

# Probabilidad de currencia del modelo de economía circular en una empresa prestadora del servicio de agua potable en Cajamarca – Perú

## Probability of occurrence of the circular economy model in a company that provides the drinking water service in Cajamarca - Peru

Liliana Beatriz Carrillo Carranza, Doctor en Ciencias Económicas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, liliana.carrillo@upn.edu.pe

**Resumen**– La gestión del agua dentro de una población amerita ser examinada en post de transformar su uso habitual en forma lineal hacia procesos circulares, que contribuyan a una mejor canalización y optimización del recurso. En tal sentido por ser el agua un recurso de suma importancia y con urgencia en su cuidado, la presente investigación tiene como finalidad estudiar la probabilidad de ocurrencia de implementar la circularidad en una empresa prestadora del servicio de agua potable en la ciudad de Cajamarca – Perú, considerando la evaluación de sus tres principios fundamentales. El estudio pertenece a un nivel descriptivo correlacional, aplicando dos instrumentos de recolección de información a 372 hogares y 120 colaboradores respectivamente y que a su vez constituyen las muestras del estudio, así también mediante modelos econométricos se facilitó el logro del objetivo.

Los LR statistic igual a 72.57407 y 72.35393 de los Modelos Logit y Probit para el contexto interno y 6.862125; 6.784645 para el externo respectivamente; asumen que las variables consideradas en su conjunto explican los modelos, ratificándose esto con la alta probabilidad de ocurrencia (88%, 97% y 90% para ambos contextos) del desarrollo de la Economía Circular en la unidad económica en estudio para un escenario realista, no obstante, después de realizar un amplio análisis se deduce que el estado actual de la empresa aún se encuentra en fase inicial para dicho fin, enfocando oportunidades de mejora y fortalecimiento principalmente en el segundo y tercer principio de la Economía Circular.

**Palabras claves** – Agua, economía circular, Desarrollo sostenible

**Abstract**– The management of water within a population deserves to be examined in order to transform its habitual use in a linear way towards circular processes that contribute to a better channeling and optimization of the resource. In this sense, because water is a resource of the utmost importance and with urgency in its care, the purpose of this research is to study the probability of occurrence of implementing circularity in a company that provides drinking water service in the city of Cajamarca - Peru, considering the evaluation of its three fundamental principles. The study belongs to a correlational descriptive level, applying two data

collection instruments to 372 households and 120 collaborators respectively and which in turn constitute the study samples, thus also through econometric models the achievement of the objective was facilitated.

The LR statistic equal to 72.57407 and 72.35393 of the Logit and Probit Models for the internal context and 6.862125 and 6.784645 for the external one, respectively, assume that the variables considered as a whole explain the models, confirming this with the high probability of occurrence (88%, 97% and 90% for both contexts) of the development of the Circular Economy in the economic unit under study realistic scenario, however, after carrying out an extensive analysis it is deduced that the current state of the company is still in the initial phase for said purpose, focusing opportunities for improvement and strengthening mainly in the second and third principles of the Circular Economy.

**Keywords**– Water, circular economy, sustainable development

### I. INTRODUCCION

No es una falacia ni una advertencia que los recursos naturales y la biomasa se están agotando, más aún contaminando [1], situación que causa una grave crisis ambiental en todo el mundo [2]. Existen varias demostraciones de este escenario en recursos como el aire, el agua, el suelo, la flora y fauna, etc. Se estima que al menos 7 millones de personas mueren cada año a causa de contaminantes del aire y efectos climatológicos, deteriorando los ecosistemas causando; graves enfermedades en los seres humanos y animales [3], [4] y [5]. Así también otro importante recurso que sufre esta misma suerte es el agua. El Informe de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022, señala que el 99% del agua subterránea representa el agua dulce líquida de la tierra disponible tanto para el consumo doméstico como para las diferentes actividades económicas y dada la gran ingesta de químicos y cambios en la actualidad, su contaminación es irreversible [6]. La preocupación por el agotamiento y contaminación del agua no es de ahora, son numerosos años comprometidos en este fin, ejemplos sobre

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

métricas e indicadores se encuentran en diversos países [7], [8], [9], [10] y [11].

El agua, recurso reconocido en la teoría económica como un bien necesario con una elasticidad de la demanda perfectamente elástica es indispensable para la vida de los seres humanos. Si su precio varía, la cantidad de su consumo no cambia, puesto que es un bien que no tiene sustitutos perfectos, e allí su gran importancia, sin restar la vitalidad que ocasiona al cuerpo y toda la cadena que de ello se deriva.

El panorama del agotamiento y contaminación de los recursos fue advertido ya hace varias décadas atrás por teóricos economistas, cuando escudriñaron la relación entre los recursos naturales y el crecimiento económico, demostrando con la Ley de Rendimientos Marginales Decrecientes una asociación negativa, que en la actualidad sigue vigente [12], y que se incrementa años tras año. Nutridas posturas son las que tratan de explicar éste funesto resultado, así tenemos: el progreso tecnológico [13] y [14], el aumento de la población [15] y extensión de la urbanización [16], [17] y [18], la incipiente gobernanza en los países [19] al abuso en la utilización de los recursos finitos y esquemas de crecimiento económico [20], además de intereses de las economías internacionales [21], el consumismo [22], [23] y otros más, no obstante, uno de los factores preponderantes que ha contribuido decididamente a éstos hechos es la citada “economía lineal tradicional de «tomar, usar, desechar» [24] basada en el consumo de grandes cantidades de energía y de materias primas logrando el auge del desarrollo industrial y de un nivel de crecimiento sin precedentes en la historia de la humanidad, con llevando al surgimiento de modelos económicos, como el capitalismo [25].

Parte importante de los actuales procesos industriales se adaptan al modelo lineal “extracción-transformación-uso-eliminación”, que presta escasa atención hacia los productos, sus componentes o los recursos empleados en su producción, siendo utilizados irracionalmente [26]. Frente a ello han prevalecido un sin número de posturas y/o conceptos para menguar dicha situación, uno de ellos es la sostenibilidad que enmarca tres directrices: económica, social y ecológica o ambiental [27] y [28], otro complementario es la sustentabilidad [29] en ese camino surge la Economía Circular [30], que trastoca el enfoque lineal, otorgando oportunidad a los desechos; producto de la actividad económica insertándolos al proceso operativo o productivo las veces que sean necesarias de modo que disminuyan y que su vida útil se aproveche lo máximo permisible regresando a la biomasa en un estado que contribuya a su degradación natural [31]. La economía circular tiene sus fundamentos en varias corrientes de pensamiento desde la Biomesis hasta De la Cuna a la Cuna [32], sin embargo, en el año 2013 la Fundación de Ellen MacArthur propone tres principios para la generación de la circularidad: El primero Preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables. El segundo Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y

materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos. Y finalmente el tercero Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos [33].

Fomentar cambios en los procesos productivos incorporando el modelo de la economía circular podría conllevar a beneficios incalculables, además de un alto costo de oportunidad. La adopción de este modelo no es nuevo, algunos países vienen aplicándola en sus actividades económicas y es que desde la edad media ya se hacía referencia a la economía circular con los términos recientemente reconocidos de reciclaje y reutilización, denominando a las personas que los aplicaban como “ropavejeros” encargados de limpiar, coser, restaurar, alquilar y revender ropa y accesorios, ingresando de esta forma al círculo virtuoso de la circularidad [34]. De la misma forma se encuentra la incorporación de la economía circular en Brasil, en sectores como la industria, comercio, agricultura y servicios con resultados positivos que coadyuvan en la definición de políticas públicas y acciones ambientales [35]. Por su parte el sector manufacturero en España mediante la cerámica es otro caso en el que se aplicó la economía circular, adaptando los residuos al proceso inicial, reconociendo que técnicamente es factible fabricar revestimientos de cerámicos adicionando sus residuos [36]. La aplicación de la economía circular no restringe país ni sector, casos como el de cajas y palets para uso de alimentos [37], el del sector siderúrgico en la Unión Europea que gracias a la economía circular pueden lograr su objetivo de “residuos cero” [38], así también el sector financiero con el renting como instrumento financiero para construir inversiones sostenibles [39] son claros ejemplos de la versatilidad de este modelo.

La aplicación de la economía circular en los recursos naturales es de suma importancia, toda vez que prolongaría la capacidad de asimilación de la biomasa retardando su degradación. Por consiguiente destacando que éste modelo es aplicable a diversos productos y recursos, algunos países estudian la posibilidad de adoptar la circularidad en el agua como recurso indispensable para el ser humano y la economía [40], [42] y [43].

El gran reto del Modelo de Economía Circular se basa en crear estrategias y herramientas mediante las cuales los agentes económicos, tanto empresas, gobiernos y familias se sumen a la adaptabilidad de este círculo virtuoso. En ese sentido la presente investigación tiene como objetivo estudiar la probabilidad de la implementación del modelo de economía circular en una empresa prestadora del servicio de agua potable en la ciudad de Cajamarca – Perú, con la finalidad de verificar su pertinencia y profundizar las implicancias de las tres R’s, (recondicionar, refabricar y reciclar), así también postulando estrategias que ayuden a la empresa a potenciar, mantener y/o reforzar su quehacer empresarial, su responsabilidad social empresarial y ambiental orientados hacia un desempeño eficiente de los recursos. En

consecuencia, se realizó en primer lugar un diagnóstico situacional de los tres principios propuestos por Ellen Macarthur para luego determinar la probabilidad de ocurrencia mediante modelos econométricos.

## II. MATERIALES Y METODOS

El enfoque de la investigación es cuali - cuantitativa obedeciendo a la naturaleza de las variables, se ubica en un nivel descriptivo – correlacional, con un diseño no experimental transversal, de tipo básica. El estudio considera dos contextos, el interno (colaboradores) y externo (clientes - hogares) en tanto que la circularidad compendia a los agentes prioritarios en la cadena de provisión del servicio. En concordancia a ello la muestra fue obtenida mediante el uso de la formula probabilística con población conocida, haciendo un total de 372 hogares consumidores del servicio que presta la empresa prestadora de agua potable y 120 colaboradores de la empresa antes referida respetivamente.

El estudio considera 9 indicadores, con 22 índices respectivamente, 5 de ellos corresponden al grupo de trabajo N° 12 Agua y Economía Circular del Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), España 2018 [44].; y los cuatro restantes fueron diseñados específicamente para la

investigación, construyendo el grupo de baremos para la ubicación de los niveles inicial, en proceso y logrado. Se utilizaron como instrumentos el cuestionario aplicado a las dos muestras, obteniendo una fiabilidad de  $\alpha = 0.835$  y  $\alpha = 0.821$  respectivamente y la lista de cotejo para el análisis documental.

El proceso electrónico se realizó mediante tres softwares: Excel, SPSS y Eviews. El primero para la codificación y obtención de la estadística descriptiva, por su parte el segundo para los resultados inferenciales mediante las pruebas de correlación Rho Spearman y D Somers; y por último el tercero en la construcción de los modelos econométricos Logit y Probit.

Los resultados se presentan en figuras y tablas. A continuación la tabla 1 muestra la descomposición de la variable.

TABLA I  
OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Variable	Dimensiones/Principios	Indicador	Indices	
Economía Circular	Preservar y mejorar el capital natural	Indicadores de Captación	Agua captada según su origen	
			Nuevas fuentes de captación del agua	
			Captación de agua en general	
		Indicadores de Sustitución o Reemplazo	Distribución de agua según su destino	
			Adaptación o reemplazo de recursos	
			Adaptación o reemplazo de procesos	
			Costos de oportunidad de sustitución	
			Indicadores de Estado ambiental	Calidad de agua
	Optimizar el rendimiento de los recursos	Indicadores de Abastecimiento	Capacidad de respuesta en el control de fugas	
			Estado de conservación de la infraestructura	
			Inversión en infraestructura	
			Uso de la capacidad instalada	
		Indicadores de Reutilization	Capacidad tecnológica para el reúso del agua	
			Capacidad de adaptación de instalaciones para el reúso del agua	
			Agua insertada para otros usos	
			Costos de oportunidad de reutilización	
	Promover la eficacia de los sistemas	Indicadores de consumo de agua	Huella hídrica por familia	
		Indicadores de Saneamiento	Aguas residuales tratadas	
			Costos en el tratamiento de aguas residuales	
		Indicadores de Valor	Disponibilidad para pagar	
		Indicadores de Concientización ambiental	Población comprometida con el cambio	
Población dispuesta al Modelo de Economía Circular				

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función a los objetivos se despliegan los resultados siguientes, iniciando por el principio 1

Al revisar cómo se encuentra la condición del primer Principio en la tabla 2, esto es encontrar la posibilidad de sustituir o reemplazar algún insumo dentro de las operaciones de la unidad económica estudiada, ineludiblemente el resultado se ubica en un estado inicial. Son tres indicadores que contribuyen al logro de éste principio, pero sin lugar a duda, el indicador de Sustitución o Reemplazo aporta sustancialmente a su estado.

El índice de adaptación o reemplazo de recursos se encuentra también en un estado inicial, debido a que ni la Cal, el Sulfato de Aluminio, el Polímero ni mucho menos el Cloro son productos que pueden reemplazarse, son sumamente importantes a lo largo de las siete fases de potabilización del agua, con mayor relevancia éste último. Hasta el momento la empresa no ha identificado algún insumo alterno con la misma efectividad tanto para ella como para el medio ambiente. A su vez, al revisar la adaptación de los procesos o fases, se evidencia que de las siete existentes que se requieren para potabilizar el agua, ninguna de ellas puede obviarse o adaptarse, no obstante, se avizora la posibilidad de concatenar una fase ocho para captar las aguas residuales, clasificarlas mediante procesos químicos y reinsertarlas a otros usos no domésticos e inclusive a actividades económicas como la ganadería y la agricultura, sobre todo en ésta última en la que se podría desarrollar la fitorremediación depurando las aguas residuales [45]. A pesar de éstas soluciones a priori, [46] advierte que no todas las actividades económicas están

preparadas para la circularidad, dependerá del estado del desecho.

Al otro extremo de los beneficios de la circularidad, examinar las externalidades en temas ambientales es prioritario dado que, acciones en el corto plazo pueden contraer distorsiones en el largo plazo [47]. Inclusive cuantificar y evaluar los costos de oportunidad es una tarea sustancial. Por ende comparar los costos de oportunidad de no existir algún recurso que compita con los antes mencionados y la continuidad de las operaciones actuales de la empresa con los recursos ya existentes, es sustancial, siendo preferible optar por la segunda alternativa puesto que, de surgir en el mercado un producto de reemplazo, necesariamente se debe comprobar su efectividad tanto para la empresa como la biomasa, demandando tiempo y resultados, en consecuencia, los costos de oportunidad son altos. La cuantificación de éstos resultados coincidirían con los del estudio realizado en Jordania, en el cual se compara la inserción del tratamiento de aguas residuales hacia la circularidad [42].

Los resultados de la correlación reflejan a través de la prueba de Rho Spearman que existe una relación directa, siguiendo la consecutiva symbiosis: si los tres indicadores actúan favorablemente entonces el primer principio puede fortalecerse para contribuir a la circularidad.

TABLA II  
RESULTADOS PRINCIPIO 1 - PRESERVAR Y MEJORAR EL CAPITAL NATURAL

Indicadores	Índices	%	Estado			Correlación Spearman	Prueba de Hipótesis Somers
			Índice	Indicador	Principio		
Captación	Agua captada según su origen	100	Logrado	Logrado	INICIAL	0.357	0.000 El P1 está en fase inicial teniendo una relación significativa
	Nuevas fuentes de captación del agua	100	Logrado				
	Captación de agua en general	35	Logrado				
	Distribución de agua según su destino	100	Logrado				
Sustitución o Reemplazo	Adaptación o reemplazo de recursos	44.2	Inicial	Inicial	0.560	0.055	
	Adaptación o reemplazo de procesos	57.5	Proceso				
	Costos de oportunidad de sustitución	21.7	Inicial				
Estado Ambiental	Calidad de agua	80.8	Logrado	Logrado			
Economía Circular y Principio 1						0.484	

En referencia a la condición del principio 2, verificado en la tabla 3 son dos indicadores que coadyuvan a su evaluación, cobrando mayor superioridad el indicador de reutilización, incidiendo en prolongar la vida útil del recurso, disminuyendo su captación virgen. El resultado general permite reconocer que se encuentra en un estado En Proceso, a causa del índice de capacidad tecnológica para el reúso del agua que se posiciona en un estado inicial, al respecto [48] especifica que la empresa desde hace 15 años atrás cuenta con tecnología tradicional y mecánica, sin embargo, en los años 2018 y 2019 precisamente, fue incorporando tecnología de última generación, manteniendo la tradicional.

En cuanto a la capacidad de adaptación de las instalaciones, estudios demuestran que en la actualidad las infraestructuras de las empresas no están preparadas para la circularidad, más bien realizan todas sus operaciones en una secuencia lineal, considerando ello, la empresa analizada no dista mucho de esta realidad, manejando igual orden.

Del mismo modo que sucede en el principio 1, el índice de agua insertada para otros usos, contempla la posibilidad de engranar una etapa o fase 8, clasificadora del desecho e insertadora para otros usos, de ésta forma se extiende la vida útil del recurso y por consiguiente la captación del recurso virgen disminuye, obteniendo mayor cobertura en tiempo y cantidad; siempre y cuando exista la modernización de la infraestructura, indispensable para la circularidad [49]. A su

vez la utilización de la inteligencia artificial para potenciar los procesos y fases de la potabilización puede ser de gran beneficio en esta etapa [50].

Diversos estudios demuestran que la implementación de la circularidad en recursos como la agricultura, la energía y principalmente el agua en el tratamientos de aguas residuales se encuentra en etapas iniciales, siendo la tecnología el acelerador de éste modelo [51].

Al igual que los resultados de correlación de Rho Spearman para el principio 1, los del principio 2 indican también una relación positiva o directa, significando que; si el indicador de abastecimiento y reutilización se fortalecen entonces el principio de optimizar el rendimiento de los recursos favorece la introducción a la economía circular.

TABLA III  
RESULTADOS PRINCIPIO 2 – OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DE LOS RECURSOS

Indicadores	Índices	Estado				Correlación Sperman	Prueba de Hipótesis Somers
		%	Indice	Indicador	Principio		
Abastecimiento	Capacidad de respuesta en el control de fugas	71.7	Logrado	En proceso	EN PROCESO	0.575	0.000 El P2 está en fase de proceso teniendo una relación significativa
	Estado de conservación de la infraestructura	49.2	En proceso				
	Inversión en infraestructura	78.3	En proceso				
	Uso de la capacidad instalada	48.3	En proceso				
Reutilización	Capacidad tecnológica para el reúso del agua	0	Inicial	En proceso	0.741		
	Capacidad de adaptación de instalaciones para el reúso del agua	10	En proceso				
	Agua insertada para otros usos	63.3	En proceso				
	Costos de oportunidad de reutilización	87.5	Logrado				
Economía Circular y Principio 2					0.890		

La tabla 4 analiza el principio 3, reconociendo si la unidad económica tiene la capacidad de proveer industrias

limpias a la población. Los resultados evidencian que se encuentra en un estado inicial, y esto se debe a indicadores

prioritarios como el consumo de agua o huella hídrica, el saneamiento y la concientización Ambiental. Categóricamente los cálculos realizados sobre la huella hídrica expresan una brecha de 5.2m<sup>3</sup> para el consumo del agua, indicando que cada familia cajamarquina consume 20.6m<sup>3</sup> más que el rango de 15.4m<sup>3</sup> establecido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) significando sobreconsumo y desperdicio.

El saneamiento es un punto crítico para la empresa, ya que desde el año 2012 ha limitado sus esfuerzos e iniciativas en esa tarea, convirtiéndose en un potencial conflicto social.

La concientización ambiental aporta sustancialmente a la circularidad, en vista que sumar acciones colaborativas también es parte del cambio de la secuencia lineal a una nueva. El cuarto principio de la economía según [52] “las personas responden a incentivos”, es un elemento significativo para el cambio de comportamiento en las familias, si la empresa o el gobierno utilizaría el mecanismo de incentivos la adaptación hacia la circularidad, obtendría resultados altamente positivos [53]. Al respecto la población cajamarquina es consciente que el agua se está contaminando, una de las causas para su escasez, de allí que; existe la

apertura de cambiar sus hábitos de consumo y reutilizar el agua, sin embargo, es imprescindible comparar el valor y el precio que conllevaría estas acciones. Muchas veces no es compatible lo que se paga por lo que valora.

Los resultados de la correlación de la prueba de Somers corrobora que el principio 3 se encuentra en una fase inicial.

Luego de revisar el diagnóstico situacional de los tres principios de la economía circular en la empresa en estudio, resulta lógica la oportuna introducción de éste modelo, permitiendo el logro de la consecución de objetivos de Desarrollo Ambiental, tales como: agua limpia, producción y consumo responsable y reconstrucción – conservación de ecosistemas [54]. La reducción de la biodiversidad, el agotamiento del agua y el suelo, además de las desigualdades sociales se reflejan en la calidad de vida de las naciones, por lo tanto la inclusión del circularidad es indispensable [55].

A fin de obtener resultados cuantificables sobre la transición a la economía circular, su factibilidad y sus posibles beneficios, la investigación postuló cuatro indicadores con sus respectivos índices, no obstante es razonable construir indicadores y métricas generales y particulares según corresponda [56].

TABLA IV  
RESULTADOS PRINCIPIO 3 – PROMOVER LA EFICACIA DE LOS SISTEMAS

Indicadores	Índices	Estado				Correlación	Prueba de Hipótesis
		%	Índice	Indicador	Principio	Sperman	Somers
Consumo de agua	Huella hídrica por familia	20.6m3	Inicial	Inicial	INICIAL	0.619	0.000 El P3 está en fase inicial teniendo una relación significativa
Saneamiento	Aguas residuales tratadas	0	Inicial	Inicial			
	Costos en el tratamiento de aguas residuales	45	Inicial				
Valor	Disponibilidad para pagar	98.9	En proceso	En proceso			
Concientización ambiental	Población comprometida con el cambio	82.8	Logrado	Logrado			
	Población dispuesta al Modelo de Economía Circular	74.7	Logrado				

Declarada la posibilidad del desarrollo de la economía circular, seguidamente se presentan los Modelos Logit y Probit mediante la regresión logística múltiple en vías de determinar la probabilidad de ocurrencia de la implementación de la circularidad en la empresa analizada.

A. Modelo Logit y Probit – Contexto Interno de la empresa

Las variables independientes que pueden influenciar en el desarrollo de la circularidad al interior (colaboradores) de la empresa son:

INVE: Inversión, VOLT: Voluntad de los Directivos, GEST: Gestión Administrativa, ESCZ: Escasez del Agua, BENF: Beneficios Generales

TABLA V  
RESULTADOS MODELOS LOGIT – PROBIT CONTEXTO INTERNO DE LA EMPRESA

Dependent Variable: ECCR									
Method: ML-Binary Logit (Newton-Raphson/Marquardt steps)					ML-Binary Probit (Newton-Raphson/Marquardt steps)				
Included observations: 120									
Variable	Coefficient	Std.Error	z-Statistic	Prob	Variable	Coefficient	Std.Error	z-Statistic	Prob
BENF	-0.659730	0.214854	-3.070593	0.0021	BENF	-0.363606	0.117691	-3.089495	0.0020
ESCZ	-0.891736	0.213198	-4.182656	0.0000	ESCZ	-0.517576	0.116771	-4.432399	0.0000
GEST	2.081113	0.696816	2.986604	0.0028	GEST	1.119957	0.366292	3.057557	0.0022
INVE	-0.737118	0.732935	-1.005707	0.3146	INVE	-0.413868	0.417929	-0.990282	0.3220
VOLT	-0.129044	0.661225	-0.195159	0.8453	VOLT	-0.137576	0.375947	-0.365944	0.7144
C	2.216636	1.578534	1.404237	0.1602	C	1.368614	0.896501	1.526617	0.1269
McFadden R-squared	0.460151		LR statistic	72.57407	McFadden R-squared	0.458755		LR statistic	72.35393
S.D. dependent var	0.483915		Prob(LR statistic)	0.00000	S.D. dependent var	0.483915		Prob(LR statistic)	0.00000

En la tabla 5 al nivel de significancia del 90% sólo tres variables (beneficios generales, escasez del agua y gestión administrativa) son significativas, ubicando sus valores por debajo del  $< 0.05$ , sin embargo, las variables inversión y voluntad de los directivos al tener valores  $> 0.05$  son no significativas estadísticamente. La razón de verosimilitud LR statistic = 72.57407 y Prob (LR statistic) = 0.0000 del modelo Logit, significan que todos los regresores o variables independientes consideradas en su conjunto, explican el modelo propuesto sobre la economía circular. Los resultados del modelo Probit son bastantes similares al Logit.

Los modelos se especifican de la siguiente manera:

Modelo Logit:

$$\ln(p/(1-p_i)) = 2.216636 - 0.659730\text{BENF} - 0.891736\text{ESCZ} + 2.081113\text{GEST} - 0.737118\text{INVE} - 0.129044\text{VOLT}$$

Modelo Probit:

$$P_i = f(1.368614 - 0.363606\text{BENF} - 0.517576\text{ESCZ} + 1.119957\text{GEST} - 0.413868\text{INVE} - 0.137576\text{VOLT})$$

Modelo de regresión logística multiple:

$$P = \beta_0 - \beta_1\text{Benef} - \beta_2\text{Escz} + \beta_3\text{Gest} - \beta_4\text{Inve} - \beta_5\text{Volt}$$

Probabilidad de Ocurrencia:

$$p = \exp(\beta_0 - \beta_1\text{Benef} - \beta_2\text{Escz} + \beta_3\text{Gest} - \beta_4\text{Inve} - \beta_5\text{Volt}) / (1 + \exp(\beta_0 - \beta_1\text{Benef} - \beta_2\text{Escz} + \beta_3\text{Gest} - \beta_4\text{Inve} - \beta_5\text{Volt}))$$

La tabla 6 expresa los resultados de las probabilidades de ocurrencia demostrando que la variable independiente Voluntad de los Directivos es decisiva para desarrollar el Modelo de la Economía Circular, esto se corrobora con los resultados descriptivos.

TABLA VI  
ESCENARIOS DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA - INTERNO

VARIABLES	ESCENARIOS		
	Optimista	Realista	Pesimista
	¿Cuál es la probabilidad de que se desarrolle el Modelo de Economía Circular?		
	Si todas las variables son favorables	Si no existe voluntad de los Directivos	Si todas las variables no son favorables
Constante	1	1	1
BENEF	1	1	0
ESCZ	1	1	0
GEST	1	1	0
INVE	1	1	0
VOLT	1	0	0
RESULTADO	86.76%	88.17%	50%

#### B. Modelo Logit y Probit – Contexto Externo de la empresa

Para el contexto externo (clientes o familias) las variables independientes consideradas fueron:

CAMHA: Cambio de Hábitos de Consumo  
REUAG: Reutilización del Agua

La tabla 7 identifica que en función al nivel de significancia del 90%, ninguna de las dos variables independientes propuestas son significativas estadísticamente debido a que sus valores son  $> 0.05$ . La razón de verosimilitud expresado mediante LR statistic = 6.862125 y la Prob (LR statistic) = 0.032353, identifican que las dos variables independientes en su conjunto explican el modelo planteado, considerando a las familias como agentes de consumo directo.

En la misma secuencia los resultados del modelo Probit son similares.

Los modelos se especifican de la siguiente manera:

Modelo Logit:  
 $\ln(\pi/(1-\pi)) = 4.139595 - 1.852379\text{CAMHAB} - 0.257730\text{REUAG}$

Modelo de regresión logística multiple:  
 $p = \exp(\beta_0 - \beta_1\text{Camhab} - \beta_2\text{Reuag}) / (1 + \exp(\beta_0 - \beta_1\text{Camhab} - \beta_2\text{Reuag}))$

Modelo Probit:  
 $\text{Pi} = f(2.151251 - 0.837266 \text{CAMHAB} - 0.115684\text{REUAG})$

TABLA VII  
 RESULTADOS MODELOS LOGIT – PROBIT CONTEXTO EXTERNO DE LA EMPRESA

Dependent Variable: ECCR1					ML-Binary Probit (Newton-Raphson/Marquardt steps)				
Method: ML-Binary Probit (Newton-Raphson/Marquardt steps)					ML-Binary Probit (Newton-Raphson/Marquardt steps)				
Included observations: 372									
Variable	Coefficient	Std.Error	z-Statistic	Prob	Variable	Coefficient	Std.Error	z-Statistic	Prob
CAMHAB	-1.182379	1.031755	-1.795366	0.0726	CAMHAB	-0.837266	0.417703	-2.004451	0.0450
REUAG	-0.257730	0.444998	-0.579172	0.5626	REUAG	-0.115684	0.223622	-0.517318	0.6049
C	4.139595	1.037840	3.988663	0.0001	C	2.151251	0.413341	5.204541	0.0000
McFadden R-squared	0.029010		LR statistic	6.862125	McFadden R-squared	0.028682		LR statistic	6.784646
S.D. dependent var	0.296048		Prob(LR statistic)	0.032353	S.D. dependent var	0.296048		Prob(LR statistic)	0.033630

La tabla 8 detalla en el escenario realista dos resultados, el primero si las familias cambian sus hábitos más no reutilizan el agua la probabilidad de que se implemente la circularidad es del 90%, pero si sucede en forma inversa el porcentaje se incrementa en un 97%, lo cual confirma que basta con realizar iniciativas simples de reuso del agua se estaría introduciendo a la economía circular.

Existen varios ejemplos de aplicación de la economía circular, y el agua no está exento a ello, es más por la importancia que tiene en la vida de los seres vivos, constituye una prioridad el cambio de operatividad.

TABLA VIII  
 ESCENARIOS DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA - EXTERNO

VARIABLES	ESCENARIOS			
	Optimista	Realista	Pesimista	
	¿Cuál es la probabilidad de que se desarrolle el Modelo de Economía Circular?			
	Si todas las variables son favorables	Si cambian los hábitos	Si se reutiliza el agua	Si todas las variables no son favorables
Constante	1	1	1	1
CAMHAB	1	1	1	0
REUAG	1	0	1	0
RESULTADO	88.38%	90.78%	97.98%	50%

#### IV. CONCLUSIONES

La economía circular es un mecanismo para la conservación de la biomasa, disminución de la contaminación y el logro de objetivos de Desarrollo sostenible Ambiental y económico. La unidad económica estudiada, tiene potencial para desarrollar el modelo con probabilidades de ocurrencia del 88% y 90% tanto en los colaboradores como en los hogares consumidores del agua potable respectivamente. Los principios pertinentes para ejecutar son el segundo (Optimizar el rendimiento de los recursos) y tercero (Promover la Eficacia de los Sistemas), entendiendo, que los tres principios no son mutuamente excluyentes ni tampoco interdependientes.

#### REFERENCIAS

- [1] Maldonado, J. M. (2009). Ciudades y Contaminación Ambiental. Revista de Ingeniería, 30, 65-71. <https://doi.org/10.16924/revinge.30.8>
- [2] Hernández, I. C., & Gouttefanjat, F. (2022). SUSTAINABILITY, ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY AND ECOSYSTEMIC REGENERATION: CHALLENGES AND PERSPECTIVES FOR LIFE. Universidad y Sociedad, 14(2), 142-157.
- [3] Collado, J., & Pinzon, C. (2022). Air Pollution Prediction Using Machine Learning Algorithms: A Literature Review. 2022 5th Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electronica y Movil, AmITIC 2022. <https://doi.org/10.1109/AmITIC55733.2022.9941271>
- [4] Moursi, A. S., El-Fishawy, N., Djahel, S., & Shouman, M. A. (2021). An IoT enabled system for enhanced air quality monitoring and prediction on the edge. Complex and Intelligent Systems, 7(6), 2923-2947. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00476-w>
- [5] Clofent, D., Culebras, M., Loor, K., & Cruz, M. J. (2021). Environmental Pollution and Lung Cancer: The Carcinogenic Power of the Air We Breathe. Archivos de Bronconeumología, 57(5), 317-318. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.05.031>
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2022). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022: aguas subterráneas: hacer visible el recurso invisible. Recuperado de: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726_spa)
- [7] Almache, A. N. S., Almache, R. M. C., Palacios, A. J. P., & Ortega, E. S. N. (2022). WATER POLLUTION IN THE JUJAN RIVER-ECUADOR. Universidad y Sociedad, 14(S5), 71-78.
- [8] Macías, J. M. O., & Roselló, M. J. P. (2022). Mapping assessment of social vulnerability to groundwater pollution at the Gallocanta Groundwater Body (Aragón, Spain). Cuadernos Geograficos, 61(1), 311-328. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i1.21776>

- [9] Choque-Quispe, D., Ramos-Pacheco, B. S., Ligarda-Samanez, C. A., Solano-Reynoso, A. M., Correa-Cuba, O., Quispe-Quispe, Y., & Choque-Quispe, Y. (2022). Water pollution index of high Andean micro-basin of the Chumbao River, Andahuaylas, Peru. *Revista Facultad de Ingeniería*, 105, 20-28. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210533>
- [10] Gupta, A. K., Gupta, S. K., & Patil, R. S. (2003). A comparison of water quality indices for coastal water. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 38(11), 2711-2725. <https://doi.org/10.1081/ESE-120024458>
- [11] Magdaleno, A., Paz, M., Mantovano, J., de Cabo, L., Bollani, S., Chagas, C., Núñez, L., Tornello, C., & Moretton, J. (2018). Water quality assessment of the Burgos stream micro-basin (San Pedro, Buenos Aires Province) impacted by rural activities. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie*, 20(2), 239-250. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.20.588>
- [12] Universidad de Medellín, & Sánchez Álzate, M. (2011). ¿Condicionan los recursos naturales el crecimiento económico? Semestre económico, 14(29), 117-128. <https://doi.org/10.22395/seec.v14n29a6>
- [13] De La Torre, L. (2017). Progress and the natural resources paradox. *Depletion threat. Sistema*, 2017-July (247), 89-106.
- [14] Sorensen, P. (2013). Weak sustainability and a post-industrial society. *International Journal of Environmental Studies*, 70(6), 872-876. <https://doi.org/10.1080/00207233.2013.846110>
- [15] Chang, Y., Tan, J., & Chen, L. (2015). Sustainability in asian countries: Perspectives from economics. *Nature and Culture*, 10(1), 81-102. <https://doi.org/10.3167/nc.2015.100105>
- [16] Lemoine-Rodríguez, R., Inostroza, L., & Zepp, H. (2020). The global homogenization of urban form. An assessment of 194 cities across time. *Landscape and Urban Planning*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103949>
- [17] Zhong, J., Jiao, L., Droin, A., Liu, J., Lian, X., & Taubenböck, H. (2023). Greener cities cost more green: Examining the impacts of different urban expansion patterns on NPP. *Building and Environment*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109876>
- [18] Cahe, E., & de Prada, J. (2022). Evolution of urban expansion and risks to local agriculture in the south of Córdoba, Argentina. *Eure*, 48(144). <https://doi.org/10.7764/eure.48.144.10>
- [19] Calvo Palomares, R., Sigalat-Signes, E., Roig-Merino, B., & Buitrago-Vera, J. M. (2020). Voices from the Valencian rural interior: Natural resources and development resistance. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 84. <https://doi.org/10.21138/bage.2842>
- [20] Ortiz Palafox, K. H. (2022). Participation and citizen management in matters of environmental sustainability. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(100), 1362-1375. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.100.5>
- [21] Sandoval, R. I. R., Sandoval, A. L. R., & Peralta, E. C. O. (2022). Economic Growth and Globalization: Ethical Perspectives in the Face of the Environmental Crisis. *Revista de Filosofía (Venezuela)*, 39(102), 293-303. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7045267>
- [22] Martins, J. D. D., & De Fátima Ribeiro, M. (2021). Consumption as a major factor for increase of solid waste generation and its impacts on the environmental and public health. *Revista de Direito Economico e Socioambiental*, 12(1), 123-152. <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478>
- [23] Da Silva Antunes de Souza, M. C., & Soares, J. S. (2021). Man's social nature, consumption and sustainability. *Journal of Law and Sustainable Development*, 9(1). <https://doi.org/10.37497/REVCAMPOJUR.V9I1.727>
- [24] Scheel, C., & Bello, B. (2022). Transforming Linear Production Chains into Circular Value Extended Systems. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14073726>
- [25] Nemeccio, J. L. (2022). Nature, society and history: Debates, analysis and alternatives around sustainability in Latin America. *Revista de Historia (Chile)*, 1(29), 9-14. <https://doi.org/10.29393/RH29-INSJL10001>
- [26] Espaliat, C. M. (2017). *Economía Circular y Sostenibilidad*, Chile: CreateSpace
- [27] Black, A. W. (2004). The Quest for Sustainable, Healthy Communities. *Australian Journal of Environmental Education*, 20(1), 33-44. <https://doi.org/10.1017/S0814062600002287>
- [28] Martínez-Salvador, L. E., & Reyes-Jaime, A. (2022). Dimensions of Sustainability in Origin Schemes: An Approach from Protected Appellation of Origin. *Revista Iberoamericana de Viticultura Agroindustria y Ruralidad*, 9(27), 57-73. <https://doi.org/10.35588/rivar.v9i27.5658>
- [29] Marín, J. M. R., Angulo, H. O. C., & Infantes, J. A. A. (2022). Environmental Strategies for Sustainability: Challenges in the Face of the Global Crisis. *Revista de Filosofía (Venezuela)*, 39(Especial), 375-385. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6456302>
- [30] Nunes, A. M. M., Coelho Junior, L. M., Abrahão, R., Santos Júnior, E. P., Simioni, F. J., Rotella Junior, P., & Rocha, L. C. S. (2023). Public Policies for Renewable Energy: A Review of the Perspectives for a Circular Economy. *Energies*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/en16010485>
- [31] Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). *Economía circular. Economía industrial*, 401, 11-20.
- [32] Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: El modelo ECO-3. *Informador técnico*, 78(1), 82-90.
- [33] Ellen Macarthur Foundation. (2013). *Hacia una Economía Circular: Motivos Económicos para una transición acelerada*. Recuperado de [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive\\_summary\\_SP.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf)
- [34] Arce, J. D. G. (2022). FROM OLD CLOTHES SHOPS TO THE ALJABIBES GUILD. THE CIRCULAR ECONOMY IN SEVILLE IN THE LATE MIDDLE AGES. *Anuario de Estudios Medievales*, 52(1), 277-309. <https://doi.org/10.3989/aem.2022.52.1.11>
- [35] Severo, E. A., & De Guimarães, J. C. F. (2022). The Influence of Product Innovation, Environmental Strategy and Circular Economy on Sustainable Development in Organizations in Northeastern Brazil. *Journal of Law and Sustainable Development*, 10(2). <https://doi.org/10.37497/sdgs.v10i2.223>
- [36] Castellano, J., Sanz, V., Cañas, E., & Sánchez, E. (2022). Industry-scalable wall tile composition based on circular economy. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 61(4), 374-382. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2022.03.003>
- [37] Lambré, C., Barat Baviera, J. M., Bolognesi, C., Chesson, A., Cocconcelli, P. S., Crebelli, R., Gott, D. M., Grob, K., Mengelers, M., Mortensen, A., Rivière, G., Steffensen, I.-L., Tlustos, C., Van Loveren, H., Vernis, L., Zorn, H., Dudler, V., Milana, M. R., Papaspyrides, C., ... EFSA Panel on Food Contact Materials, E. and P. A. (CEP). (2022). Safety assessment of the process Cajas y Palets en una Economía Circular (CAPEC), used to recycle high-density polyethylene and polypropylene crates for use as food contact materials. *EFSA Journal*, 20(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7384>
- [38] Colla, V., Branca, T. A., Morillon, A., Algermissen, D., Granbom, H., Rosendahl, S., Martini, U., Pietruck, R., & Snaet, D. (2022). Circular Economy and Industrial Symbiosis in a recent analysis of the relevant European projects related to the steel industry. *Metallurgia Italiana*, 114(5), 8-15.
- [39] Benito-Bentué, D., Marco-Fondevila, M., & Scarpellini, S. (2022). Financial Institutions Facing the Challenge of the European Taxonomy of Sustainable Investments and the Circular Economy Disclosure. *UCJC Business and Society Review*, 19(73), 120-161. <https://doi.org/10.3232/UBR.2022.V19.N2.03>
- [40] Argudo-García, J.-J., Molina-Moreno, V., & Leyva-Díaz, J.-C. (2017). Valorization of sludge from drinking water treatment plants. A commitment to circular economy and sustainability. *Dyna (Spain)*, 92(1), 71-75. <https://doi.org/10.6036/8024>
- [41] Alvizuri Tintaya, P. A., Astete Dalence, V., Torregrosa López, J. I., Lo Iacono Ferreira, V. G., & Lora García, J. (2021). CIRCULAR ECONOMY AND ITS INCORPORATION IN WATER TREATMENT PLANTS. 2021-July, 1112-1123.
- [42] Abu-Ghunmi, D., Abu-Ghunmi, L., Kayal, B., & Bino, A. (2016). Circular economy and the opportunity cost of not «closing the loop» of water industry: The case of Jordan. *Journal of Cleaner Production*, 131, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.043>
- [43] Becerra, L., Carezzo, S., & Juarez, P. (2020). When circular economy meets inclusive development. Insights from urban recycling and rural water access in Argentina. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su12239809>
- [44] Gracia, P., Pérez, A., & Ballesteros, M. (noviembre de 2018). El agua en la economía circular: Un análisis del estado de la cuestión a partir de indicadores. *Rumbo 20.30. Conferencia llevado cabo en el congreso Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2018, España*

- [45]Mustafa, H. M., Hayder, G., & Mustapa, S. I. (2022). Circular Economy Framework for Energy Recovery in Phytoremediation of Domestic Wastewater. *Energies*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/en15093075>
- [46]Arias, B. G., Merayo, N., Millán, A., & Negro, C. (2021). Sustainable recovery of wastewater to be reused in cooling towers: Towards circular economy approach. *Journal of Water Process Engineering*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102064>
- [47]Everard, M. (2019). A socio-ecological framework supporting catchment-scale water resource stewardship. *Environmental Science and Policy*, 91, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.017>
- [48]Figueroa, R. A. (2013). "Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en Cajamarca" (Tesis para Licenciamiento). Universidad Privada del Norte, Perú.
- [49]Zvimba, J. N., Musvoto, E. V., Nhamo, L., Mabhaudhi, T., Nyambiya, I., Chapungu, L., & Sawunyama, L. (2021). Energy pathway for transitioning to a circular economy within wastewater services. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100144>
- [50]Mihailiasa, M., & Avasilcai, S. (2019). Towards a circular economy: Tools and instruments. 2019-June, 4595-4603.
- [51]Khalifa, A. A., Ibrahim, A.-J., Amhamed, A. I., & El-Naas, M. H. (2022). Accelerating the Transition to a Circular Economy for Net-Zero Emissions by 2050: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/su141811656>
- [52]Mankiw, N. G. (2007). *Principios de Economía*. Cengage Learning Editore
- [53]Shrivastava, V., Ali, I., Marjub, M. M., Rene, E. R., & Soto, A. M. F. (2022). Wastewater in the food industry: Treatment technologies and reuse potential. *Chemosphere*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133553>
- [54]Valverde, J.-M., & Avilés-Palacios, C. (2021). Circular economy as a catalyst for progress towards the sustainable development goals: A positive relationship between two self-sufficient variables. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212652>
- [55]Zottele Allende, A. C., & Nájera Jiménez, L. E. (2022). Circular Economy: Contribution to the 2030 Agenda. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 17(4). <https://doi.org/10.21919/remef.v17i4.792>
- [56]Luthin, A., Traverso, M., & Crawford, R. H. (2023). Assessing the social life cycle impacts of circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135725>