocimientos ancestrales y turismo comunitario en el cantón Arajuno (Reascos & Sánchez, 2019).

## Método

### Cualitativo

Como señala Baylina (1997) citada por Tárraga & Morales (2021), el método cualitativo se ha vinculado directamente con los estudios que incorporan el enfoque de género. El cual permitió conocer, discernir, y exponer la percepción de la población sobre si se suscitaron cambios en las actividades turísticas comunitarias, y conocimientos ancestrales posterior a la pandemia de covid-19.

## Técnicas de investigación

**TABLA 1**  
Técnicas de investigación

<i>Revisión bibliográfica</i>	Como etapa inicial se realizó un levantamiento de información bibliográfica tanto en español e inglés, mediante la revisión de repositorios digitales de universidades, bases index entre las cuales están: Public Knowledge Project, Open Journal Systems, Science Direct Sumarios.org, Latindex, Dialnet, SciELO, de libros, capítulos de libros, y artículos científicos. Todos estos orientados a los cambios producidos por la pandemia de covid-19, en turismo, turismo comunitario y enfoque de género. Además de informes de instituciones oficiales del estado ecuatoriano, de Organismos internacionales como: Ministerio de Turismo, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de Turismo
-------------------------------	--



*Observación participativa*

La observación participante permitió conocer de manera directa, la situación actual de hombres y mujeres, en la manera que desarrollan y se desenvuelven en las diferentes actividades de turismo comunitario, y el uso de sus conocimientos ancestrales, posterior a la pandemia de covid-19. Se llevó a cabo directamente en el cantón, mediante cinco salidas de campo entre los meses de mayo a noviembre del 2022. En la primera se llevó a cabo la socialización del tema de estudio, y su respectivo proceso de consentimiento, con los pobladores del cantón y la familia encargada de proporcionar el lugar de hospedaje durante todo el proceso de investigación. En las posteriores salidas se tuvo un acercamiento más directo, participando de manera activa tanto en actividades diarias, turísticas y culturales como fueron: la preparación de su gastronomía tradicional, la participación en una asamblea y guayusupina en el coliseo del cantón, la elaboración de la bebida anti covid-19, en la elaboración de artesanías, en la prestación de los servicios de alimentación, hospedaje y recreación. Con el fin de posibilitar la recolección de la información de una manera más adecuada, se utilizó como herramienta un diario de campo.

*Entrevistas*

Se realizaron 16 entrevistas a diferentes actores presentes en el área de investigación, los cuales fueron:

- Vicerrectora de la Unidad Intercultural Bilingüe Gabriel López.
- Presidenta de la comunidad CEPLOA.
- Representante de Jóvenes de la comunidad Alto Nusin.
- Rector de la Unidad Educativa Roger Makculli.
- Miembro de la comunidad Elena Andi.
- Presidente de la CONFENIAE.
- Presidente de la Red de Turismo Comunitario cantón Arajuno y representante de la comunidad Shuar Washints.
- Miembro de la comunidad Elena Andi.
- Presidenta de la comunidad Puka Rumi.
- Dirigenta de la Juventud de la Confeniae.
- Miembro de la comunidad Puka Rumi.
- Vicepresidente de la comunidad Shiwacucha.
- Miembro de la comunidad Puka Rumi.
- Miembro de la comunidad Elena Andi.
- Antiguo líder de la comunidad Puka Rumi.
- Representante de la comunidad Puka Rumi.

Permitiendo dar a conocer la percepción tanto de hombres como mujeres sobre la incidencia de la pandemia de covid-19 en el turismo comunitario y conocimientos ancestrales.

## **Análisis de datos**

Los datos obtenidos de las entrevistas realizadas a los diferentes actores del área de estudio, se analizaron e interpretaron, mediante el análisis de discurso con la ayuda del software ATLAS ti, con el fin de obtener una comprensión más adecuada y objetiva, en cuanto a su percepción sobre los efectos de la pandemia de covid-19 en el turismo comunitario y conocimientos ancestrales.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se detallan y presentan los datos recolectados en el trabajo de investigación, bajo la visión de enfoque de género, donde las entrevistas se llevaron a cabo de forma equitativa, es decir, 50% de hombres y 50% de mujeres mayores de edad. La investigación se realizó en las principales comunidades del Cantón Arajuno: Shuar Washints, Shiwua Kucha, Elena Andi, Puka Rumi y CEPLOA.

### **Pandemia y servicios básicos**

Las únicas comunidades en las que se han presentado cambios positivos en los diferentes servicios básicos tras la pandemia, son: Shuar Washints contando hoy en día con servicios complementarios (internet); y aún más notables estos cambios positivos son en Shiwa Kucha, ya que en pre pandemia no disponían de: agua potable, energía eléctrica, alumbrado público, recolección de basura, alcantarillado y servicios complementarios (internet), en la actualidad ya disponen de estos, a excepción del alcantarillado. La única comunidad que ha presentado cambios de forma negativa retrocediendo en su desarrollo es Elena Andi, pues en cuanto al servicio de energía eléctrica, en la pre pandemia se abastecían a través de generadores eléctricos, los que actualmente no están funcionando por falta de mantenimiento. El resto de comunidades no presentan cambio alguno, ni positivo ni negativo. De forma general se logra evidenciar que en el área de estudio no se produjeron cambios significativos en los diferentes servicios básicos tras la pandemia de covid-19, como se muestran en la tabla 2.

### **Pandemia y actividades/servicios turísticos**

Los datos de la tabla 3 muestran el antes y después de las actividades y servicios turísticos que presentan las comunidades; es así que para las actividades como: senderismo, fotografía y avistamiento de flora y fauna no se aprecia un cambio, de hecho, se mantienen como se las venía realizando de forma habitual. Sin embargo, para los servicios de alojamiento, alimentación y recreación el panorama cambió “los turistas ya no llegan tan seguido, y si llegan es a lugares específicos, no como antes que recorrían varias comunidades” (Dirigentes de las distintas comunidades, 2022). Debido a que el turismo se tornó por así decirlo incierto, con el fin de evitar la pérdida de recursos, las comunidades optaron por ofertar estos servicios bajo previa reservación.

**TABLA 2**  
Servicios básicos de las comunidades

SITUACIÓN	Agua Potable		Alcantarillado		Energía Eléctrica		Alumbrado Público		Recolección de Basura		Servicios Complementarios (Internet)		
	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia	
COMUNIDAD	Shuar Washints	No	No	En su mayoría	En su mayoría	Generadores a diésel	Generadores a diésel	No	No	Una vez por semana en lugares específicos	Una vez por semana en lugares específicos	No	Si
	Shiwa Kucha	No	Si	No	No	Generadores a diésel	Si	Si	Si	Cada 15 días	Si	No	Si
	Elena Andi	No	No	No	No	Generadores a diésel	No	No	No	No	No	No	No
	Puka Rumi	No	No	No	No	Generadores a diésel	Generadores a diésel	No	No	No	No	No	No
	CEPLOA	No	No	No	No	Generadores a diésel	Generadores a diésel	No	No	No	No	No	No

Adaptado de Reascos & Sánchez (2019)

**TABLA 3**  
Actividades y servicios turísticos de las comunidades

SITUACIÓN	Actividades Turísticas (senderismo, avistamiento de flora y fauna, fotografía)		Servicios Turísticos (alojamiento, alimentación, recreación)	
	Pre Pandemia	Post Pandemia	Pre Pandemia	Post Pandemia
<b>COMUNIDAD</b>	Shuar	Si	Si	Bajo Reservación
	Washints	Si	Si	Bajo Reservación
	ShiwaKucha	Si	Si	Bajo Reservación
	Elena Andi	Si	Si	Bajo Reservación
	Puka Rumi	Si	Si	Bajo Reservación
	CEPLOA	Si	Si	Bajo Reservación

Adaptado de Reascos & Sánchez (2019)

## Pandemia y turismo comunitario

### Avances

El turismo comunitario tras la pandemia es considerado por la mayoría de pobladores especialmente por las mujeres, como una actividad generadora de bienestar; en lo económico, como una fuente de ingresos complementarios debido a que “se inserta como un conjunto más de actividades en una economía ya existente dentro de la comunidad” (Tao & Wall, 2009, citado por Chontasi *et. al*, 2022, p.96); en lo social, fortaleciendo los lazos entre los distintos miembros de la población, ya que, “a nivel rural, se identifica una mayor participación de la población local, esto no es un hecho casual, debido a un aumento en la presencia de lazos de empatía y reciprocidad” (Oviedo & Olivo 2021, p.54); en lo ambiental, mediante el cuidado y preservación de la biodiversidad, fortaleciéndola como un atractivo turístico de importancia para el cantón. Consecuente a todo lo anterior, se genera un empoderamiento en la población, así como una mayor autovaloración hacia sí mismas, y a sus capacidades, especialmente en las personas que se encuentran vinculadas directamente en las actividades turísticas comunitarias, además de poder realizar a la par de sus actividades diarias.

Un claro ejemplo de lo antes expuesto es lo mencionado por el rector de la Unidad Educativa Roger Mackulli (2022), “las mujeres son a quienes más se les ha visto frente a los emprendimientos turísticos durante y después la pandemia, ellas han tomado la iniciativa”; es así que la Dirigenta de la Juventud de la Confeniae (2022), expresa lo siguiente “existe un grupo de mujeres emprendedoras que quieren dar un giro innovando en la gastronomía local, uno de los

productos en los que están trabajando es la producción de harina de chonta”. Es importante destacar lo que menciona la representante de la comunidad de Puka Rumi (2022), una de las alternativas para mantener a flote el servicio de transporte y alimentación a propios y turistas en las comunidades, fue implementar su propio sistema de servicio de transporte puerta a puerta y comida a domicilio, denominado por los pobladores como “Uber de Arajuno”, ya que con este servicio lograron evitar las aglomeraciones en el transporte público y el tiempo de espera para trasladarse. Los ciudadanos que contaban con un vehículo propio rápidamente encontraron una alternativa en medio de la pandemia para generar ingresos, en una época crítica económicamente.

## **Retos**

Los sectores del área turística del cantón se vieron gravemente afectados, por la pérdida de turistas debido al confinamiento, trayendo consigo un deterioro de su infraestructura por falta de mantenimiento y uso, incidiendo directamente en los miembros de las comunidades que prestaban los distintos servicios turísticos. “En CEPLOA, se practicaba el turismo científico, dónde estudiantes universitarios realizaban prácticas, investigación y vinculación, es así que durante y después de la pandemia esta modalidad de turismo dejó de llevarse a cabo” (Miembro de la comunidad de CEPLOA. 2022). No obstante, en otras comunidades pese a presentar igual problemática si existe la llegada de turistas, pero en sectores focalizados, “los visitantes huían de la ciudad tal es así que, no les importaba que las condiciones de alojamiento no fueran las más adecuadas, ellos decían que en Arajuno se sentían sanos, libres y aliviados” (Miembro de la comunidad Puka Rumi, 2022).

Un efecto importante a tomar en cuenta tras la pandemia es la monopolización del turismo comunitario por ciertas familias que contaban con más recursos económicos, “la llegada de turistas en periodo de pandemia, beneficio solamente a ciertas familias y lo sigue haciendo” (representante de la comunidad Shiwua Kucha 2022). Ya que las familias con menos recursos se vieron obligadas a dejar esta actividad con el fin de encontrar alternativas diferentes que les ayuden a solventar sus gastos. Como respuesta a esto se presentan los planes de líderes y representantes comunitarios con el fin de retomar las actividades turísticas comunitarias basadas en el enfoque de la resiliencia y adaptabilidad, la distribución justa de ganancias, mediante la planificación y gestión adecuada con la participación a la par de hombres y mujeres.

Dentro de los restos, los puntos más complejos para las personas que deciden emprender en turismo comunitario y todo lo que esto abarca, son las capacitaciones, la infraestructura y los permisos de funcionamiento, siendo una constante en todas las entrevistas, es así que la identifican como “una necesidad y un tema prioritario a resolver, para poder brindar un mejor servicio” (Miembros de las comunidades de Arajuno, 2022).

## **Pandemia y conocimiento ancestral**

### **Adaptabilidad**

Referente a lo cultural, ancestral y medicinal se encuentra la “bebida anti covid” misma que es elaborada por los miembros de las distintas comunidades, como una alternativa para combatir el

covid-19 y sus efectos. Esta particular bebida se elabora a base de la maceración de varias plantas entre las que se encuentran el: chuchuguasó, bejuco, ajo de monte, usuguasca, musuango, guayusa, chaluacaspi entre otras, en licor de caña de 50 grados de alcohol, en conjunto con el hecho de que las personas se encontraban en lugares abiertos y sin aglomeraciones tuvo efectos positivos, “la montaña tapaba la enfermedad, eran las palabras que mencionábamos a los turistas que llegaban a Arajuno a probar y comprar esta bebida” (Representante de la comunidad Elena Andi, 2022).

### **Conflictividad**

No obstante, no todo es positivo en lo que a conocimientos ancestrales respecta, la mayor preocupación pre y post pandemia siempre ha sido la pérdida de su cultura, costumbres y tradiciones. Debido al confinamiento, prohibiciones en cuanto a aglomeraciones y horarios de toque de queda, las actividades culturales no podían llevarse a cabo con normalidad. El evento de las guayusupinas que reunía a varios miembros de la comunidad de todas las edades dejó de practicarse mientras regían estas normas, lo cual desde el punto de vista de los pobladores era gravemente perjudicial, porque sienten que su cultura, costumbres y tradiciones se perderían, haciéndose realidad sus temores, ya que existe un desinterés por parte de los más jóvenes de participar de esta actividad.

Tras la pandemia, socialmente algunos jóvenes al ver el estilo de vida de los turistas que llegan a las comunidades empiezan a dejar de lado su cultura, costumbres y tradiciones el turismo y el turismo comunitario afecta, dejan de lado sus conocimientos. Por ello se trata de trabajar e involucrar a los jóvenes para que sean ellos quienes tomen la posta en cuanto a su territorio, la naturaleza, sus costumbres, su idioma (Representante de jóvenes de la comunidad Alto Nusisn, 2022).

Frente a esta problemática se retomó el proyecto Escuelas Vivas Amazónicas (EVAS), cuyo principal objetivo es educar con un enfoque de preservación de los recursos naturales, la conexión con la Pachamama y siempre manteniendo sus costumbres vivas.

## **CONCLUSIONES**

Tras la pandemia de covid-19, el turismo resultó ser una de las actividades más afectadas, llegando a presentar un sin número de efectos, los cuales sería erróneo enmarcarlos únicamente como negativos, ya que sin duda también se hallan positivos, aunque en una menor medida, expertos y organismos reflexionan que, pese a las afectaciones que se dieron y se siguen suscitando el turismo y todas sus modalidades posee una característica propia muy favorable, la adaptabilidad, es así que el turismo comunitario también cuenta con dicha característica, misma que le permite afrontar las distintas dificultades que se presentan.

El estudio muestra que, la población de las distintas comunidades del área de estudio conoce y es consciente de los distintos efectos que trajo consigo la pandemia de covid-19, en el turismo

comunitario y conocimientos ancestrales. Dentro de estos efectos, los primeros que salen a relucir concretamente en el turismo comunitario son los negativos, como la escasa afluencia de turistas en las comunidades, la monopolización de la actividad turística comunitaria por ciertas familias, el deterioro de la infraestructura. Sin embargo, recalcando que la adaptabilidad es una de las características que posee el turismo comunitario, también se produjeron efectos positivos como la búsqueda de reinención en los distintos servicios turísticos comunitarios por parte de las personas que los prestan, con el fin de mejorar a la hora de ofrecerlos.

En lo que a conocimientos ancestrales respecta, el efecto negativo más notable es el temor a la pérdida de su cultura, costumbres y tradiciones por parte de la población más joven; pese que este temor ya existía desde antes de la pandemia, esto se volvió más preocupante y tomó más fuerza con la pandemia, ya que, por el confinamiento los eventos culturales donde se comparte e imparten varias enseñanzas, se suspendieron y poco a poco este grupo comenzó a perder el interés. Como efecto positivo se encuentra la elaboración de la “bebida anti covid” a base de varias plantas que la naturaleza les provee, la cual surgió como una manera de hacerle frente al covid-19, dando como resultado una forma de aplicar, mantener y adaptar sus conocimientos ancestrales a la actualidad mientras cuidan de su salud y bienestar.

Finalmente, es necesario destacar la participación e iniciativa de las mujeres del cantón, en temas de emprendimiento y adaptabilidad, quienes con su ejemplo motivaron a muchos de los pobladores a salir adelante pese a las adversidades que la pandemia produjo, ya que ellas mostraban y continúan mostrando un mayor interés en que el turismo comunitario, así como sus conocimientos ancestrales, sean actividades generadoras de bienestar económico, social y ambiental, bajo un enfoque de equidad.

## REFERENCIAS

- Cáceres, N., Cáceres, L., y Arteaga, A. (2017) El cambio climático: Desafío y oportunidad para la ecología política feminista. En Cáceres, N., y Calvopiña, D. (Coord.). *Ordenamiento Territorial, Planes de Desarrollo y Políticas: Reflexiones desde el turismo*. Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (pp. 59-76). <http://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/794>
- Campos, E., Werner, K., Cordova, F., y Paucar, A. (2021) Community eco-tourism in rural Peru: Resilience and adaptive capacities to the Covid-19 pandemic and climate change. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 48, 416-427.
- Chontasi, D., Chicaiza, T., Noguera, D., Naula, L., y Duarte, C. (2022) Turismo comunitario y resiliencia: entre la sinergia y la literatura científica emergente. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 7(3), 92-111.
- De Araujo, M., Méndez, K., y Ribeiro, R. (2021) Primer taller de formación sobre turismo comunitario y sus efectos post Coronavirus (COVID-19). *Turismo e Sociedade*, 14(1), 42-56
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza (2019) Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Pastaza al año 2025 [Acuerdo Ministerial N.º SNPD-052-2015]
- López, P., Llugsha, V., y Muñoz, V. (2022) Los efectos del covid-19 en emprendimientos de turismo rural comunitario en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. *Kalpana-Revista de Investigación*, (23), 43-58.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015) *Cantón Arajuno/bloque 1.3 proyecto: “levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 1” cobertura y uso de la tierra sistemas productivos*

- zonas homogéneas de cultivo*. Gobierno de Ecuador.
- Ministerio de Turismo (2021) *Rendición de cuentas 2020*. Rendición de cuentas Ministerio de Turismo 2020. Recuperado el 24 de junio de 2022. <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Informe-de-Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-2020.pdf>
- Moreno, D., Molina, C., y Romero, M. (2021) *Turismo con enfoque de género y cadena de valor en los países del Triángulo Norte de Centroamérica*. Informe. Programa Mujeres, Economía Local y Territorios (MELYT), ONU Mujeres. Rimisp
- Moreno, D. (2018) *Turismo y género un enfoque esencial en un contexto de desarrollo sostenible y responsable del turismo* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. Dialnet
- Organización Mundial del Turismo (2020) *Recomendaciones de la OMT sobre Turismo y Desarrollo Rural – Una guía para convertir el turismo en una herramienta de desarrollo rural efectiva*. Madrid, España: OMT
- Organización Mundial de Turismo (2021) *2020: el peor año de la historia del turismo, con mil millones menos de llegadas internacionales*. Noticias. Recuperado el 24 de junio de 2022. <https://www.unwto.org/es/news/2020-el-peor-ano-de-la-historia-del-turismo-con-mil-millones-menos-de-llegadas-internacionales>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2019) *II. El enfoque de género*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el 17 de abril de 2023. <https://www.fao.org/3/X2919S/x2919s04.htm#bm4.1>
- Oviedo, M., y Olivo, F. (2021) Tendencias del turismo post covid-19: Una reflexión para Ecuador. En V. Llugsha (Coord.) *Turismo y desarrollo desde un enfoque territorial y el covid-19* (pp.37-62) Quito, Ecuador: CONGOPE: Ediciones Abya Yala: Incidencia Pública Ecuador
- Pachacama Calvopiña, L. (2021) *Turismo comunitario y empoderamiento de la mujer en la comunidad de Jatumpamba, parroquia San José de Minas*. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Licenciado en Turismo Ecológico. Quito: Carrera de Turismo Ecológico. UCE. 82 p.
- Quiñonez, M., Parra, M., Pérez, S., y Barrionuevo, C. (2021) El turismo comunitario en Salina de Guaranda desde el enfoque de género y su incidencia en la pandemia COVID-19. En F. Guzmán & M. Flórez (Coords.) *Un nuevo tiempo en el escenario de las ciencias administrativas, contables y marketing* (pp.32-48) Guayaquil, Ecuador: CIDE.
- Reascos Pinilla, J. & Sánchez Piedra, D. (2019) *Cambio climático, conocimientos ancestrales y turismo comunitario en el cantón Arajuno*. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Licenciado en Turismo Ecológico. Quito: Carrera de Turismo Ecológico. UCE. 116 p.
- Rondón, L., Troitiño, L., y Mulet, C. (Coords.) (2020) *Turismo post covid-19: El turismo después de la pandemia global análisis, perspectivas y vías de recuperación* (Primera ed.) Salamanca, España: Ediciones Universidad de Salamanca y AECIT
- Saavedra, J., García, R., Martínez, O., y Mora, J. (2021) *Análisis del turismo rural comunitario en Colombia y España: estudio de casos*. (Primera ed.) Bogotá, Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO
- Sigala, M. (2020) Tourism and COVID-19: Impacts and implications for advancing and resetting industry and research. *Journal of business research*, 117, 312-321.
- Tárraga Davia, J. B., y Morales Pérez, S. (2021) Empoderamiento femenino y desarrollo local en la España vaciada. Caso de estudio: Teruel. *ROTUR Revista de Ocio y Turismo*, 15(2), 45-60.



## OPINIÓN

# Alternativas y desafíos para enfrentar la transición de la era post petrolera en el Ecuador

# Alternatives and challenges to face the transition from the post-oil era in Ecuador


Rodríguez-Galarza, Fidel Ernesto; Vera-Alcívar, David  
Gonzalo; Carrera-Reyes, Carlos Enrique



 **Fidel Ernesto Rodríguez Galarza**

ferodriguez@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Estación Científica Amazónica Juri Juri Kawsay. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **David Gonzalo Vera Alcívar**

daveraal@uide.edu.ec

Universidad Internacional del Ecuador. Facultad Business School. Quito, Pichincha, Ecuador.

 **Carlos Enrique Carrera-Reyes**

cecarrerar@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Médicas. Quito, Pichincha, Ecuador.

## FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 25 mayo 2023

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4721>

Autor de correspondencia: [ferodriguez@uce.edu.ec](mailto:ferodriguez@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Agradecimientos:** Especial agradecimiento a los organizadores del Simposio “Recursos Naturales, Cambio Climático y Transición Justa: Perspectivas globales desde el Ecuador” del 22 a 24 de Junio de 2022 en el campus de la UCE en Quito, realizado en el marco del proyecto “Impactos Sociales del Cambio Climático e Innovaciones de Sustentabilidad en la África Austral y el Norte de América del Sur” – NISANSA (por sus siglas en alemán) – auspiciado por el Ministerio de Educación e Investigación

**Resumen:** La sociedad global está en crisis debido a cambios ambientales, sociales y económicos exacerbados por la propagación de la COVID-19 entre el 2019 y el 2023; sumado a esto el deterioro del sistema financiero del Estado ecuatoriano ocasionando una crisis a nivel local. Este documento es un aporte para generar una reflexión crítica sobre el uso de las regalías obtenidas por conceptos de extracción petrolera que durante los últimos 40 años ha sido el principal rubro que alimenta al Producto Interno Bruto del Ecuador. Estas regalías no se han invertido de manera sostenible en sectores como educación, salud y servicios. Un cambio de la matriz productiva del Estado ecuatoriano debe considerar que los acuerdos nacionales e internacionales incluyendo a los países importadores de hidrocarburos para enfrentar el cambio climático, deben reducir su dependencia de este tipo de energía. A medida que se da esta transición energética, los países del sur global, ven comprometida su economía, pues no cuentan con un plan para enfrentar este escenario. Finalmente, esta crisis sistémica trae enormes desafíos para países en vías de desarrollo como Ecuador, cuya economía está basada en un modelo poco diversificado y extractivista, evidenciándose la necesidad de replantear un nuevo esquema de desarrollo. En este sentido, en el presente artículo: (1) reflexionamos sobre el modelo de crecimiento económico actual vs. el modelo de transición energética planteado desde diversos sectores de la sociedad global, (2) analizamos las conexiones entre el equilibrio ecológico, la salud y la economía global, y la pandemia de COVID-19; y (3) examinamos las alternativas y desafíos económicos basados en el aprovechamiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para enfrentar la era post petrolera en el Ecuador. En conclusión: la educación pública en todos sus niveles es una inversión estratégica para cualquier Estado soberano, que tiene como papel fundamental generar las condiciones necesarias para transformar la sociedad y mantener su matriz cultural bajo principios elementales, donde el reconocimiento de las diversas formas de organización de la sociedad son respetados y fortalecidos, tales como los pueblos y nacionalidades indígenas soberanos de sus territorios, los procesos de reproducción de la vida material, uso y aprovechamiento de los recursos naturales, por lo que sugerimos que se estudie el “Kawsay Sacha”. Para enfrentar la crisis económicas y ambientales es imperativo fomentar una bioeconomía diversificada, potenciadora del desarrollo de varios sectores claves como la producción de alimentos y novedosos emprendimientos

de la República Federal de Alemania (BMBF). El proyecto "NISANSA" cofinanciado por La Universidad Central del Ecuador (UCE) conjuntamente con la Universidad Justus-Liebig (JLU). Agradecimiento especial al grupo de investigadores Ecuador-Alemania ("NISANSA"), y al grupo de Biología Crítica de la Universidad Central del Ecuador. A Paulina Guarderas por sus aportes conceptuales, discusiones y reflexiones en torno a los Ecosistemas y su relación con la Salud Humana. A Gabriela Moscoso Rúales, por su aporte a la edición del manuscrito y manejo de la base de datos bibliográfica. Finalmente, a Oswaldo Galarza por la edición, comentarios y reflexiones finales sobre este manuscrito.

**Cómo citar:** Rodríguez-Galarza, F. E., Vera-Alcívar, D. G., & Carrera-Reyes, C. E. (2023). Alternativas y desafíos para enfrentar la transición de la era post petrolera en el Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 143-162. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4721>

vinculados al uso sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos. La inversión en educación en el Ecuador sigue siendo menor al 4% del presupuesto total anual; la sociedad debe considerar que cualquier intento de implementar proyectos de crecimiento económico sustentable no es posible, sin duplicar de forma anual el gasto en educación.

**Palabras clave:** covid-19; producto interno bruto, crisis ecológica; extractivismo ecuador; educación.

**Abstract:** Global society is in crisis due to environmental, social and economic changes. This exacerbated by the spread of COVID-19 between 2019 and 2023 and the deterioration of the financial system of the Ecuadorian State has led us to a crisis at the local level. This document is a contribution to generate a critical reflection on the use of royalties obtained from oil extraction, which for the last 40 years has been the main item that feeds the Gross Domestic Product of Ecuador. These royalties have not been invested in sectors such as education, health and services. The change in the productive matrix of the Ecuadorian State must consider that the agreements to face climate change include that countries that import hydrocarbons reduce their dependence on this type of energy. As this energy transition occurs, the countries of the global south, see their economy compromised, since they do not have a plan to face this scenario. Finally, this systemic crisis brings enormous challenges for developing countries like Ecuador, whose economy is based on a poorly diversified and extractivist model, evidencing the need to rethink its development scheme. In this sense, in this article: (1) we reflect on the current economic growth model vs. the energy transition model proposed by various sectors of global society (2) we analyze the connections between ecological balance, health and the global economy, and the COVID-19 pandemic; and (3) we examine the alternatives and economic challenges based on the use of biodiversity and ecosystem services to face the post-oil era in Ecuador. The conclusions: Public education at all levels is a strategic investment for any sovereign State, whose fundamental role is to generate the necessary conditions to transform society and maintain its cultural matrix under elementary principles, where the recognition of the various forms of organization of society are respected and strengthened, such as the sovereign indigenous peoples and nationalities and their territories, the processes of reproduction of material life, use and exploitation of natural resources, for which we suggest that the "Kawsay Sacha" be studied. In order to face the economic and environmental crises, it is imperative to promote a diversified bioeconomy that enhances the development of strategic sectors such as food production and innovative ventures linked to the sustainable use of biodiversity and ecosystem services. Investment in education is still less than 4% of Ecuador's total annual budget and society must consider that any attempt to implement sustainable economic growth projects is not possible without duplicating annually the budget in education.

**Keywords:** covid-19; gross domestic product, ecological crisis; extractivism ecuador; education.

## INTRODUCCIÓN

### Modelo de crecimiento económico actual capitalista vs el modelo de transición energético planteado desde diversos sectores de la sociedad global

En 1972 se publicó el informe “Los límites del crecimiento” una obra pionera en el estudio de las interacciones entre demografía, recursos y límites biofísicos del planeta, donde se plantea un paradigma relacionado con el uso de los recursos planetarios como parte del modelo de consumo económico vigente (Meadows *et al.*, 1972). Por una parte, se plantea la prosperidad de las sociedades humanas que adoptan el sistema, sin embargo, a su vez, incentivan una desigual distribución de recursos para los países menos desarrollados. Este esquema se basa principalmente en la generación de industrias basadas en extracción de recursos naturales para aumentar el capital financiero y con ello el incremento de oferta de bienes y servicios para la sociedad como manufactura de diversos productos como alimentos, herramientas, tecnologías entre otros, muchos de estos servicios tienen una precariedad o vida útil extremadamente corta como los teléfonos inteligentes o los computadores portátiles, o la producción de autos el cual el tiempo de vida pasó de 40 años a 15 años (Ramírez, 2012) siendo este ejemplo uno de los factores dominantes dentro del modelo capitalista de producción.

Otro factor que se considera como clave para entender la dinámica de este sistema es el de explotación de la naturaleza, y por ende del ser humano donde el plus valor (Marx, 1867) es obtenido a partir de esta relación donde la acumulación del capital permite a los monopolios, adueñarse de los medios de producción y generar bajo esta premisa los ciclos de producción. Esta relación ha demostrado que índices como el de la pobreza en vez de disminuir aumenten, así para 1990 aproximadamente 700 millones de personas vivían con menos de un \$1.90 al día para el 2022 se estimó que cerca del 35% de la población global vive con menos de \$2.25 al día (UNDP & OPHI, 2022), lo cual indica la extrema disparidad que existe en países con grandes economías donde sus habitantes en promedio viven con \$40,00 al día, lo que demuestra que el modelo económico imperante no ha contribuido a solucionar uno de los grandes retos de la humanidad como acabar con la pobreza.

La creciente demanda por materias primas que el modelo imperante requiere, ha generado una exacerbación de la capacidad de renovación de la Ecósfera (Tabla 1) la cual indica que el grado de degradación de la naturaleza está en estrecha relación con el aumento de los gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y crecimiento demográfico de la población. El aporte continuo de los gases de efecto invernadero y la baja tasa de renovación que tienen los sumideros naturales, colapsa el bienestar humano, nuestra dependencia como especie proviene del continuo uso de servicios ecosistémicos con la producción de alimento, agua, aire, espacios para la recreación y cultural entre otros. Sin embargo, otras aproximaciones muestran que las civilizaciones con un alto consumo energético terminan colapsando su propio hábitat por ende el colapso de la civilización; el cual se puede medir mediante la Ecuación 1.

$$E = \frac{C \text{ *per cápita}}{A} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

E = constante de energía que requiere una civilización para funcionar;

C = número de habitantes que consumen varios recursos que provee el ecosistema

A= área es el espacio finito que provee el ecosistema.

**TABLA 1**  
Crecimiento poblacional desde 1954 hasta 2020

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN GLOBAL EN BILLONES</b>	<b>CANTIDAD CO<sub>2</sub> PPM</b>	<b>NATURALEZA INTACTA % PLANETA TIERRA</b>
1954	2.7	310	64
1960	3.0	315	62
1968	3.5	323	59
1971	3.7	326	58
1978	4.3	335	55
1989	5.1	353	49
1997	5.9	360	46
2011	7.0	391	39
2020	7.8	415	35

Relación con el aumento del CO<sub>2</sub> gas de efecto invernadero y la pérdida del hábitat en el planeta tierra en un periodo de 70 años

Basado en el documental “A Life on Our Planet” de Attenborough (2020).

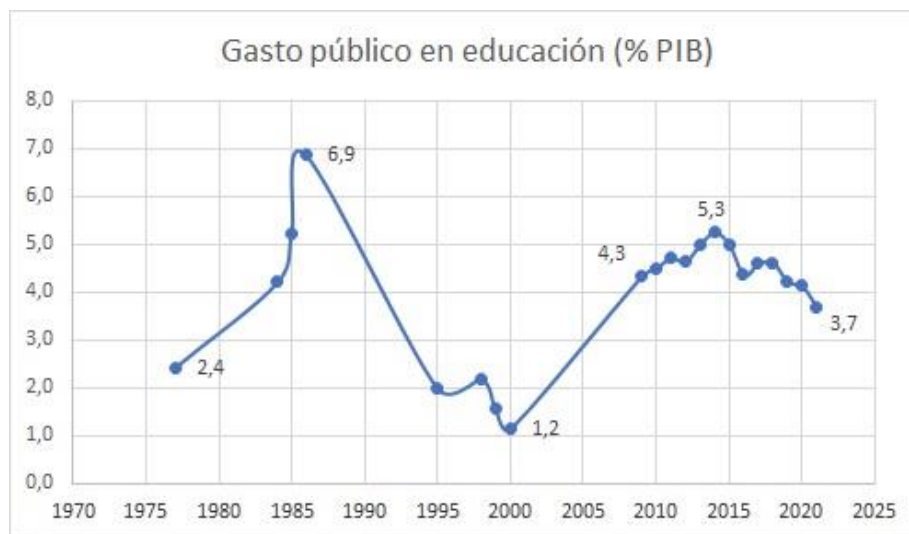
Países como Ecuador con una alta diversidad biológica se encuentra amenazada en la actualidad por el impulso de las industrias extractivistas como la minera que en la actualidad busca que se le concesione el 15% del territorio nacional; la ampliación de la VI ronda de explotación petrolera (Lessman *et al.*, 2016; Geoportal de Catastro Minero, 2020) en la Amazonía ecuatoriana que afectaría a provincias como la de Pastaza, que en la actualidad es la que posee mayor cantidad de bosques continuos del Ecuador continental. Poniendo en riesgo la supervivencia de millones de especies, incluidos los acervos culturales de pueblos y nacionalidades indígenas de la Amazonía. Hay que tomar en cuenta las declaratorias de los territorios ancestrales del pueblo Waorani que cubre aproximadamente 2 millones de hectáreas y contiene varias áreas protegidas como el Parque Nacional Yasuní, que es la zona central de la Reserva del Hombre y la Biósfera declarada por la UNESCO en 1989, que en la actualidad incluye la Zona Intangible Tagaeri-Taromenane (Territorio Ancestral Waorani 'Ome', y la declaratoria de Kawsay Sacha del pueblo Kichua de Pastaza PAKIRU) (Segarra *et al.*, 2022). Estos territorios indígenas no se enmarcan dentro de lógica del modelo neoliberal extractivista que lamentablemente no puede dimensionar la importancia de mantener el funcionamiento ecológico que tiene el Bioma Amazónico y zonas anexas como los Hotspot Andes Tropicales, la Biorregión del Choco y la región Tumbesina.

La transición energética justa (Alarcón *et al.*, 2022) es un concepto sustentable que parte de las políticas adoptadas por varios estados, organizaciones de la sociedad civil que apuntan hacia las energías renovables; países del primer mundo invierten cada vez menos en la importación de

hidrocarburos (Goldthau *et al.*, 2020), lo cual implicaría que países en vías de desarrollo o del tercer mundo exportadores de recursos hidrocarburíferos vean afectado sus ingresos por la poca demanda de este producto y con ello la reducción del costo de los barriles de petróleo, adicionalmente la dependencia del modelo actual de desarrollo ha limitado la diversificación de la inversión del estado ecuatoriano en sectores estratégicos como la educación, salud entre los más importantes.

La educación es un sector estratégico para el bienestar y salud de cualquier población humana (CARE Internacional, 2008), en el Ecuador se ha generado un marco jurídico para promover este acuerdo entre los actores de la sociedad civil, el más reciente es el promulgado por la Constitución del República del Ecuador del 2008, estableciendo en sus mandatos alcanzar un mínimo del 5% de inversión en desarrollo social del Producto Interno Bruto (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El Ecuador cuenta con datos inconsistentes del gasto público en educación entre el período de 1977 y 2000 (Figura 1), a partir de 2009 se empiezan a generar datos continuos, el máximo histórico de inversión se da en el año 1986, y el mínimo histórico en el año 2000. Desde la disposición constitucional de 2008, se llega al máximo de gasto público en 2014 con 5,3 del PIB, sin embargo, este indicador en vez de aumentar como dispone la constitución hasta alcanzar el 6% del PIB, disminuye hasta su mínimo en 2021 con 3,7% (UNESCO, 2023).



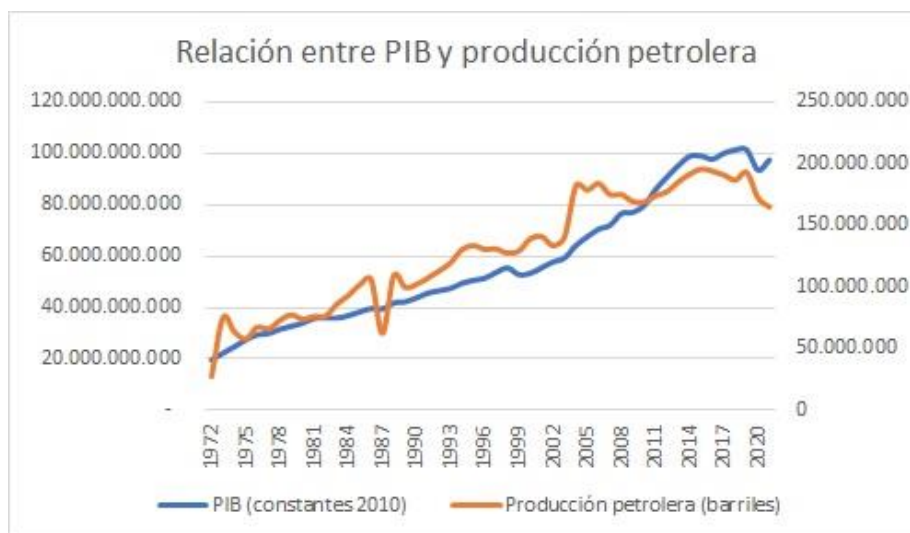
**FIGURA 1**

Gasto público en educación periodo 1977 - 2000

Fuente: UNESCO – Banco Mundial, 2023

Estudios recientes como el presentado por Larrea (2022) muestran que las reservas de petróleo del Ecuador son de “aproximadamente 1.338 millones de barriles que bajo las condiciones actuales de explotación de 483.000 barriles de petróleo diario que el país pueda utilizar de este recurso no renovable es de 7,5 años” (Larrea, 2022) aproximadamente. Demostrando que una transición y cambio del modelo actual de desarrollo hacia la era post petrolera es inminente e impostergable. A esto se debe añadir que la política estatal ecuatoriana durante los últimos 40 años no ha variado ni ha cambiado el modelo de explotación extractivista de recursos naturales como el petróleo. Existe una

alta relación entre crecimiento económico y producción petrolera (Figura 2). Desde el año 1972 hasta el año 2021, el coeficiente de correlación lineal entre estas dos variables es de 0,94, lo cual quiere decir que se pueden explicar que el 85% de la asociación entre crecimiento está generado por la producción petrolera en el Ecuador, lo que demuestra que el país está aún lejos de cambiar su modelo de crecimiento económico extractivista.



**FIGURA 2**

Relación entre crecimiento económico y producción petrolera

Pero a qué costo, por ejemplo, los últimos remanentes arbóreos en la Amazonía y del Choco Andino ecuatoriano han sido devastados, y por lo tanto no son considerados como relevantes para la seguridad nacional y considerados recursos estratégicos por sus propiedades ecosistémicas como: grandes generadores de biodiversidad. En este mismo contexto de acuerdo con el reporte de FAO y PNUMA (2020), la salud y el bienestar humano están estrechamente relacionados con la salud de los ecosistemas forestales. De igual forma el papel que desempeñan los pueblos y nacionalidades indígenas en el mundo han sido reconocidos en este último decenio, destacando las prácticas y saberes ancestrales en relación con el uso de los recursos naturales (Consortio TICCA, 2021). Los pueblos indígenas voluntariamente mantienen y conservan vastos territorios los cuáles son utilizados para obtener los medios necesarios de supervivencia (Prada y Xavante, 2021).

### **Conexiones entre el equilibrio ecológico, la salud pública y la economía global**

Las enfermedades infecciosas emergentes son una amenaza evidente y creciente para la salud pública, la economía y la seguridad global (Allen *et al.*, 2017). La pandemia causada por el virus SARS-CoV2 ha evidenciado la interconexión entre la salud humana y la planetaria. El concepto de salud planetaria destaca el fino equilibrio entre la salud humana y las alteraciones ecológicas producidas como parte del sistema mundo capitalista (Wallerstein, 2001), el cual genera modos de producción orientados a un consumismo insostenible, provocando efectos negativos en el planeta, alterando el equilibrio humano-ecológico generando implicaciones para nuestra salud (Oni, 2020). Es evidente que la economía mundo capitalista (que fomenta el crecimiento como meta, la producción y el consumo acelerado de recursos naturales, y la globalización) ha transformado y alterado al ambiente de manera

sustancial (MEA, 2005). Estos sistemas globales, basados en un paradigma de desacoplamiento de crecimiento de la base física (Herman *et al.*, 1990) con crecimiento económico, podría ser ilimitado y, por otro lado, la descarbonización (Nakicenovic, 1996) en el que se desacopla el uso de combustibles fósiles del crecimiento económico como propuesta. Es así como la sostenibilidad ambiental se la elimina de la ecuación, provocando por omisión mayor contaminación e impactos ambientales (Bermejo *et al.*, 2010), dando lugar a la crisis de la biodiversidad, la crisis climática y la actual pandemia a la que nos enfrentamos (Settele *et al.*, 2020). Por ello, alternativas de decrecimiento y reducción de consumo (Ayres, 2008) tendrían que ser mejor analizadas y vinculadas como parte del cambio estructural de las condiciones económicas actuales, la política pública y las organizaciones sociales a través de prácticas locales. Sin embargo, bajo el modelo actual de desarrollo no existiría reactivación económica y si no existe consumo.

A nivel global, varios estudios muestran la degradación ambiental provocada por las actividades humanas (sobrexplotación de recursos, conversión del uso de la tierra, contaminación, entre otros), la cual está comprometiendo la integridad de los ecosistemas (Benítez-Vieyra y Ragessi, 2016; Masson-Delmotte *et al.*, 2018; Stocker *et al.*, 2018), y su capacidad para proveer alimentos, bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades humanas (los llamados servicios ecosistémicos) y, como consecuencia, la pérdida de las actividades vinculadas al disfrute humano (Chan *et al.*, 2015). Sin duda, la degradación ambiental, la salud de los ecosistemas y la salud humana están interconectadas (Oni, 2020), a niveles muy variados desde la relación entre la biodiversidad y la respuesta inmunológica (Vilaseca-Boixareu y Felipe-Pérez, 2020) aumentando incidencias de alergias sobre todo respiratorias a través de la activación de mecanismos epigenéticos que estarían silenciando a nivel genético alterando la susceptibilidad de los individuos en ambientes con mayor contaminación del aire, por ejemplo.

La presencia de nuevos virus, mutaciones, enfermedades o nuevos vectores de enfermedades en lugares donde no existían, podría estar relacionada con la alteración adversa del ambiente, como la pérdida de bosques por la expansión urbana o agrícola, el comercio de vida silvestre para fines domésticos y el cambio acelerado de la temperatura ambiental (Faust *et al.*, 2018; Dobson *et al.*, 2020). Sin embargo, los efectos de la pérdida de la biodiversidad y de la transmisión de enfermedades pueden estar involucrados en un contexto de dependencia; es decir, puede existir una interconexión entre el agente de la enfermedad, el ecosistema y el tipo de magnitud del impacto. El próximo desafío para la ecología de enfermedades infecciosas será desarrollar la capacidad de inferir cuándo y en qué condiciones el cambio ambiental podría conducir a un mayor riesgo de enfermedad para los humanos y la vida silvestre (Wood, 2014).

La degradación y la disrupción de los bosques naturales por la expansión de la frontera agrícola, así como el asentamiento de ciudades, entre otras actividades antrópicas, han provocado que los seres humanos entren en contacto con especies con las cuales anteriormente no lo tenían y, a su vez, con reservorios naturales de patógenos, como el SARS-CoV2. Sumando las diversas presiones sobre los ecosistemas durante las últimas décadas, se ha incrementado la probabilidad de la transmisión de enfermedades desde los animales al hombre (Gibb *et al.*, 2020). Investigaciones recientes demuestran que desde 1960 las enfermedades transmitidas por animales, y demás enfermedades infecciosas como el Ébola, SARS, MERS, gripe aviar, entre otras, se han multiplicado (Jones *et al.*, 2008; Myers *et al.*, 2013); y es muy probable que en el futuro inmediato surjan nuevas enfermedades, tanto en entornos urbanos como naturales, debido a la mayor proximidad entre las personas, su ganado y mascotas con

la vida silvestre, sobre todo en ambientes que cambian rápidamente (Allen *et al.*, 2017; Gibb *et al.*, 2020). Es importante intervenir nivel global; en medidas de prevención de la deforestación y de la fragmentación de los bosques naturales, además de incrementar los recursos en la regulación del comercio de vida silvestre e invertir en investigación epidemiológica pueden prevenir la propagación de enfermedades zoonóticas de manera significativa, como la pandemia actual. Los costos asociados a los esfuerzos preventivos serían sustancialmente menores a los costos económicos y de mortalidad para enfrentar a estos patógenos, una vez iniciada; la pandemia de COVID-19 probablemente terminará costando entre \$ 8.1 y \$ 15.8 billones a nivel mundial, aproximadamente 500 veces más que las medidas preventivas propuestas (Dobson *et al.*, 2020).

Desafortunadamente, el sistema económico en el mundo durante y después al COVID-19 se caracteriza por los siguientes desafíos: posibles nuevas pandemias, crisis climática, malestar social debido a los altos niveles de desigualdad de ingresos, desigualdades de género y etnia y la necesidad de un nuevo contrato social más equitativo. El sistema también se caracteriza por la pérdida de puestos de trabajo de cientos de millones de personas, la quiebra de millones de empresas el peligro del futuro del trabajo. Es probable que las pandemias futuras ocurran con más frecuencia, se propaguen más rápidamente, tengan un mayor impacto económico y maten a más personas si no somos extremadamente cuidadosos con los posibles impactos de las decisiones que tomamos hoy (Fayed, 2020), a partir de la planificación y el manejo de los recursos naturales.

De manera inmediata, debemos asegurarnos de que las acciones tomadas para reducir los impactos de la pandemia actual no amplifiquen por sí mismas los riesgos de futuros brotes y crisis. Según Settele *et al.* (2020), existen tres consideraciones importantes y fundamentales para los planes de estímulo económico y de recuperación multimillonarios implementados actualmente: (1) Se debe asegurar el fortalecimiento y la aplicación de las regulaciones ambientales, y solo implementar paquetes de estímulo que ofrezcan incentivos para actividades más sostenibles y positivas para la naturaleza como el de socio bosque. (2) Se debe adoptar un enfoque de "Una sola salud" en todos los niveles de toma de decisiones, desde lo local al habito global, reconociendo las complejas interconexiones entre la salud de las personas, los animales, las plantas y nuestro ambiente compartido. (3) Se debe financiar y dotar de recursos adecuados a los sistemas de salud e incentivar el cambio de comportamiento en la primera línea de riesgo de la pandemia; esto significa movilizar financiación internacional para desarrollar la capacidad sanitaria en los puntos críticos de las enfermedades emergentes, así como también ofrecer alternativas viables y sostenibles a las actividades económicas de alto riesgo y proteger la salud de los más vulnerables. Finalmente, lo más importante es que se implemente una reorganización de todo el sistema a través de la tecnología, los factores económicos y sociales, incluyendo paradigmas, metas y valores, que promuevan las responsabilidades sociales y ambientales en todos los sectores.

Es por tanto, una necesidad a nivel global, regional y local incrementar la inversión en educación en todos sus niveles y fortalecimiento de programas como de educación ambiental o el fortalecimiento de los sistemas de salud pública con proyectos claves como el estudio de enfermedades emergentes desde una perspectiva integral, no sólo como una estrategia de salud pública sino como una inversión para evitar pérdidas económicas dramáticas como la que hemos vivido, frente a una economía globalizada que es susceptible a los efectos de las pandemias.



La investigación científica y el desarrollo de capacidades tecnológicas deben potenciarse en los campos de las ciencias de la salud, en las ciencias de la vida, las ciencias geográficas, informáticas, entre otras; tanto para entender las causas de las enfermedades emergentes, prevenirlas, detectarlas, así como para tomar medidas informadas para frenar o enfrentar una epidemia. Todas estos conocimientos, capacidades y acciones se desarrollan en el ámbito de la Academia. Argumento que resalta la importancia de que el presupuesto público para la salud y educación pública no se recorte época de crisis ni bajo ningún escenario cambiante, como ha ocurrido, contradictoriamente, en el escenario local y regional.

La manera apropiada de enfrentar a esta crisis requiere de decisiones basadas en información sólida proveniente de estudios científicos, de criterios de expertos y de políticas públicas que nos permitan no sólo superar la crisis sanitaria, sino el poder recuperarnos de la crisis social y económica que esta pandemia está causando.

### **Alternativas y desafíos económicos basadas en el aprovechamiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para enfrentar la era post petrolera en el Ecuador**

El Ecuador es considerado como uno de los 17 países más biodiversos del planeta. Con relación a su extensión territorial, el país cuenta con más número de especies por unidad de área que cualquier otro de la Tierra (MAE, 2016). Con lo cual, el país tiene una ventaja competitiva única en la que se debe generar un desarrollo alternativo de la matriz productiva a mediano y largo plazo (SENPLADES, 2012). Pese a todo este potencial, desde 1970, la economía nacional se ha basado principalmente en la explotación primaria de recursos no renovables como la extracción petrolera y afines, productos dependientes de mercados internacionales y sus externalidades negativas (SENPLADES, 2017; Hausmann *et al.*, 2011). En este contexto una nueva tendencia se ha focalizado en la extracción de minerales, prometiendo ser la respuesta para obtener fondos económicos en el país (ARCOM, 2016), sin tomar en cuenta los costos ambientales que en un futuro se sufrirá como consecuencia de esta actividad.

De acuerdo con los datos del Banco Central del Ecuador (BCE, 2019) en enero del 2019 las industrias petroleras y mineras aportaron con el 11% del PIB, mientras el aporte restante al PIB se ha distribuido entre las industrias de manufactura 12%, comercio 11%, enseñanza y servicios sociales de salud 8%, agricultura 8% (ASOBANCA, 2019) entre otras, demostrando que el conjunto de servicios que devienen de la sociedad está vinculado con la productividad de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos proporcionan al desarrollo de la sociedad.

Dentro de esta reflexión se añade la poca diversificación empresarial donde los oligopolios, monopolios siguen siendo los principales beneficiarios del acceso a la tierra, venta de productos e importación de materias primas, en el país no hay estudios compartidos de los últimos 40 años que muestren como la pequeña empresas los sectores empresarias pequeños y medianos, los sistemas de la economía popular y solidaria los cuales es su conjunto pueden contribuir de manera mayoritaria dentro de las cadenas de valor y generación de bienestar económico de la sociedad ecuatoriana.

La crisis por COVID-19 presenta una ventana de oportunidad histórica para remodelar el sistema hacia un camino más sostenible, a través de implementar un modelo económico que satisfaga las necesidades básicas y, a su vez, maximice el bienestar humano. La pandemia nos enfrenta entonces a un nuevo escenario que procura potenciar alternativas de crecimiento endógeno y orientado al desarrollo desde lo local, justamente para implementar una economía basada en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, versus el modelo tradicional extractivista de explotación de los recursos naturales que sostiene la economía globalizada.

El nuevo modelo económico que se propone apunta a una inversión sostenida del presupuesto nacional para la educación pública, en todos sus niveles, la incorporación de mercados justos y solidarios entre el campo y la ciudad. La educación es la piedra angular para detonar cualquier proceso productivo dentro de una sociedad, no solo está implícita la capacitación o tecnificación si no también la concatenación de procesos transformadores dentro de la sociedad mediante el acuerdo común de objetivos de convivencia y bienestar económico como se expone en esta sección. Por ejemplo, en la actualidad el segmento de la población de entre 16 a 40 años de edad tiene el 39,42% del total de la población ecuatoriana (INEC, 2023), de una población total que bordea los 18 millones de habitantes casi la mitad de la población es joven, pero sin acceso a lo elemental la educación ya que tan solo en el 2016 un promedio 4'604.915 y en 2022 un promedio 4'315.639 accedieron a la educación comprendida da como básica escuela y colegio (Ministerio de Educación del Ecuador, s.f.). Es decir, el nuevo modelo económico debe apuntar a atender este segmento de la población que se constituye en la principal fuerza productiva y de recambio generacional siendo estratégico para una nación el fortalecer el talento humano.

Desde esta visión este nuevo modelo económico incluye la incorporación de sectores estratégicos como la innovación en ciencia y, tecnología, en los sectores agrarios rurales y agroindustriales del país, la biodiversidad y el manejo de los recursos naturales, el comercio justo y solidario y la puesta en práctica del estado plurinacional del Ecuador.

Para ilustrar este escenario, se detalla como ejemplo el potencial del uso de la biodiversidad como recurso estratégico a la investigación, exploración y aplicación de las características de las plantas vasculares, como uno los grupos más importantes de la diversidad biológica del Ecuador. De las más de 300.000 plantas vasculares registradas a nivel global, aproximadamente 20.000 especies se encuentran en el territorio ecuatoriano, lo que representa el 6% de la diversidad global localizada en un territorio de menos de 300.000 Km<sup>2</sup> (MAE, 2016).

Estudios etnobotánicos han identificado a más de 5.000 especies vegetales que se utilizan en el Ecuador con distintos fines: el 60% medicinales, el 55% como fuente de material para la construcción, el 30% se utilizan con fines comestibles y el 20% son utilizadas para ritos religiosos (De la Torre *et al.*, 2008). Este es el potencial de beneficio de las plantas para el desarrollo de la bioindustria farmacéutica, alimenticia, médica, cosmética, entre otras la cual sigue pobremente investigada y aplicada debido a la falta de una visión de largo plazo que potencie el bioconocimiento como una alternativa viable de desarrollo endógeno.

En el sector agrícola, el Ecuador pertenece a uno de los centros de origen de plantas cultivadas de relevancia mundial como la papa, el fréjol, el tomate, el cacao, el maíz, entre otros y es compartida con

otros países como Perú, Paraguay, México y Brasil (Vavilov, 1992). La importancia de estos recursos radica, no sólo en ser el sustento de la agricultura tradicional y, por lo tanto, de la seguridad alimentaria de la población en las zonas donde se producen, sino el potencial genético para proporcionar variedades más productivas o mejor adaptadas a las cambiantes condiciones ambientales causadas por el cambio climático, la degradación del suelo, la escasez de agua y el desarrollo de plagas y enfermedades (MAE, 2016). En el país existen más de 300 mil especies de insectos (Ramos, 2018), incentivar su estudio y manejo es fundamental, pues existen especies esenciales para la polinización y manejo integrado de plagas, así como grupos capaces de fortalecer incluso industria alimentaria con sus poblaciones como es el caso de los grillos, escarabajos, o moscas soldado con alto contenido proteínico y baja huella ecológica generada (Morales Quintana, 2021).

Otros grupos con un gran potencial de aplicación y emprendimientos son las diversas especies de anfibios, que contienen, en su piel, péptidos a manera de defensas químicas frente a microorganismos. Estas moléculas constituyen una inmensa oportunidad para el desarrollo de aplicaciones en la industria farmacéutica, médica, cosmética, entre otros (Proaño-Bolaños *et al.*, 2019). Así mismo, la diversidad de hongos promisorios, con su potente capacidad enzimática, puede potenciar la industria biotecnológica en variadas aplicaciones, desde la tradicional industria alimentaria hasta una infinidad de aplicaciones en la biorremediación ambiental.

Sobre los recursos biológicos y genéticos, al momento no es factible hacer estimaciones totales o generalizaciones a partir de estudios de caso, pero a manera de ejemplo podemos decir que el valor económico real reportado como resultado de la bioprospección y desarrollo biofarmacéutico de tan solo una de las 629 especies de anfibios del Ecuador, de las cuales 281 son endémicas (Ron *et al.*, 2020), podría ascender a \$126,6 millones. Esto demuestra el enorme potencial que representa el aprovechamiento de biomoléculas con potencial médico o industrial y de los biodescubrimientos en general (UNDP, 2020).

Sin embargo, la valoración de recursos naturales, el uso de biomoléculas y el aprovechamiento de la diversidad genética pierden su legitimidad si no se evalúan desde la perspectiva de los pueblos y las nacionalidades del Ecuador. Estos aspectos se convierten en herramientas que permiten a grandes corporaciones y sectores particulares de la sociedad civil continúen siendo los grandes beneficiarios incluso apropiarse ilícitamente del conocimiento ancestral de los pueblos originarios (Varea *et al.*, 1997; Salazar Fernández, 2017). Las opciones de bienestar económico deben ser analizadas desde una perspectiva en la que no se generen bienes para el mercado en el que el ser humano solamente sea un consumidor, sino que se deben reinterpretar y cambiar para que las corporaciones y empresas produzcan bienes y servicios para la humanidad, donde el individuo deje de ser visto como un simple consumidor y pase a ser considerado como un usuario y beneficiario de un bien común.

Por otro lado, en relación con servicios ecosistémicos de regulación, como es el secuestro y almacenamiento de carbono como potencial mitigador del cambio climático, se deben reconocer las importantes reservas de carbono que representan los bosques nativos en el Ecuador, los mismos que en el año 2014 cubrían 12,2 millones de hectáreas a nivel nacional (MAE, 2014b). El Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (FREL por sus siglas en inglés) corresponde actualmente a 43'418.126 toneladas de CO<sub>2</sub> eq/año, lo que ha permitido al Ecuador negociar los primeros proyectos bajo el mecanismo "Pago por Resultados"; es decir, un valor neto como compensación a los

esfuerzos del país de reducir la deforestación, por un monto de aproximadamente USD 70 millones. Esta es una muestra del potencial de negociación que tendría el Ecuador por concepto de la reducción en la generación y emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Otro aporte significativo y subestimado es la capacidad de fijación de carbono en los páramos y su almacenamiento en biomasa aérea y subterránea. En tan solo 614 Km<sup>2</sup> (menos el 1% de la superficie de Ecuador) se estima una cantidad de carbono fijado de  $128.2 \pm 9.1$  Tg correspondiente al 23% de todo el carbono del Ecuador y una capacidad neta de fijación de carbono que supera incluso a los bosques tropicales con hasta 134g/m<sup>2</sup> (Hribljan *et al.*, 2016; 2017).

Niveles de biomasa de hasta seis metros de profundidad en los páramos permiten la retención de agua y provee un enorme sistema de riego para los ecosistemas que se ubican pendiente hacia abajo, desde los bosques montanos altos hasta la cuenca amazónica. De esta manera, estos ecosistemas constituyen la fuente principal de agua, no solamente para la naturaleza sino también ciudades y campos agrícolas, aportando significativamente a la capacidad productiva del país (Viviroli *et al.*, 2011, Harden *et al.*, 2013). La conservación y restauración de los páramos constituye un eje fundamental para la sostenibilidad del sector agrícola y contrasta claramente con la explotación minera de dichos ecosistemas.

Finalmente, se debería considerar el potencial de utilización y/o reutilización de la biomasa residual resultante del sector agropecuario y urbano. Desde una perspectiva conceptual de economía circular, estos recursos (catalogados como residuos, no como desechos, debido a que mantienen un valor inminente) podrían emplearse como materia prima en biorrefinerías (obtención de calor y energía, gas, alcohol, etc.) para, de esta forma, dar paso al surgimiento, emprendimiento e innovación de nueva bioindustria.

Según el último informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2020), donde se analiza los efectos económicos y sociales de la COVID-19 en la región, se evidencia la alta vulnerabilidad de la economía regional y nacional debido a factores como: la alta dependencia de exportaciones de materias primas con precios volátiles; la baja diversificación y complejidad de productos que se exportan y, en el caso particular del Ecuador, la limitada capacidad de llevar a cabo una política monetaria debido a su sistema económico dolarizado.

Los efectos de la crisis provocada por la COVID-19 resalta la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana frente a eventos externos, es así que, en la historia reciente del país, las repetidas caídas del precio del petróleo debido a desplomes internacionales de los precios en los años 2009, 2014 y ahora en el 2020 (OPEC, 2020). Otras causas han sido provocadas en el sector agrícola, como las recurrentes crisis plataneras iniciadas en el año 1962 por el hongo *Fusarium TR1* que pronto podría repetirse con la nueva cepa TR4 y su llegada a Colombia en 2019 (Stokstad, 2019). Esto demuestra la alta dependencia de la economía del país de productos como monocultivos y extracción no renovable, con poco aprendizaje de errores cometidos en el pasado y la falta de diversificación real de productos exportables asociados a una carencia de inversión en innovación, estímulo a la investigación y dependencia técnico tecnológicas de países del centro hegemónico. Por esta razón se requiere un cambio de paradigmas y un alejamiento de visiones económicas clásicas para impulsar las fortalezas del país en los sectores antes mencionados.

Se propone implementar acciones que reviertan las vulnerabilidades de la economía del país, entre ellas: 1) la diversificación de la economía, para no depender de los precios volátiles de recursos no renovables que tienen una duración limitada (petróleo); 2) incorporar la inversión en educación pública que permita el desarrollo de la investigación de la biodiversidad, manejo de recursos naturales como un elemento sustantivo en la nueva matriz productiva del país; y 3) establecer un enfoque de fomentos, apuestas e inversiones estratégicas mediante el desarrollo del talento humano que contribuya a la diversificación e innovación de diversos productos, como valor agregado, fomentado el comercio justo y la soberanía alimentaria. Según Hausmann *et al.* (2011) países cuyas exportaciones son más diversificadas de lo que se espera por su nivel de ingresos, crecen más rápido, por lo que este modelo de crecimiento debe ser impulsado por un proceso de diversificación del conocimiento (*know how*) para producir una amplia gama de bienes y servicios que sean incrementalmente más complejos. Sin embargo, esta diversificación no debe ser evidenciada como un aporte a la balanza comercial de un país sino más bien debe ser entendida como un eje de acoplamiento de los bienes y servicios que produce la sociedad para la humanidad en este contexto se debe re plantear el paradigma de crecimiento continuo donde indicadores como el PIB se constituyen en la base de la generación de riqueza sin tomar en cuenta otros indicadores como el nivel de pobreza, niveles de escolaridad, desarrollo tecnológico basado en bienes y servicios para la humanidad desde este enfoque hay que aplicar el principio (*know how*), buscando la autosuficiencia tecnológica, económica y cultural.

La crisis que enfrentamos en la actualidad, de manera apremiante, constituye una oportunidad para poner en marcha una estrategia que planifique, en el mediano y largo plazo, el desarrollo de la bioeconomía en el Ecuador (Lombeyda Miño, 2020), entendida como una transición industrial hacia el uso sostenible de recursos biológicos, acuáticos y terrestres, en productos intermedios y finales para mayor productividad de los beneficios económicos, ambientales, sociales y de seguridad nacional (Golden y Handfield, 2014). Para avanzar en esta dirección, se requiere de una apuesta importante en la educación pública y comunitaria que pueda denotar las bioindustrias, la soberanía alimentaria, el comercio justo como componentes innovadores de una nueva matriz energética.

Se requieren políticas que busquen incorporar los mandatos y decisiones de los pueblos y nacionalidades indígenas, el sector rural-campesino, los pueblos afros, montubios y cholos, los educadores, y estudiantes donde la investigación, ciencia y tecnología, como orientadores de la planificación del nuevo modelo económico del Ecuador. Es importante reconocer el potencial para el desarrollo de la agricultura, la medicina, la industria cosmética, la acuicultura, así como para la diversificación y mejora de los sistemas de procesamiento y comercio de alimentos. La propuesta, en suma, debería aprovechar de manera comercial la alta gama de recursos naturales vivos provenientes de los ecosistemas, generando un alto valor agregado a la materia prima y desarrollando productos diversificados a través del bioconocimiento (MAE, 2014a).

En un escenario de crecimiento endógeno, basado en el intercambio local, es importante concretar procesos de equilibrio y armonización entre el campo y la ciudad. Históricamente, el divorcio de los sectores rurales y urbanos ha estado marcado por las restricciones del acceso al conocimiento y a la producción de alimentos, dividiendo y creando una brecha sistemática (Lewontin y Lewis, 2015), en donde los conglomerados humanos se ven separados no solo por la condición social sino también por el acceso a los recursos en dos vías. Con este precedente, es importante “encontrar núcleos estratégicos que articulen educación, investigación y empresas, para disparar ciclos de innovación

basados en la generación endógena de conocimiento que sea aplicado a resolver problemas emergentes de la sociedad” (Rodríguez, 2002). El momento que se vive en el contexto actual, caracterizados por una crisis alimentaria, la pérdida de empleo, el ambiente afectado y la salud pública en alto riesgo, el volver la mirada a nuevos proyectos de investigación, a procesos de emprendimiento e innovación, coadyuvan a la transición hacia sistemas de bioeconomía y economía circular (Pomponi y Moncaster, 2017; Lombeyda Miño, 2020), y constituyen parte de las respuestas que armonizan con la utilización racional y sostenible de los recursos naturales a largo plazo.

En lo local tenemos experiencias exitosas de manejo sostenible de recursos naturales, tal como ocurre con el manejo de los bosques montanos de la provincia de Pichincha (Cabezas *et al.*, 2019), en donde las buenas prácticas de manejo ganadero permiten mantener la estructura y funcionalidad de los bosques secundarios, incrementando su conectividad y reduciendo la deforestación lo que se mantienen servicios ecosistémicos como la fijación y captura de carbono ( $148,9 \pm 39$  ton/ha y  $3,34$  ton/ha\*año) (Terán-Valdez, *et al.*, 2019). Paralelamente, se mantiene la provisión de alimentos, regulación hídrica (Viviroli *et al.*, 2011), se fomentan actividades culturales manteniendo paisajes y áreas de recreación para el disfrute de la población local. Incrementar estas prácticas integrales de manejo, generará beneficios a la población local como las juntas por el agua, la economía popular y solidaria, las ferias agroecológicas, el crecimiento del ecoturismo y, por otro lado, reducirán la presión sobre las especies emblemáticas de fauna que habitan estos ecosistemas.

Se proponen cinco medidas específicas que reconocen estas alternativas económicas como maneras de enfrentar la crisis:

1. Se plantea un nuevo modelo económico que permita incorporar al talento humano de todos los actores de la sociedad civil tomado en cuenta la plurinacionalidad del país, de tal manera que el aprovechamiento del conocimiento ancestral sea un elemento de sustento, que fortalezca el acceso a educación gratuita incrementando el acceso que deberá ser fortalecido con políticas públicas que garanticen además educación de calidad y orientación hacia la investigación, desarrollo e innovación. Generando propuestas alternativas de transición económica basado en los principios del decrecimiento económico sin generar pobreza y optimizar el uso de los recursos naturales renovables con un enfoque ecosistémico basado en procesos de economía circular. Esto implica priorizar al sector agrícola y la economía popular y solidaria y a la pequeña industria, identificando la producción de servicios y productos destinados a mitigar las consecuencias de pérdida de fuentes de trabajo, pero también incrementado la oferta profesional, técnica y tecnológica acorde con las necesidades cambiantes del entorno.
2. Promover incentivos a MIPYMES (micro, pequeñas y medianas empresas), considerando como sectores estratégicos a la producción de alimentos locales y orgánicos, la generación de bioemprendimientos y la captación de divisas para la economía local. Se debe especificar que los incentivos abarquen capitales pequeños, además que sean considerados también como prioritarios en la devolución de créditos tributarios para oxigenar la liquidez de las empresas pequeñas y el fomento al empleo. Fomentar la vinculación de lo rural y urbano, mediante proyectos de investigación y desarrollo sustentable, de manejo sostenible de los recursos naturales renovables. Para esto se propone involucrar a las comunidades locales y sus necesidades, reconocer el rol protagónico de éstas dentro la construcción de los sistemas de gobierno autónomos descentralizados, para facilitar la aplicación de los lineamientos de comercio entre el campo y la

ciudad. Además, es necesario implementar centros de acopio, medios de transporte y mecanismos virtuales para la compra y venta de los productos, que permitan acercar a los productores con los consumidores, mediante intercambios y mercados justos para beneficio común.

3. Debemos reconocer a la emergencia sanitaria del COVID-19 como una alerta de cambio y una oportunidad para fomentar un desarrollo endógeno, basado en consumo local, fomentar la diversidad productiva y sistemas agroecológicos, considerando las bondades de la mega biodiversidad. El intercambio local debería ser justo entre el campo y la ciudad, reduciendo la brecha aspiracional de la ruralización.
4. Incrementar sustancialmente la inversión en educación de manera que se duplique en el tiempo con un 2% a partir del 2024 y llegar hasta el 12% en 2027, con ello, en todos sus niveles ya que son la base fundamental para la transformación de la sociedad (En la actualidad la inversión en educación está en el 3,7% del PIB).
5. Fomentar la investigación básica, aplicada y el desarrollo de la ciencia y tecnológica como pilar fundamental del desarrollo endógeno y sostenible.

## CONCLUSIONES

Las enfermedades infecciosas emergentes son una amenaza potencial y creciente para la salud, la economía y la seguridad global. Para enfrentarlas, se requiere de articulaciones multinivel desde lo local a lo internacional, involucrando a actores públicos y privados y asumirla como una oportunidad de viabilizar alternativas de desarrollo sostenible en estas múltiples escalas.

Incrementar la inversión en la prevención y en el estudio de enfermedades emergentes desde una perspectiva integral (zoonosis, transmisión, consumo de especies silvestres); es una necesidad a nivel global, regional y local, no sólo como una estrategia de salud pública sino como una inversión para evitar pérdidas económicas dramáticas, como la que estamos viviendo frente a una economía globalizada susceptible a los efectos de las pandemias.

Esta crisis ha resaltado la importancia de tener una economía nacional autosostenible, diversificada, que potencie el uso y manejo de la biodiversidad sobre todo nativa, por medio del fomento de pequeñas y medianas empresas, en sectores estratégicos de la producción de alimentos y de bioemprendimientos, así como la valoración de los servicios ecosistémicos.

Debemos reconocer como una oportunidad para fomentar un crecimiento endógeno, basado en el intercambio local que potencie mercados justos y solidarios entre el campo y la ciudad, entre vecinos y barrios, desarrollando alternativas agroecológicas, como huertos urbanos produciendo beneficios como reducción residuos orgánicos y emisiones de gases efecto invernadero.

En el Ecuador no existe una política de la bioindustria, misma que se concrete en políticas que identifiquen como estrategia viable al apoyo para los bioemprendimientos, el desarrollo, investigación e innovación por medio de financiamiento, con una articulación público, privada y comunitaria.

La transición energética en el país es posible si toma en cuenta la inversión en educación pública para el concatenamiento de procesos productivos como el de desarrollo de las energías renovables, eje

fundamental de esta transición; la continua caída, de los precios del petróleo a nivel global y las limitadas reservas que el país tiene, ponen en riesgo los pocos ecosistemas intactos que aún no han sido explotados por esta industria, como los de la Amazonía sur ecuatoriana. Como se analizó en este documento, esta explotación no ha logrado impulsar el cambio de la matriz productiva, sino más bien mantuvo la dependencia del estado ecuatoriano de las regalías, volviéndolo un estado secuestrado y dependiente de condiciones externas, además de dejar a un lado la capacidad de resolver los retos y necesidades de una sociedad en constante cambio.

El petróleo ya no es el principal componente de la economía ecuatoriana, sin embargo, es responsabilidad de la sociedad civil desarrollar un nuevo modelo de generación de riqueza y prosperidad; de salud mental, espiritual, así como la generación de bienes y servicios. De esta forma, el fomento de sectores productivos como el turismo sustentable y el ecoturismo son ejemplo de la diversificación económica que el país puede generar. En efecto, la persistencia de problemas como la desigualdad del acceso a oportunidades como la educación, el acceso a la tierra y la salud pública son los grandes retos que nuestra sociedad enfrenta. No obstante, la dependencia de la economía ecuatoriana por conceptos hidrocarburíferos mantiene una estrecha relación bajo la siguiente premisa: cuando aumenta las exportaciones por hidrocarburos, la economía ecuatoriana crece si estas exportaciones disminuyen la economía decrece; lo que indica que estamos aún lejos de migrar a un modelo alternativo de desarrollo.

Es responsabilidad del Estado a través de un nuevo modelo económico sustentable, donde prime el interés de los seres humanos y no el del mercado y el capital. Las alternativas deberían ir desde lo local integrando redes de conocimientos y prácticas que viabilicen la construcción de una cultura que reduce el consumo excesivo de recursos, que tiende hacia reducir la huella ecológica y tiende al decrecimiento de las economías locales y globales, permitiendo la redistribución de ingresos, y el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores locales, reduciendo la contaminación y el desperdicio de recursos no renovables, este eje es clave el rol de las universidades del Ecuador conjuntamente con los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

El Ecuador es un país dependiente de una economía extractivista petrolera, minera y agroindustrial de monocultivos, que impactan a la biodiversidad, al agua, a la soberanía alimentaria y a la salud de las poblaciones humanas. Por otro lado, el país posee abundantes recursos naturales subutilizados, los cuáles deben manejarse con una visión de sustentabilidad y orientados hacia una bioeconomía circular que permita generar opciones de largo plazo para el país y desarrollar el verdadero potencial que encierra la biodiversidad, los acervos culturales y los servicios ecosistémicos que brinda.

## REFERENCIAS

- Alarcón, P., Díaz, N. C. C., Schwab, J., & Peters, S. (2022) *Rethinking 'Just Transition': Critical Reflections for the Global South*.
- Allen, T., Murray, K. A., Zambrana-Torrel, C., Morse, S. S., Rondinini, C., Di Marco, M., Breit, N., Olival, K. J. y Daszak, P. (2017) Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8(1). doi: 10.1038/s41467-017-00923-8.
- Attenborough, D. (2020) *A Life on Our Planet*. Netflix.
- ARCOM (2016) *Plan Nacional del Sector Minero*. Agencia de Regulación y Control Minero. Acceso 7-mayo-2020.



- ASOBANCA (2019) *Boletín Macroeconómico enero 2019*. Asociación de Bancos del Ecuador. <https://www.asobanca.org.ec/publicaciones/bolet%C3%ADn-macroecon%C3%B3mico/bolet%C3%ADn-macroecon%C3%B3mico-enero-2019>
- Ayres, R. U. (2008) Sustainability economics: Where do we stand? *Ecological Economics*, 67.
- BCE (2019) *Cuentas nacionales trimestrales del Ecuador resultados de las variables macroeconómicas, 2019. Presentación informativa de resultados a precios constantes de 2007, 2019. IV/T*. Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/cnt65/ResultCTRIM110.pdf>
- Benítez-Vieyra, S. y Ragessi, M. (2016) Reflexiones sobre la obra de John Bellamy Foster, Puentes entre ecología y marxismo. Ideas de Izquierda. *Revista de Política y Cultura*, 3231, pp. 31-33. [http://www.laizquierdadiario.com/ideasdeizquierda/wpcontent/uploads/2016/08/31\\_33\\_Benitez.pdf](http://www.laizquierdadiario.com/ideasdeizquierda/wpcontent/uploads/2016/08/31_33_Benitez.pdf)
- Bermejo, R., Arto, I., Hoyos, D., & Garmendia, E. (2010) Menos es más: del desarrollo sostenible al decrecimiento sostenible. *Cuadernos de trabajo HEGO A*, (52). <https://ojs.ehu.es/index.php/hegoa/article/view/10593>
- Cabezas, J, Benítez, A., Odio, F., Proaño, R., Maldonado, G. (2019) *Ganadería sostenible: guía de prácticas para el Noroccidente de Pichincha. Proyecto EcoAndes, Programa Bosques Andinos, CONDESAN*. Quito: Rimana Impresión. [https://condesan.org/wp-content/uploads/2019/09/Ganader%C3%ADa-Sostenible-NO-Pichincha\\_web\\_final-1.pdf](https://condesan.org/wp-content/uploads/2019/09/Ganader%C3%ADa-Sostenible-NO-Pichincha_web_final-1.pdf)
- CARE Internacional (2008) *Hacia un pacto social fiscal por la educación, la salud y la inclusión social*. Quito.
- Chan, K., Anderson, E., Chapman, M., Jespersen, K. y Olmsted, P. (2015) Payments for Ecosystem Services: Rife with Problems and Potential for Transformation towards Sustainability. *Ecological Economics*, 140, pp. 110-122. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.029>
- CEPAL (2020) *América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19: efectos económicos y sociales. Informe especial N° 1. Covid-19*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45337/6/S2000264\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45337/6/S2000264_es.pdf)
- Constitución de la República del Ecuador (2008) *Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008*.
- Consortio TICCA (2021) *Territorios de Vida: Informe 2021*. Consortio TICCA: mundial. [report.territoriesoflife.org.2021](http://report.territoriesoflife.org.2021)
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. y Balslev, H. eds. (2008) *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA y Herbario AAU. Quito y Aarhus
- Dobson, A. P., Pimm, S. L., Hannah, L., Kaufman, L., Ahumada, J. A., Ando, A. W., Bernstein, A., Busch, J., Daszak, P., Engelmann, J., Kinnaird, M. F., Li, B. V., Loch-Temzelides, T., Lovejoy, T., Nowak, K., Roehrdanz, P. R. y Vale, M. M. (2020) Ecology and economics for pandemic prevention. *Science*, 369(6502), pp. 379–381. doi: 10.1126/science.abc3189
- FAO y PNUMA (2020) *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Faust, C., McCallum, H., Bloomfield, L., Gottdenker, N., Gillespie, T., Torney, C., Dobson, A. y Plowright, R., (2018) Pathogen spillover during land conversion. *Ecology Letters*, 21(4), pp. 471-483. <http://doi:10.1111/ele.12904>
- Fayed, A. (2020) COVID-19 and sexuality: reinventing intimacy. *Archives of Sexual Behavior*, 49(8), pp. 2735–2738. doi: 10.1007/s10508-020-01796-7
- Geoportall de Catastro Minero (2020) *Límites territoriales internos, CONALI 2020*. <https://arcmineria.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=27bfda03ce4342b3834a27010da857e5>
- Gibb, R., Redding, D. W., Chin, K. Q., Donnelly, C. A., Blackburn, T. M., Newbold, T. y Jones, K. E. (2020) Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, 584(7821), pp. 398–402. doi: 10.1038/s41586-020-2562-8
- Golden, J. S. y Handfield, R. (2014) The emergent industrial bioeconomy. *Industrial Biotechnology*, 10(6), pp. 371–375. doi: 10.1089/ind.2014.1539

- Goldthau, A., Eicke, L., Weko, S. (2020) The Global Energy Transition and the Global South. In: Hafner, M., Tagliapietra, S. (eds) *The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy*, 73. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_14)
- Herman, R., Siamak A. A., Ausubel, J. H. (1990) Dematerialization. *Technological Forecasting and Social Change*, 4, (December), pp. 333-347.
- Harden, C. P., Hartsig, J., Farley, K. A., Lee, J. y Bremer, L. L. (2013) Effects of land-use change on water in andean páramo grassland soils. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(2), pp. 375–384. doi: 10.1080/00045608.2013.754655
- Hausmann, R., Hidalgo, C., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A. y Yildirim, M. (2011) *The atlas of economic complexity: Mapping Paths to Prosperity*. Harvard University. [https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/harvardmit\\_atlasofeconomiccomplexity.pdf](https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/harvardmit_atlasofeconomiccomplexity.pdf)
- Hribljan, J. A., Suarez, E., Bourgeau-Chavez, L., Endres, S., Lilleskov, E. A., Chimbolema, S., Wayson, C., Serocki, E. y Chimner, R. A. (2017) Multidate, multisensor remote sensing reveals high density of carbon-rich mountain peatlands in the páramo of Ecuador. *Global Change Biology*, 23(12), pp. 5412–5425. doi: 10.1111/gcb.13807
- Hribljan, J. A., Suárez, E., Heckman, K. A., Lilleskov, E. A. y Chimner, R. A. (2016) Peatland carbon stocks and accumulation rates in the Ecuadorian páramo. *Wetlands Ecology and Management*, 24(2), pp. 113–127. doi: 10.1007/s11273-016-9482-2
- INEC (2023) *Población y Demografía*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L. y Daszak, P. (2008) Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), pp. 990–993. doi: 10.1038/nature06536
- Korenblidt, J. (2006) Biotechnology Innovations in Developing Nations. *Biotechnology Healthcare*, 3 (1), pp. 55-58 PMID: 23424337 PMCID: PMC3571044.
- Larrea, C. (2022) *El próximo agotamiento del petróleo en el Ecuador*. Ecuador Debate. [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Larrea-2/publication/363792160\\_El\\_proximo\\_agotamiento\\_del\\_petroleo\\_en\\_el\\_Ecuador/links/632df6e186b22d3db4d9c93b/El-proximo-agotamiento-del-petroleo-en-el-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Larrea-2/publication/363792160_El_proximo_agotamiento_del_petroleo_en_el_Ecuador/links/632df6e186b22d3db4d9c93b/El-proximo-agotamiento-del-petroleo-en-el-Ecuador.pdf)
- Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., & Bonaccorso, E. (2016) Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: biodiversity vulnerability and conservation alternatives. *Ecology and Evolution*, 6(14), pp. 4997–5012. <https://doi.org/10.1002/ece3.2099>
- Lewontin, R. y Lewis, R. (2015) *El Biólogo Dialéctico*. Primera edición. Buenos Aires: Ediciones RyR.
- Lombeyda Miño, B. (2020) Bioeconomía: una alternativa para la conservación. *Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 27 (marzo-agosto) e-ISSN 1390-6631 <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes>.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., et al., (eds.) (2018) *Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. En Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. Pp. 175-311. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization Technical Document.
- Marx, K. (1867) *El capitalismo*. <http://sociopuan.com.ar/bibliografia/06.Lifszyc.pdf>
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J. & Behrens, W. (1972) *Los límites del crecimiento. Informe al Club de Roma sobre el Predicamento de la Humanidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- MAE (Ministerio del Ambiente) (2014a) *Estudio para la identificación y desarrollo de una cadena de valor para la inserción y posicionamiento del Ministerio del Ambiente dentro del proceso de definición de la nueva matriz productiva*. ENBPA-MAE. Quito.
- MAE (Ministerio del Ambiente) (2014b) *Programa de conservación de bosques y REDD+*.

- <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/REED.pdf>.
- MAE (Ministerio del Ambiente) (2016) *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030*. Quito: Índigo 480.
- Ministerio de Educación del Ecuador (sin fecha) *Datos Abiertos del Ministerio de Educación del Ecuador*. [Consultado el 23 de febrero de 2023]. <https://educacion.gob.ec/datos-abiertos/>
- Morales Quintana, J. F. (2021) *Biotransformación de residuos orgánicos a partir del manejo ex situ de Hermetia illucens (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae) como una alternativa para la gestión sostenible de los desechos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito*. Trabajo de Titulación, Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23015/1/UCE-FCB-MORALES%20JONNATHAN.pdf>
- Myers, S. S., Gaffikin, L., Golden, C. D., Ostfeld, R. S. H., Redford, K. H., Ricketts, T., Turner, W. R. y Osofsky, S. A. (2013) Human health impacts of ecosystem alteration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(47), pp. 18753–18760. doi: 10.1073/pnas.1218656110.
- Nakicenovic, N., Paul Gilli, V., y Kurz, R. (1996) Regional and global exergy and energy efficiencies. *Energy*, 21(3), pp. 23-237. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(96\)00001-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(96)00001-1)
- Oni, Tolu (2020) *COVID-19 shows the link between human and planetary health*.
- OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) (2020) *Brief history*. [https://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/24.html](https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.html).
- Pomponi, F. y Moncaster, A. (2017) Circular economy for the built environment: a research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, pp. 710–718. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.055
- Prada, M., & Xavante, P. C. (2021) The Role of the Xavante Indigenous People in Wildlife Conservation. *Ethnoscintia-Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology*, 6(3), pp. 63-73. <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ethnoscintia/article/view/10518>
- Proaño-Bolaños, C., Blasco-Zúñiga, A., Almeida, J. R., Wang, L., Llumiquinga, M. A., Rivera, M., Zhou, M., Chen, T. y Shaw, C. (2019) Unravelling the Skin Secretion Peptides of the Gliding Leaf Frog, *Agalychnis spurrelli* (Hylidae). *Biomolecules*, 9(11). doi: 10.3390/biom9110667
- Ramírez, P. (2012) *Obsolescencia Tecnológica Programada*. [http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Ingenieria%20de%20Medio%20Ambiente/obsolescencia\\_tecnologica\\_programada.pdf](http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20de%20Medio%20Ambiente/obsolescencia_tecnologica_programada.pdf)
- Ramos, X. (2018) En Ecuador habitan al menos 300000 especies de insectos. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/12/16/nota/7098345/ecuador-residen-menos-300000-especies-insectos>.
- Rodríguez, N. (2002) *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Primera edición. Quito: Editorial Universitaria. Universidad Central del Ecuador.
- Ron, S., Merino-Viteri, A., y Ortiz, D. (2020) *Anfibios del Ecuador. Versión 2019.0*. Museo de Zoología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio>
- Ron, S. R., Merino-Viteri, A., & Ortiz, D. A. (2020) *Anfibios del Ecuador. Versión 2020.0*. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb>.
- Salazar Fernández, A. A. (2017) *La Normativa Ambiental sobre planes y programas de bioprospección de especies vegetales endémicas en la Amazonía Ecuatoriana*. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador. p.141
- Segarra, P., Vega, S., Calapucha, S. y Tanguila, J. (2022) *Diagnóstico estratégico y zonificación del territorio de la Nacionalidad Kichwa de Pastaza-PAKKIRU en el marco del Kamsak Sacha*. Nacionalidad Originaria Kichwa de Pastaza y Naturaleza & Cultura Internacional. Pastaza, Ecuador.
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) (2012) *Transformación de la Matriz Productiva Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano*. Documento de trabajo. Quito: ediecuatorial. [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz\\_productiva\\_WEBtodo.pdf-Q](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf-Q).
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) (2017) *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida*. Quito. [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf).

- Settele, J., Díaz, S., Brondizio, E. y Daszak, P. (2020) *IPBES Guest Article: COVID-19 Stimulus Measures Must Save Lives, Protect Livelihoods, and Safeguard Nature to Reduce the Risk of Future Pandemics* [en línea] (22 de abril). IPBES secretariat. <https://ipbes.net/covid19stimulus>.
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., et al., (eds.) (2018) *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, USA. Doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Stokstad, E. (2019) Banana fungus puts Latin America on alert. *Science*, 365(6450), pp. 207–208. doi: 10.1126/science.365.6450.207
- Terán-Valdez, A., Cuesta, F., Pinto, E., y Peralvo, M. (2019) *Los bosques del Noroccidente de Pichincha: una mirada profunda a los pulmones de Quito*. Proyecto EcoAndes, CONDESAN. Quito. [https://condesan.org/wp-content/uploads/2020/04/Monitoreo\\_Pichincha\\_CONDESAN\\_2019.pdf](https://condesan.org/wp-content/uploads/2020/04/Monitoreo_Pichincha_CONDESAN_2019.pdf)
- UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2020) *Conservación de la Biodiversidad de Anfibios Ecuatorianos y Uso Sostenible de sus Recursos Genéticos* [https://www.undp.org/content/dam/ecuador/docs/documentos%20proyectos%20ambiente/pnud\\_e%20PIMS%205314%20Ecuador%20Conservaci%C3%B3n%20de%20la%20Biodiversidad%20de%20Anfibios%20Version%20Español.pdf](https://www.undp.org/content/dam/ecuador/docs/documentos%20proyectos%20ambiente/pnud_e%20PIMS%205314%20Ecuador%20Conservaci%C3%B3n%20de%20la%20Biodiversidad%20de%20Anfibios%20Version%20Español.pdf).
- UNDP (United Nations Development Programme), OPHI (Oxford Poverty and Human Development Initiative) (2022) *2022 Global Multidimensional Poverty Index (MPI): Unpacking deprivation bundles to reduce multidimensional poverty*. New York. <https://hdr.undp.org/content/2022-global-multidimensional-poverty-index-mpi#/indicies/MPI>
- UNESCO (2023) Banco mundial. <https://www.bancomundial.org/es/home>
- Varea, A., et al. (1997) *Biodiversidad, bioprospección y bioseguridad*. Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales. Ediciones Abya Yala. p. 141.
- Vavilov, N. (1992) *Origin and Geographic Cultivated plants* (translate by Doris Love). Cambridge 1992 UK. Cambridge University Press. (First published in English in 1951).
- Vilaseca-Boixareu, I. y Felipe-Pérez, B. (2020) *Las relaciones entre biodiversidad y cambio climático en 2020: retrospectiva y horizonte (desde Kunming y Glasgow)*. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2020/12/Informe-biodiversidad-y-cambio-climatico.pdf>
- Viviroli, D., Archer, D. R., Buytaert, W., Fowler, H. J., Greenwood, G. B., Hamlet, A. F., Huang, Y., Koboltschnig, G., Litaor, M. I., López-Moreno, J. I., Lorentz, S., Schädler, B., Schreier, H., Schwaiger, K., Vuille, M. y Woods, R. (2011) Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and policy. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(2), pp. 471–504. doi: 10.5194/hess-15-471-2011
- Von Hertzen, L., Hanski, I., & Haahtela, T. (2011) Natural immunity: biodiversity loss and inflammatory diseases are two global megatrends that might be related. *EMBO reports*, 12(11), pp. 1089-1093.
- Vuillermín, P.J., Ponsonby, A.L., Saffery, R., Tang, M.L., Ellis, J.A., Sly, P., Holt, P. (2009) Microbial exposure, interferon gamma gene demethylation in naïve T-cells, and the risk of allergic disease. *Allergy*, 64, pp. 348–353
- Wallerstein, I. M. (2001) *El capitalismo histórico*. Siglo XXI.
- Wood, C. L. (2014) Environmental change and the ecology of infectious disease. *Science*, 346(6214), p. 1192. doi: 10.1126/science.aaa1810
- World Economic Forum (2020) *COVID-19 is showing us the link between human and planetary health*. <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/on-earth-day-heres-what-covid-19-can-teach-us-about-improving-our-planetary-health/>

## OPINIÓN

¿Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático?

Alternatives and challenges to face the transition from the post-oil era in Ecuador

Cáceres-Silva, Luis



 Luis Cáceres Silva

lecaceress@yahoo.es

Investigador independiente. Quito, Pichincha, Ecuador.

### FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 16, núm. 2, 2023

[revista.figempa@uce.edu.ec](mailto:revista.figempa@uce.edu.ec)

Recepción: 25 mayo 2023

Aprobación: 30 junio 2023

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4847>

Autor de correspondencia: [lecaceress@yahoo.es](mailto:lecaceress@yahoo.es)



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**Cómo citar:** Cáceres-Silva, L. (2023). ¿Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático? *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 163-168. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4847>

**Resumen:** Las anomalías climáticas, tanto a nivel mundial como en Ecuador, son cada vez más frecuentes y de mayor intensidad, generando impactos negativos en la sociedad, economía y medio ambiente. Ante la posibilidad de eventos hidrometeorológicos, como un evento El Niño, surge la pregunta de si Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos del cambio climático. Para responder a esto, se analizan diferentes factores como la existencia de política nacional, institucionalidad con capacidad de respuesta, opciones de formación profesional y recursos humanos, disponibilidad y acceso a datos actualizados, y recursos económicos y tecnológicos. En términos generales, se concluye que Ecuador no cuenta con una política nacional adecuada ni una institucionalidad con recursos y capacidad suficientes para generar, procesar y difundir datos e información necesarios para tomar decisiones frente al cambio climático. Es necesario enfrentar las falencias coyunturales y estructurales y establecer una política nacional para la gestión nacional de la meteorología e hidrología que genere opciones de formación profesional, una institucionalidad técnica desconcentrada y con recursos adecuados, y cumpla un rol de rectoría y facilitador de procesos en torno a la política nacional de la meteorología e hidrología.

**Palabras clave:** anomalías climáticas; impactos negativos; el niño; cambio climático; gestión nacional.

**Abstract:** Climate anomalies, both worldwide and in Ecuador, are becoming more frequent and intense, generating negative impacts on society, economy and the environment. Given the possibility of hydrometeorological events, such as an El Niño event, the question arises of whether Ecuador is prepared to face and reduce the impacts of climate change. To answer this, different factors are analyzed, such as the existence of a national policy, institutional capacity to respond, options for professional training and human resources, availability and access to updated data, and economic and technological resources. In general terms, it is concluded that Ecuador does not have an adequate national policy or an institution with sufficient resources and capacity to generate, process and disseminate data and information necessary to make decisions regarding climate change. It is necessary to address the current and structural shortcomings and establish a national policy for the management of meteorology and hydrology that

## ¿Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático?

generates options for professional training, a decentralized technical institution with adequate resources, and performs a role of leadership and facilitator of processes around the national policy of meteorology and hydrology.

**Keywords:** climate anomalies; negative impacts; el niño; climate change; national management.

## INTRODUCCIÓN

Sea cual fuere la causa de las variaciones climáticas, a nivel mundial y, específicamente de Ecuador, la realidad es que las anomalías positivas y negativas de los principales elementos climatológicos son cada vez más frecuentes y de mayor intensidad. Los diferentes Reportes Nacionales presentados por Ecuador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en cumplimiento del Acuerdo de París indican claramente estas anomalías: incremento sostenido de la temperatura, heterogeneidad de la distribución espacial y temporal de la cantidad, frecuencia e intensidad de la precipitación, mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos relacionados con exceso o déficit de precipitaciones incluidos los eventos El Niño y La Niña, cambios significativos en el inicio y fin de las épocas lluviosa y seca, significativo retroceso y pérdida de los glaciares tropicales, entre otras.

Todas estas anomalías, llámese eventos climáticos adversos han generado (en el pasado, en la actualidad y, de mayor envergadura lo harán en el futuro), impactos sociales, económicos y ambientales, en su gran mayoría negativos, exacerbando por un lado, la inequidad y pobreza especialmente de aquellos sectores sociales de mayor vulnerabilidad y escasa capacidad de respuesta y, por otro lado reduciendo las potencialidades agroproductivas del país por pérdidas en infraestructura, medios de producción y recursos económicos.

### La interrogante

Es común que, ante situaciones de desastres generados por eventos hidrometeorológicos, como por ejemplo ante la alta posibilidad de la ocurrencia de un evento El Niño durante el segundo semestre del 2023 en un contexto de mayor visibilidad del cambio climático, surja la pregunta: ¿Ecuador está preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático? Esta preparación incluye la generación, procesamiento, difusión y, accesibilidad de datos, información y servicios meteorológicos e hidrológicos necesarios para la toma de decisiones en torno a la temática.

Para responder a la interrogante, se analiza ciertos condicionantes relevantes como: existencia de política nacional, institucionalidad con capacidad de respuesta, opciones nacionales de formación profesional y disponibilidad de recursos humanos, existencia y acceso a datos actualizados, recursos económicos y tecnológicos.

Previo a presentar resumidamente hechos relevantes de los condicionantes enunciados es importante el destacar que en estas situaciones se enfoca la atención al Instituto Nacional de

Meteorología e Hidrología (INAMHI), como entidad rectora de la meteorología e hidrología en el Ecuador, sin considerar que desde hace muchos años se encuentra en una situación crítica.

A criterio del autor, la crisis del INAMHI no es atribuible únicamente a la disminución paulatina (que no es reciente) de recursos humanos, tecnológicos y económicos. Existe una responsabilidad compartida por Directorios y Directivos de la Institución que no han cumplido a cabalidad con sus roles y responsabilidades establecidos en la Ley del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (1979) y, en el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del INAMHI (2010)

### **Política Nacional sobre la Meteorología e Hidrología**

Ecuador no cuenta con una Política Nacional sobre la meteorología e hidrología. De acuerdo con la Ley de Creación del INAMHI (Supremo Consejo de Gobierno, 1979), los Directorios del INAMHI no han cumplido con su principal responsabilidad: *Recomendar al Gobierno Nacional, a través del Presidente del Directorio, la política general en el campo de la meteorología y la hidrología de conformidad con los planes de desarrollo del país.*

Por su lado, de acuerdo a la Ley ya mencionada, el INAMHI *“es el organismo rector, coordinador y normalizador de la política nacional ...”*.

Adicionalmente, el Modelo de Gestión establecido en la normativa de la institución no llegó a implementarse en su parte sustantiva: gestión general técnica, desconcentración regional, gestión y desarrollo institucional, etc.

De lo anterior se deduce que, el INAMHI ha trabajado sin una política nacional que guíe y obligue legalmente a planificar para el corto, mediano y largo plazos y ejecutar sus programas en conformidad con los planes de desarrollo del País, más aún con un modelo de gestión incluido en el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del INAMHI (INAMHI, 2010) implementado muy parcialmente.

Obviamente cada Directivo de la institución ha presentado sus programas de trabajo al Directorio que, a criterio no solamente del autor, no ha tenido en el tiempo interés alguno en la institución, quizás con alguna excepción reciente.

### **Institucionalidad con capacidad de respuesta**

El fortalecimiento del INAMHI en el tiempo ha sido resultado fundamentalmente de la cooperación internacional, especialmente de la Organización Meteorológica Mundial durante las décadas de los sesenta y ochenta principalmente.

Posteriormente, esas fortalezas comenzaron poco a poco a reducirse hasta llegar al presente en una situación alarmante, como destacada en varios análisis y diagnósticos nacionales e internacionales que han priorizado los aspectos técnicos, importantes pero coyunturales, en menoscabo de aquellos estructurales que no han sido resueltos desde su creación en 1979.

Se destaca por su importancia la conclusión del Programa Euroclima de 2019 (Euroclima, 2019) que señala “...*la situación en la que se encuentra el INAMHI es crítica. Las importantes reducciones en personal y en presupuesto fundamentalmente a partir de 2015 han conducido a un punto límite que, si no se actúa con prontitud y determinación, podría ser de no retorno*”. ¿Al 2023 ya llegó a este punto?, está muy cerca? Lo ideal sería el poder destacar que los problemas se van solucionando.

### **Opciones nacionales de formación profesional y disponibilidad de recursos humanos**

Ecuador es quizás de los pocos países de Latinoamérica que jamás ha contado con centros de educación superior para la formación de profesionales en meteorología e hidrología. Los profesionales a nivel superior fueron formados en el exterior con el apoyo principalmente de la Organización Meteorológica Mundial. La gran mayoría de los profesionales que han trabajado en el INAMHI provienen de otras ramas del conocimiento y, han recibido capacitación de corto plazo para cumplir con los roles asignados. Es casi inexistente la disponibilidad en Ecuador de profesionales de la materia.

### **Disponibilidad y acceso a datos actualizados**

En la década de los ochenta, los datos de alrededor de mil estaciones del INAMHI y otras instituciones ya desaparecidas eran publicados en los anuarios meteorológicos. El anuario del 2013 con datos climatológicos de aproximadamente 383 estaciones, se convierte en el último de los publicados por el INAMHI (2017).

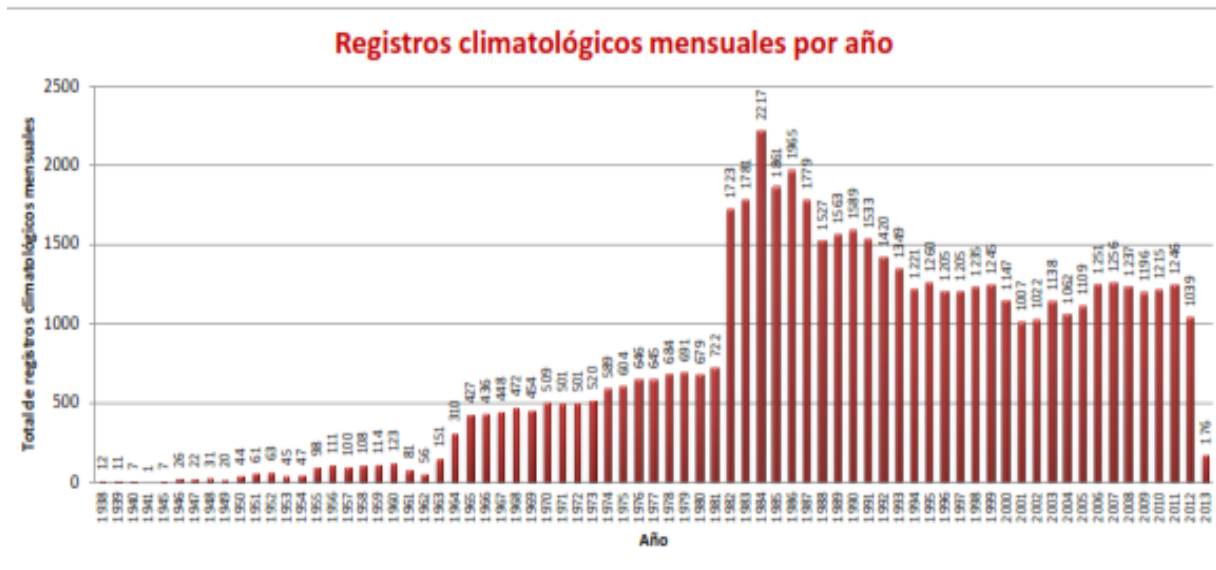
Posteriormente, por diferentes razones incluido el económico para la operación y mantenimiento y, el pago de la nómina de personal contratado para realizar las observaciones, la red sufrió una disminución estrepitosa en la cantidad de las estaciones, la calidad de los datos generados y en su procesamiento. De acuerdo con el diagnóstico referido de Euroclima, al 2019 únicamente operaban 18 estaciones convencionales de las 315 instaladas, así como 112 estaciones automáticas con problemas graves en su mantenimiento lo que genera serias dudas de la calidad de la información.

Los registros climatológicos mensuales al año 2013 volvieron a los niveles de la década de los sesenta y, posteriormente disminuyeron mucho más hasta llegar a niveles mínimos (Ver Figura 1). Al 2023, los pronósticos del tiempo y avisos meteorológicos del INAMHI se sustentan fundamentalmente en información de modelos globales y regionales y, además en información nacional de escasas estaciones incluyendo aquellas operadas en los aeropuertos por parte de la Dirección de Aviación Civil.

Es decir, la operación de la red de estaciones ha sido reducida a unas pocas estaciones, con escasa disponibilidad y acceso de datos confiables y que cubran las diferentes regiones del país. Esta falencia ha sido cubierta por las bases de datos mundiales existentes, sin embargo, su uso debe ser analizado con mayor detalle.



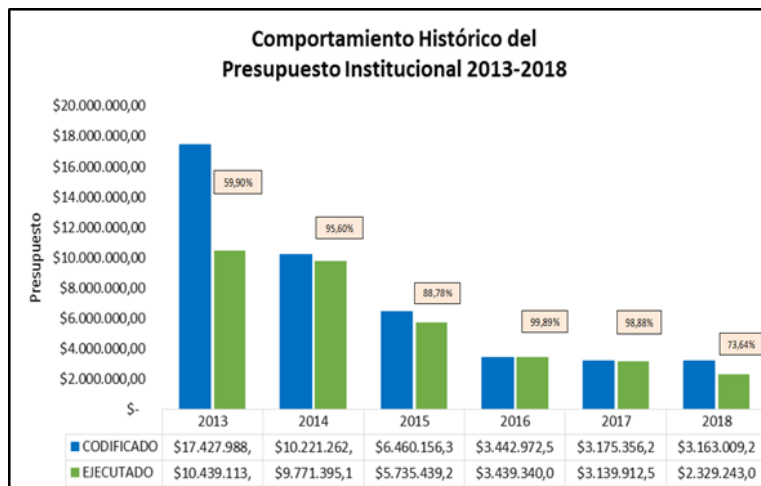
**FIGURA 1**  
Registros climatológicos por año



### Recursos económicos y tecnológicos

Los informes del INAMHI indican una drástica disminución de sus presupuestos anuales desde hace varios años. En la actualidad, el presupuesto del INAMHI apenas alcanza para el pago de la nómina de personal y, ciertos servicios básicos (ver Figura 2).

**FIGURA 2**  
Comportamiento histórico del Presupuesto del INAMHI



### CONCLUSIONES

El breve análisis de los condicionantes para responder a la interrogante planteada, indica muy claramente que Ecuador, al no contar con una política nacional que sustente una institucionalidad adecuada para generar, procesar, difundir y acceso oportuno de datos, información y servicios

meteorológicos e hidrológicos necesarios para la toma de decisiones, no está debidamente preparado para enfrentar y reducir los impactos de las variaciones naturales y antropogénicas del sistema climático.

El país requiere con urgencia el enfrentar las falencias coyunturales y estructurales que engloban la inexistencia de una política nacional para la gestión nacional de la meteorología e hidrología que genere: opciones de formación profesional en el país, una institucionalidad nacional que incluya un directorio de alto nivel político para la toma de decisiones y, una institución técnica desconcentrada y con recursos humanos, tecnológicos y económicos adecuados provenientes del estado ecuatoriano, la cooperación internacional y, la autogeneración de recursos por servicios especializados que pueda suministrar a diferentes usuarios nacionales e internacionales.

Esta institucionalidad debe cumplir con un rol de rectoría y facilitador de procesos en torno a la política nacional de la meteorología e hidrología. Si bien existe una institucionalidad nacional para el cambio climático y, la gestión de riesgos, los marcos de acción son complementarios, pero diferentes.

## REFERENCIAS

- Euroclima. (2019) *Informe de Diagnóstico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)*. Quito.  
INAMHI (2010) *Estatuto Orgánico de Gestión de Procesos del INAMHI*. Quito: Registro Oficial.  
Supremo Consejo de Gobierno (1979) *Ley del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Registro Oficial.