

# CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LAS INDUSTRIAS DE MANUFACTURA DEL ECUADOR. ESTRATEGIAS HACIA UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR

## ECONOMIC GROWTH AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE MANUFACTURING INDUSTRIES OF ECUADOR. STRATEGIES TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY MODEL

Entregado: 29 de setiembre 2022 | Aprobado: 13 de octubre 2022

DARWIN ALDAS SALAZAR\*  
HELDER BARRERA ERREYES\*\*  
HÉCTOR LUZURIAGA JARAMILLO\*\*\*  
JORGE ABRIL FLORES\*\*\*\*

### RESUMEN

Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es la producción y consumo responsables a través del uso eficiente de la energía, contribuyendo a la maximización de beneficios ambientales y una minimización de empleo de recursos, contribuyendo con un desarrollo sostenible para así contrarrestar las consecuencias del modelo lineal de producción. Es por eso que en la presente investigación se analizó la brecha entre el crecimiento económico y la gestión ambiental, así como su grado de correlación y causalidad en las industrias de manufactura del Ecuador. Para su desarrollo, se observa la tendencia de crecimiento económico del sector y la evolución de la gestión ambiental evaluado entre el 2016 al 2020 y las perspectivas proyectadas al 2022. Para el análisis se utilizaron bases de datos nacionales validadas a través del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC). Se analizaron los datos utilizando el software RStudio a través de series temporales y modelos ARIMA con pruebas de estacionariedad Dickey-Fuller, pruebas de ruido blanco con Test Ljung Box y los estudios de correlación con la prueba R de Pearson. Los resultados obtenidos muestran la situación económica y medioambiental actual de la industria manufacturera, así como sus perspectivas y tendencias de crecimiento hacia un modelo de producción sostenible. Finalmente se plantean estrategias que podrían adoptar las industrias para introducirse en un modelo de economía circular y sostenibilidad.

**PALABRAS CLAVE:** Sostenibilidad, economía circular, crecimiento económico, medio ambiente, producción, consumo

\* Universitat Politècnica de Valencia, Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP), daldsal@doctor.upv.es. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Ambato -Ecuador. ORCID: 0000-0001-8882-030X. Correo: darwinsaldas@uta.edu.ec.

\*\* Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, hm.barrera@uta.edu.ec. Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, Ambato -Ecuador. ORCID: 0000-0001-8196-3797. Correo: hbarrera@pucesa.edu.ec.

\*\*\* Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría. ORCID: 0000-0002-7844-1805. Correo: ha.luzuriaga@uta.edu.ec.

\*\*\*\* Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Administrativas. ORCID: 0000-0002-9491-5169. Correo: jabrilflores@yahoo.es.

## ABSTRACT

One of the Sustainable Development Goals (SDG) promoted by the United Nations is responsible production and consumption through the efficient use of energy, contributing to the maximization of environmental benefits and minimization of resource use, contributing to sustainable development in order to counteract the consequences of the linear production model. That is why in the present research the gap between economic growth and environmental management was analyzed, as well as its degree of correlation and causality in the manufacturing industries of Ecuador. For the development of this study, the economic growth trend of the sector and the evolution of environmental management evaluated between 2016 to 2020 and the projected perspectives to 2022 are observed. National databases validated through the Ecuadorian Institute of Statistics and Census (INEC) were used for the analysis. Data were analyzed using RStudio software through time series and ARIMA models with Dickey-Fuller stationarity tests, white noise tests with Ljung Box Test and correlation studies with Pearson's R test. The results obtained show the current economic and environmental situation of the manufacturing industry, as well as its prospects and growth trends towards a sustainable production model. Finally, strategies that could be adopted by industries to enter into a circular economy and sustainability model are proposed.

**KEYWORDS:** Sustainability, circular economy, economic growth, environment, production, consumption

## INTRODUCCIÓN

La preocupación actual de la sociedad por el cambio climático, el incremento acelerado de la población, la contaminación ambiental, el desarrollo industrial y las modernas tecnologías está generando mayor conciencia por el cuidado del planeta (Ellen Macarthur Foundation, 2020). Esto a su vez abre las puertas a la generación de nuevas estrategias que permitan reducir el desecho de residuos a través de políticas de sostenibilidad que pueden implementarse a corto y largo plazo.

Hoy en día la utilización de energías fósiles y la extracción indiscriminada de los recursos naturales, introduce a los modelos económicos dentro de un paradigma lineal que busca la obtención de beneficios a través de la optimización de los insumos conduciendo a un desgaste de los ecosistemas (Porcelli y Martínez, 2018). Esta idea está cambiando hacia un modelo de manufactura y consumo sustentable, dentro de un enfoque de economía circular considerada como regenerativa y que trata de que los todos los elementos del sistema de producción conserven su funcionalidad y valor, desde los proveedores hasta el servicio post venta (Ellen Macarthur Foundation, 2020).

La evolución de una economía lineal a una circular, demanda cambios a lo largo de la cadena de valor del producto (Howard et al., 2019). Esto implica introducir un modelo innovador de transformación en el producto y proceso de producción (Varela et al., 2018). Por tal motivo es importante instaurar políticas, técnicas y estrategias a nivel público y privado que conlleven a la circularidad dentro de todas las actividades de una empresa (Almeida y Díaz, 2020).

Los objetivos de la *Agenda 2030* proponen desconectar el uso de los recursos naturales de las estrategias de crecimiento económico y sugiere cambios estructurales en los modelos de producción y consumo. Por tal motivo, es fundamental crear escenarios de economía circular y reestructurar nuevos patrones de producción en todos los sectores, a través del reciclaje, la reducción de extracción, y reutilización de productos (CEPAL, 2019).

En el presente estudio se aborda el análisis desde un sector trascendental dentro del desarrollo económico del Ecuador, como es el sector de manufactura. La industria de manufactura es considerado un sector fundamental para la economía de un país y es el motor del crecimiento económico (Sánchez Juárez y Moreno Brid, 2016), ganando cada vez espacio de participación en la economía (Agurto, 2018). En los últimos años dentro del sector industrial, se han implementado estrategias de reducción de desperdicios como la metodología SMED que busca simplificar los tiempos de las operaciones, sobre todo aquellas involucradas en preparación de material o maquinarias con el objetivo de optimizar los recursos (Aldás et al., 2018).

El sector en estudio registra el mayor consumo energético en el Ecuador con un 25.62% (ARCONEL, 2020), después del transporte, en la matriz de consumo total. El consumo de energía en la industria, particularmente en las PYMES manufactureras, sigue siendo ineficiente (Cosgrove et al., 2019) debido a una limitada definición de indicadores en el diagnóstico de consumos energéticos (Borowski, 2021). Es así que, en la mayoría de países de Latinoamérica, se evidencia altas tasas de consumo de recursos energéticos y emisiones de carbono. Por tal motivo es necesario aplicar lineamientos encaminados al uso eficiente de la energía (Prado-Carpio y Castro Armijos, 2017) y es en este artículo que se plantea alguna de ellas.

Se proponen lineamientos basados en acciones como el reciclaje, refabricación, reutilización de residuos y la logística inversa que se convierten en pilares fundamentales dentro de las empresas para aumentar la productividad (Sanmartín y Zhigüe, 2017). Dentro de la preocupación medioambiental, actualmente se están diseñando modelos conceptuales con herramientas de manufactura esbelta para reducir el desperdicio y minimizar los costos en la planificación de la cadena de suministro y los procesos productivos, integrando modernas estrategias de manufactura (Reyes et al., 2021).

Para analizar el crecimiento económico de las industrias, se utiliza el Índice de Producción de la Industria - Manufacturera (IPI-M), que es un indicador que mide la evolución mensual de la actividad productiva de la industria en base al comportamiento de la producción a través de las ventas y de los inventarios (INEC, 2021). Así también otro indicador que se analiza es el Valor Agregado Bruto (VAB) que es uno de los más importantes para evaluar la actividad económica, ya sea de un sector en especial o de toda la economía. Además, el VAB es el componente principal del Producto Interno Bruto (PIB). El VAB ha presentado en los últimos diez años variaciones positivas y negativas, teniendo como una de las variaciones negativas más representativas en el 2020 el de 6.88% es decir US\$ 4,794 millones menos que el 2019, a consecuencia de la crisis sanitaria que provocó una crisis económica en los diferentes sectores industriales (Sánchez et al., 2021).

Con los antecedentes propuestos, el presente estudio se centra en analizar la incidencia de los principios de un modelo de economía circular en el sector industrial de manufactura y el nivel de relación que poseen las variables de crecimiento económico IPI-M y VAB con las de consumo energético y gestión de residuos, para de esta manera proyectar y recomendar la necesidad de adoptar políticas de desarrollo sostenible en el sector con miras a una vida ecológicamente sostenible con el medioambiente.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación es de tipo exploratorio a nivel analítico, descriptivo y no experimental, utilizando fuentes de información secundaria a través de datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Banco Central del Ecuador (BCE), Agencia de Control y Seguridad de Electricidad, Ministerio de Energía y fuentes bibliográficas relacionadas al crecimiento económico y sus variables de estudio como el Producto Interno Bruto (PIB), Valor Agregado Bruto (VAB), Índice de Producción de la Industria IPI-M, así como también se recolectan datos de las industrias de manufactura relacionadas a generación de residuos, consumo de energía eléctrica y gastos en protección del medio ambiente.

Estadísticamente para comprobar la correlación se utilizó en primera instancia el coeficiente de Pearson que asume la hipótesis nula como ausencia de correlación con un nivel de confianza del 95%. La prueba de causalidad implica la estimación de dos regresiones:

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i X_{t-i} + u_{1t} \quad (1)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_i X_{t-i} + u_{2t} \quad (2)$$

donde  $X_t$  y  $Y_t$  son dos variables estacionarias con  $t = 1, \dots, T$  y las perturbaciones  $u_{1t}$  y  $u_{2t}$  no están correlacionadas, es decir,  $corr(u_{1t}, u_{2t}) = 0$ . En esta prueba lo que se busca es contrarrestar la hipótesis nula donde se asume la ausencia de la causalidad en el sentido de Granger al 95 % de confianza.

Para plantear estrategias bajo principios de economía circular, se procede a predecir el índice de producción industrial, a través de series temporales con modelo ARIMA que son modelos paramétricos que tratan de obtener la representación de la serie en términos de la interrelación temporal de sus elementos, donde se verificará con la prueba de Dikey-Fuller para conocer si existe o no raíz unitaria con el fin de corregir la estacionariedad de la serie. Posteriormente se valida el modelo con la prueba de ruido blanco. El desarrollo del modelado y presentación de resultados se utiliza el software libre RStudio, y para el análisis de correlación entre variables se utiliza la prueba R de Pearson en el software SPSS.

Un análisis correlacional es el estudio de la asociación no causal entre dos (o más) variables, es decir, si los cambios en una variable corresponden a la otra variable. Se tiene dos tipos de correlaciones, una positiva cuando la variación es directa y otra negativa cuando la variación es inversa y en algunos casos también pueden no relacionarse. El coeficiente de correlación tiene una interpretación que se indica a continuación: 0 Nula; >0.0 - 0.2 Muy baja; >0.2 - 0.4 Baja; >0.4 - 0.6 Moderada; >0.6 - 0.8 Alta; >0.8 - <1.0 Muy alta; 1.0 Perfecta (Rowntree et al., 1984).

Para el análisis de la correlación se utiliza la prueba R de Pearson que permite cuantificar la magnitud de la correlación entre dos variables y ayuda a predecir valores. Si estas variables tuvieran una correlación perfecta se podría inferir el valor de la variable Y conociendo el valor de X (Roy-García et al., 2019).

## DESARROLLO

Se toman los datos del IPI- Manufacturero en el Ecuador dentro de un período comprendido entre el 2016 y el 2020, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla1**  
**Ecuador: IPI - Manufacturero, 2016 - 2020**

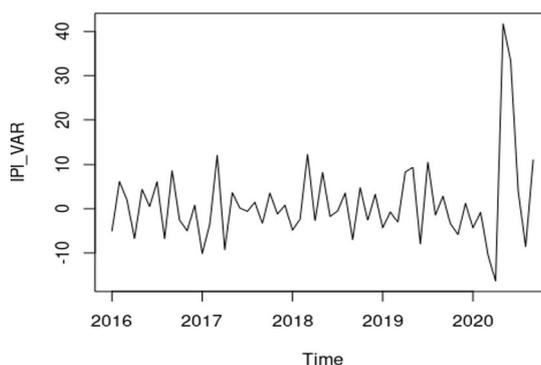
	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	93.46	88.64	86.20	93.99	96.91
Febrero	99.15	85.45	84.07	93.33	96.14
Marzo	101.08	95.74	94.38	90.46	86.06
Abril	94.23	86.89	91.78	97.90	71.95
Mayo	98.30	90.01	99.21	106.96	101.95
Junio	98.80	90.16	97.50	98.45	136.06
Julio	104.75	89.64	97.03	108.77	141.57
Agosto	97.62	90.95	100.43	107.26	129.42
Septiembre	105.89	87.90	93.39	110.27	143.71
Octubre	103.03	90.98	97.79	106.43	
Noviembre	97.83	89.92	95.24	100.16	
Diciembre	98.62	90.63	98.31	101.38	
Promedio	99.40	89.74	94.61	101.28	111.53
Variación promedio	0.15	-0.54	0.82	0.43	5.51

Fuente: Banco Central del Ecuador

Con los datos de la Tabla 1, se realiza una programación en Rstudio, en el cual se utiliza una base de datos de la variación del Índice de Producción Industrial de Manufactura (IPI-VAR) y el Valor Agregado Bruto (VAB) del año 2016 al 2020, los mismos que son obtenidos del Banco Central del Ecuador, así también una base generada en Excel con información sobre gastos en protección del medio ambiente, consumo de energía eléctrica y generación y recuperación de residuos sólidos de las industrias de manufactura en el período de estudio.

En primer lugar se analiza el IPI-VAR a través de series de tiempo en Rstudio y se evalúa la estacionariedad de los mismos con la prueba de Dikey-Fuller utilizando el código de programación descrito en el Anexo 1, obteniendo un P valor inferior a 0.05 como se indica en la Tabla 2, lo que muestra que del (IPI-VAR) es estacionario. En la Figura 1 se observa la variación del IPI en el histórico de tiempo planteado.

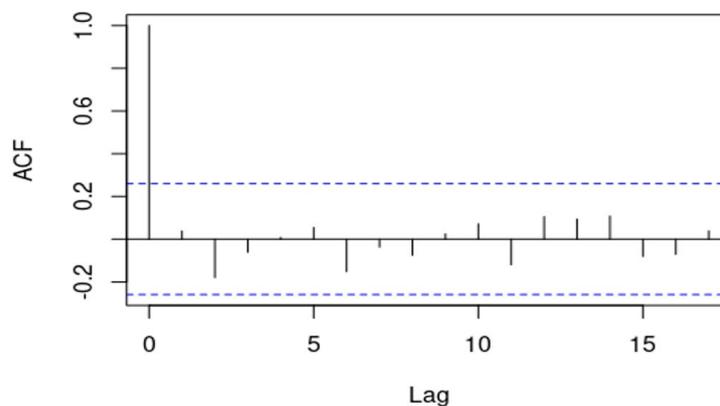
**Figura 1**  
**IPI - VAR: Histórico 2016 - 2020**



Para el diseño del modelo ARIMA, se determina la autocorrelación para obtener el número de medias móviles y autocorrelación parcial y así determinar el número de autorregresivos, ver Figura 2A y Figura 2B, la programación se evidencia en el Anexo 1.

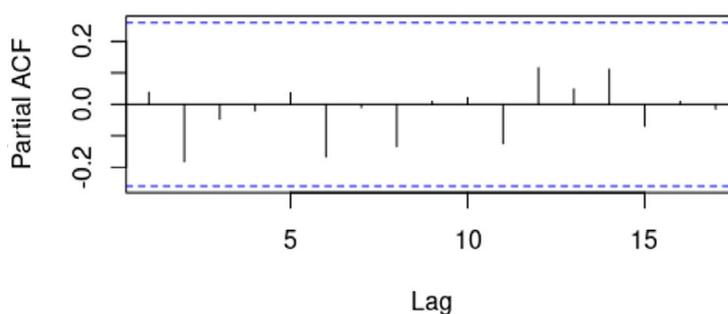
**Figura 2A**

**IPI - VAR: Medias móviles**



**Figura 2B**

**IPI - VAR: Autocorrelación**



Las figuras (2A, 2B) indican que existe 1 media móvil y 0 autorregresivos (ver Tabla 2), quedando de esta forma el modelo ARIMA como (0,0,1).

A continuación, se realiza la prueba de ruido blanco con el Test Ljung Box, utilizando el código del Anexo 1, donde se obtiene un valor superior a 0.05 (Ver Tabla 2), por tanto, se indica que existe ruido blanco y como consecuencia de aquello se concluye que el modelo se ajusta correctamente.

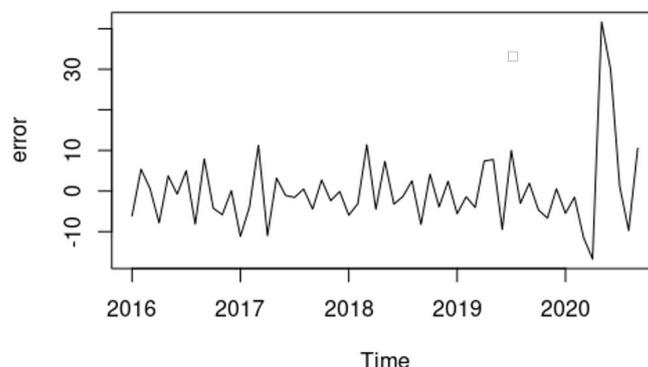
**Tabla2**

**Resultados del modelo ARIMA**

Pruebas	R2	P- valor
Dickey-Fuller	-3.9741	0.01707
Test Ljung Box	0.0059776	0.9384
Medias móviles	1	
Autorregresivos	0	

Además, se verifica que el error tiene una media de 0 como se visualiza en la Figura 3. Sin embargo, cabe destacar que, en el 2020, existe un pico bajo de este indicador, evidentemente por consecuencia de la pandemia por COVID -19, la misma que afectó al sector industrial de manufactura de forma significativa, debido a las restricciones de movilidad que implantaron los gobiernos en cada uno de los países del mundo.

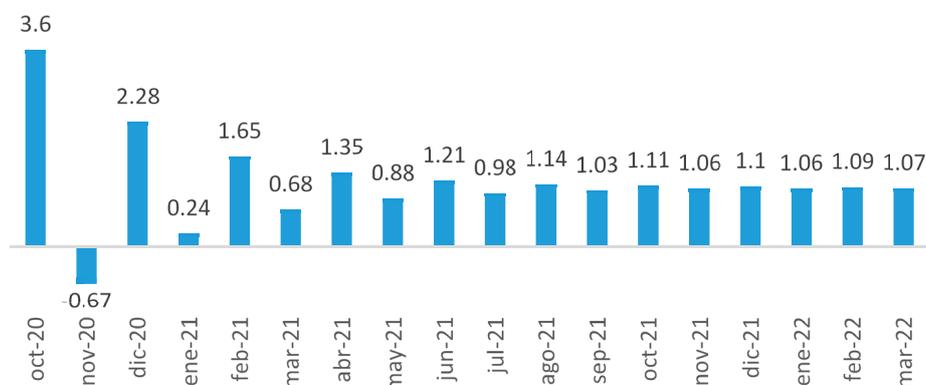
**Figura 3**  
**IPI - VAR: Error en la serie, 2016 - 2020**



## RESULTADOS

Con los datos obtenidos, se realiza una proyección del IPI (ver Figura 4), con el fin de verificar la tendencia de crecimiento y el comportamiento económico del sector de manufactura, comprendido desde octubre 2020 hasta marzo 2022, con la finalidad de ayudar al sector industrial a mirar tendencias hacia el futuro en cuanto al crecimiento económico, lo que comprometerá en mayor proporción el cuidado del medio ambiente, la sostenibilidad, el reciclaje, la reducción de residuos y consumo y la gestión ambiental.

**Figura 4**  
**Ecuador: Proyección de variabilidad IPI - M, Octubre 2020 - Marzo 2022**  
**(Índice)**



En base a los datos recolectados considerados hasta septiembre del 2020, se proyecta la variabilidad del IPI-M con la finalidad de constatar la perspectiva de crecimiento y evolución de la producción industrial, donde en noviembre del 2020, se verifica una variación negativa del IPI en un -0.67%, luego en diciembre del 2020 una tendencia creciente de 2.28%. En la Figura 4, se evidencia que desde abril 2021 se mantiene una variabilidad estable en el índice de producción, donde no se muestra variación negativa, dejando en claro que la producción industrial en manufactura de acuerdo a la predicción del modelo, conserva un importante valor de crecimiento. Por lo tanto, es menester tomar atención a los factores y consecuencias que conlleva este indicador como son las implicaciones medioambientales.

Luego de analizar la proyección del comportamiento del índice de producción industrial, se levanta información adicional del sector como el VAB Manufacturero, gastos en protección del medio ambiente, consumo de energía eléctrica y generación y recuperación de residuos sólidos, para contrastar los indicadores de producción con factores medioambientales, cuyos valores se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

**Ecuador: Datos de las variables de estudio, 2016 - 2020**

Año	IPI-M	VAB	Consumo energía eléctrica (GWh)	Gasto protección ambiental(dólares)	Generación de residuos ton/día
2016	89.40	4,778.08	169.60	58,000.00	2,713.00
2017	94.74	5,009.62	167.80	57,660.00	2,750.00
2018	99.61	5,691.68	164.80	57,430.00	2,882.00
2019	101.28	6,388.64	175.20	58,600.00	2,950.00
2020	111.53	7,103.93	179.50	56,500.00	3,200.00

Fuente: (INEC, 2020)

Para mostrar los resultados se plantean las siguientes hipótesis y se las trabaja en función de la metodología planteada:

**a) Consumo de energía eléctrica e índice de producción industrial**

$H_0$ : El incremento del consumo de energía eléctrica no está asociado con la variación del índice de producción industrial

$H_1$ : El incremento del consumo de energía eléctrica si está asociado con la variación del índice de producción industrial

**b) Consumo de energía eléctrica y valor agregado bruto de manufactura**

$H_0$ : El incremento del consumo de energía eléctrica no está asociado con la variación del valor agregado bruto de manufactura

$H_1$ : El incremento del consumo de energía eléctrica si está asociado con la variación del valor agregado bruto de manufactura

**c) Generación de residuos industriales e índice de producción industrial**

$H_0$ : El incremento de generación de residuos industriales no está asociado con la variación del índice de producción industrial

$H_1$ : El incremento de generación de residuos industriales si está asociado con la variación del índice de producción industrial

**d) Generación de residuos industriales y valor actual bruto**

$H_0$ : El incremento de generación de residuos industriales no está asociado con la variación del valor agregado bruto

$H_1$ : El incremento de generación de residuos industriales si está asociado con la variación del valor agregado bruto

**e) Gastos en protección ambiental e índice de producción industrial**

$H_0$ : El incremento en gastos en protección ambiental no está asociado con la variación del índice de producción industrial

$H_1$ : El incremento en gastos en protección ambiental si está asociado con la variación del índice de producción industrial

**f) Gastos en protección ambiental y valor actual bruto de manufactura**

$H_0$ : El incremento en gastos en protección ambiental no está asociado con la variación del valor agregado bruto de manufactura

$H_1$ : El incremento en gastos en protección ambiental si está asociado con la variación del valor agregado bruto de manufactura

**Tabla 4**  
**Correlaciones**

		IPI-M	CONS_ENERGÍA_ELE	VAB	PROT_AMB	RESIDUOS
IPI-M	Correlación de Pearson	1	.967	0.711	-0.617	.984
	Sig. (bilateral)	-	0.007	0.178	0.268	0.002
	Sig. (bilateral)	0.007	-	0.106	0.471	0.004
VAB	Correlación de Pearson	0.711	0.797	1	-0.269	0.789
	Sig. (bilateral)	0.178	0.106	-	0.662	0.013
	Sig. (bilateral)	0.268	0.471	0.662	-	0.284

En la Tabla 4, se muestran los resultados de las correlaciones entre el VAB, IPI-M, consumo de energía eléctrica del sector industrial manufacturero (CONS\_ENERGÍA\_ELE), generación de residuos (RESIDUOS) y gastos en protección medioambiental (PROT\_AMB), procesados en el programa estadístico SPSS versión libre limitada, los mismos que dan respuesta a las diferentes hipótesis planteadas, cuyas respuestas se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 5**  
**Resultados de las hipótesis planteadas**

Hipótesis	Resultado
Hipótesis aceptada	
a)	H <sub>1</sub>
b)	H <sub>0</sub>
c)	H <sub>1</sub>
d)	H <sub>1</sub>
e)	H <sub>0</sub>
f)	H <sub>0</sub>

En las tablas 4 y 5, se resumen los resultados de la correlación analizada, donde se indica que entre el IPI y el consumo de energía eléctrica en la industria, existe una correlación alta, así también entre el IPI y la generación de residuos, al ser correlaciones positivas, se infiere que a medida que aumenta la producción industrial, también se incrementa el consumo de energía y por consiguiente la generación de residuos, mismo resultado se evidencia para la relación entre el VAB y la generación de residuos.

Dentro de la actividad industrial de manufactura, existe generación de residuos que, al ser desechados, provoca impactos ambientales que deben ser mitigados dentro de la filosofía de la economía circular, así también respecto al consumo de energía eléctrica, ya que a medida que se requiera más energía esto provoca la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y un severo y acelerado deterioro del medio ambiente.

Por tal motivo se plantean varias estrategias a la luz de los principios de economía circular, analizados y propuestos por varios autores.

### ESTRATEGIAS PLANTEADAS

Evidentemente el sector industrial, especialmente el de manufactura aporta significativamente al PIB del Ecuador y este ayuda en el crecimiento económico del mismo. Sin embargo, como consecuencia de sus procesos industriales, se dan impactos que perjudican el medioambiente. Es por esto que es urgente implementar sistemas económicos más amigables con el ambiente consciente del bienestar de quienes habitan en él (Almeida y Díaz, 2020).

Hoy en día se van generando estrategias en la cadena de valor, cadena de suministro y procesos de manufactura que permiten rescatar los desechos, reintegrándolos al ciclo de producción propendiendo a que las organizaciones mantengan el valor de los productos y las materias primas, el mayor tiempo posible, enfocándose en el diseño y eco diseño, logrando así alargar la vida útil de los productos, haciéndolos reutilizables y fáciles de ser reintegrados a la cadena de valor (Wilts, 2017).

Algunas industrias como lo propone Venegas (2020), buscan a mediano plazo contribuir a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, convirtiendo a la empresa en consumidor sostenible, proponiendo la remanufactura de sus equipos industriales en cuyo diseño se incrementa la eficiencia y el uso de energía renovable para su funcionamiento.

Otros sectores buscan ser competitivos a través de las estrategias de economía circular (Gómez, 2021), en este aspecto las empresas buscan destacar frente a la competencia, enfocando sus propuestas en la sostenibilidad de los recursos tanto al inicio como al final del proceso productivo y muchas también ofreciendo servicios posventa, que permita reintegrar o reparar productos en lugar de ser desechados (Calle et al., 2020). Existen enfoques prácticos para la implementación de la EC basada en teorías de Cleaner Production (CP), ecología industrial y modernización ecológica. Se sugiere además impulsar proyectos basados en diseño sin residuos, aumento de resiliencia, utilización de energías limpias, optimizando el uso de recursos (Arroyo, 2018).

Investigando casos se descubrió que, en una fábrica de neumáticos en Ecuador, por ejemplo, la materia prima utilizada para la fabricación de cada uno de los productos es 95% reciclada, lo que disminuye la cantidad de recursos explotados y por tanto también disminuye los efectos negativos para el medioambiente como la reducción de gases de efecto invernadero. Otra empresa de producción de envases para gaseosas ha logrado recuperar el 79% de las botellas post consumo e incorporar un promedio de 25% de contenido reciclado en el 100% (Garabiza et al., 2021).

También se están desarrollando normas basadas en economía circular como la ISO/ TC323 basada en siete principios para la obtención sostenible de recursos como: ecodiseño, simbiosis industrial, economía de funcionalidad, consumo responsable, extensión del ciclo de vida del producto, gestión eficiente del fin de la vida útil de productos y materiales.

## CONCLUSIONES

El índice de producción industrial en el sector de manufactura, tiene un importante protagonismo en el desarrollo económico del Ecuador, es un sector de vital importancia para el crecimiento económico, así lo demuestra la tendencia de la variabilidad mostrada en el modelo de series temporales, el mismo que muestra un pronóstico estable en función del estado actual de variabilidad, concluyendo que el sector de producción industrial marca y marcará un hito trascendental al momento de analizar las implicaciones medioambientales que este genere.

El VAB manufacturero tiene una alta correlación (78.9%) con la generación de residuos, esto indica que mientras más desarrollo económico tienen las industrias, más están generando residuos, por lo que es indispensable alertar al sector para contener los impactos que se están produciendo actualmente y en el futuro.

El IPI y la generación de residuos se correlacionan directamente en un 98.4% mostrando claramente que a medida que los indicadores de producción incrementan, también la generación de residuos, al igual que el análisis anterior, se debe buscar estrategias que propendan a modelos sostenibles bajo criterios de economía circular.

El consumo de energía eléctrica es directamente proporcional y se correlaciona en un 96.7% con el índice de producción industrial, a medida que más produce la industria, más consumo eléctrico genera, por lo que también se debe considerar estrategias de economía circular bajo la relación de estas variables.

A pesar de no estar asociado el IPI y el VAB con el gasto en protección ambiental, se evidenció una correlación inversa, dato destacable ya que indica claramente que a medida que la producción industrial crece, el gasto en protección ambiental disminuye, dejando una clara preocupación con miras al cumplimiento de los ODS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agurto, A. (2018). Relación entre crecimiento económico y manufactura en Ecuador usando técnicas de cointegración. *Revista Vista Económica*, 4(1), 70-82. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/economica/article/view/509>
2. Aldás, D., Molina, N., Pérez, L. y Zurita, M. (2018). Análisis de los tiempos de preparación para la reducción de desperdicios en el proceso de troquelado. Caso aplicado industria de calzado. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 149-160. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V3.N10.2018.649>
3. Almeida, M. y Díaz, C. (2020). Circular Economy, a Strategy for Sustainable Development. *Advances in Ecuador. Estudios de La Gestión*, 8, 35-57. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2407/2199>

4. ARCONEL. (2020). Balance Nacional de Energía Eléctrica – ARCONEL. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/balance-nacional/>
5. Arroyo, F. (2018). Vista de La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78-98. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786/909>
6. Borowski, P. (2021). Digitization, Digital Twins, Blockchain, and Industry 4.0 as Elements of Management Process in Enterprises in the Energy Sector. *Energies*, 14(7), 1885. <https://doi.org/10.3390/en14071885>
7. Calle, N., Pincay, R. e Illezcas, M. (2020). Economía circular: desafíos para una visión estratégica de las empresas exportadoras. *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 7(3), 120-135. <https://doi.org/10.46677/COMPENDIUM.V7I3.865>
8. CEPAL (2019). ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles en América Latina y el Caribe 1. [https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods12\\_c1900731\\_press.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods12_c1900731_press.pdf)
9. Cosgrove, J., Doyle, F. y Van Den Broek, B. (2019). A case study analysis of energy savings achieved through behavioural change and social feedback on manufacturing machines. In *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 155. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-9271-9\\_27](https://doi.org/10.1007/978-981-13-9271-9_27)
10. Ellen Macarthur Foundation. (2020). Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada.
11. Garabiza, B., Prudente, E. y Quinde, K. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Espacios*, 42(2), 222-237. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n02p17>
12. Gómez, M. (2021). Economía circular: una contribución a la competitividad dentro de la industria textil colombiana. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8333>
13. Howard, M., Hopkinson, P., & Miemczyk, J. (2019). The regenerative supply chain: a framework for developing circular economy indicators. *International journal of production research*, 57(23, SI), 7300-7318. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1524166>
14. INEC. (2020). Boletín Técnico -2020-IPI-M. In Boletín. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
15. INEC. (2021). Nota metodológica índice de producción de la industria manufacturera IPI-M. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
16. Porcelli, A. y Martínez, A. (2018). Legislative analysis of the circular paradigm economy. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067-1105. <https://doi.org/10.1590/2317-6172201840>
17. Prado-Carpio, E. y Castro, C. (2017). Energy intensity of ecuador and estimate of carbon footprint. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 232-236. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000200031&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000200031&nrm=iso)
18. Reyes, J., Mula, J. y Díaz-Madroñero, M. (2021). Development of a conceptual model for lean supply chain planning in industry 4.0: multidimensional analysis for operations management. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1993373>
19. Rowntree, D., Chiappa, C. y Vasco Montoya, E. (1984). *Introducción a la estadística : un enfoque no matemático*. Editorial Norma.
20. Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M. y Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 354-360. <https://doi.org/10.29262/RAM.V66I3.651>
21. Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F. y Freire, C. (2021). Valor agregado Bruto-VAB Ecuador. [https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipecticos/Dipectico\\_N64.pdf](https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipecticos/Dipectico_N64.pdf)
22. Sánchez, I. y Moreno, J. (2016). The challenge of economic growth in Mexico. *Manufacturing industries and industrial policy. Revista Finanzas y Política Económica*, 8(2), 271-299. <https://doi.org/10.14718/revfinanz-politecon.2016.8.2.4>

23. Sanmartín, G., Zhigue, R. y Alaña, T. (2017). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), 36-40. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100005)
24. Uquillas, A. y González, C. (2017). Modelo Macro para Pruebas de Tensión de Riesgo de Crédito de Consumo en el Sistema Financiero Ecuatoriano. *Revista de Análisis Estadístico*, 14(2), 75 - 99. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/Analitika/Anexos\\_pdf/Analit\\_14/3a.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/Analitika/Anexos_pdf/Analit_14/3a.pdf)
25. Varela, J., Tutora, M. y García, M. (2018). La economía circular. Una propuesta de futuro para España y Europa. *Repositorio Universidade Coruña*. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/21053>
26. Venegas, M. (2020). Industria 4.0 y economía circular-Aplicación práctica en remanufactura industrial. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 5(6), 14623-14638. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i6.1422](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1422)
27. Wilts, H. (2017). Key Challenges for Transformations Towards a Circular Economy – The Status Quo in Germany. *International Journal of Waste Resources*, 7(1). <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000262>

## ANEXO

### PROGRAMACIÓN EN R

```
> library(datasets)
> library(forecast)
> library(tidyverse)
> library(foreign)
> library(quantmod)
> library(lubridate)
> library(dplyr)
> Arimar.ts=ts(IPI_VAR,start = c(2016,1),frequency = 12)
> Arimar.ts
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May
2016	-5.0700000	6.0800000	1.9500000	-6.7700000	4.3200000
2017	-10.1182328	-3.6057266	12.0499218	-9.2519279	3.5961962
2018	-4.8972834	-2.4643375	12.2675020	-2.7607082	8.0944562
2019	-4.3900654	-0.7051065	-3.0670606	8.2174121	9.2597518
2020	-4.4063139	-0.8009021	-10.4791316	-16.3943687	41.6903284
	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
2016	0.5100000	6.0200000	-6.8100000	8.4700000	-2.7000000
2017	0.1619229	-0.5787361	1.4626112	-3.3509295	3.5043167
2018	-1.7168187	-0.4822695	3.5028262	-7.0112352	4.7087911
2019	-7.9637333	10.4915395	-1.3902467	2.8075319	-3.4819697
2020	33.4611169	4.0451630	-8.5790113	11.0419204	
	Nov	Dec			
2016	-5.0400000	0.8100000			
2017	-1.1665339	0.7966304			
2018	-2.6111265	3.2230114			
2019	-5.8908057	1.2135420			
2020					

```
> plot(Arimar.ts)
> adf.test(Arimar.ts,alternative="stationary")
```

#### Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: Arimar.ts
Dickey-Fuller = -3.9741, Lag order = 3, p-value = 0.01707
alternative hypothesis: stationary
```

```
> plot(Arimar.ts,type="l",col="blue",main="Histórico IPI-M_VAR")
> acf(IPI_VAR)
```

```
> pacf(IPI_VAR)
> modelo1<-arima(Arimar.ts,order = c(0,0,1))
> modelo1
```

Call:  
arima(x = Arimar.ts, order = c(0, 0, 1))

Coefficients:  

	ma1	intercept
	0.0604	1.0532
s.e.	0.1652	1.2972

sigma^2 estimated as 85.47: log likelihood = -207.65, aic = 421.31

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Arimar.ts  
Dickey-Fuller = -3.9741, Lag order = 3, p-value = 0.01707  
alternative hypothesis: stationary

```
> plot(Arimar.ts,type="l",col="blue",main="Histórico IPI-M_VAR")
> acf(IPI_VAR)
> pacf(IPI_VAR)
> modelo1<-arima(Arimar.ts,order = c(0,0,1))
> modelo1
```

Call:  
arima(x = Arimar.ts, order = c(0, 0, 1))

Coefficients:  

	ma1	intercept
	0.0604	1.0532
s.e.	0.1652	1.2972

sigma^2 estimated as 85.47: log likelihood = -207.65, aic = 421.31

```
> tsdiag(modelo1)
> tsdiag(modelo1)
> tsdiag(modelo1)
> Box.test(residuals(modelo1),type = "Ljun-Box")
> acf(IPI_VAR)
> Box.test(residuals(modelo1),type = "Ljun-Box")
> Box.test(residuals(modelo1),type = "Ljung-Box")
```

Box-Ljung test

data: residuals(modelo1)  
X-squared = 0.0059776, df = 1, p-value = 0.9384

```
> error=residuals(modelo1)
> plot(error)
> pronostico<-forecast::forecast(modelo1,h=10)
> pronostico
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Oct 2020	1.691508	-10.15631	13.53932	-16.42816	19.81118
Nov 2020	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2020	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jan 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588

CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LAS INDUSTRIAS DE MANUFACTURA DEL ECUADOR.  
ESTRATEGIAS HACIA UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR

Mar 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
> pronostico<-forecast::forecast(modelo1,h=60)					
> pronostico					
	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Oct 2020	1.691508	-10.15631	13.53932	-16.42816	19.81118
Nov 2020	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2020	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jan 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Mar 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Aug 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Sep 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Oct 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Nov 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2021	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jan 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Mar 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Aug 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Sep 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Oct 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Nov 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2022	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jan 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Mar 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Aug 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Sep 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Oct 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Nov 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2023	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jan 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Mar 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Aug 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Sep 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Oct 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Nov 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Dec 2024	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588

Jan 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Feb 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Mar 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Apr 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
May 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jun 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Jul 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Aug 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588
Sep 2025	1.053231	-10.81615	12.92261	-17.09942	19.20588