

El estudio de la conducta humana exige tener en cuenta los acontecimientos del pasado, la situación actual y las perspectivas acerca de lo que ocurrirá en el futuro. Para ello, en las ciencias económicas y sociales se utilizan diversos métodos que permiten explicar, analizar e interpretar lo que ocurre en la sociedad. Este número de *Economía* reúne trabajos de indiscutible valor que presentan la utilidad de los métodos estadísticos para el análisis empírico y la toma de decisiones, el papel del análisis documental para entender la evolución de las economías, y el método de prospectiva para identificar escenarios futuros de una actividad económica.

En este sentido, Malinda Coa Ravelo (Universidad de Los Andes, Venezuela) y Ernesto Ponsot Balaguer (Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Ecuador), estudiaron las funciones de enlace alternativas en los modelos de respuesta binomial. Para ello exploraron los enlaces logit, probit, cauchit, cloglog, loglog, clog y log y, partiendo de un modelo binomial saturado, desarrollaron las ecuaciones requeridas para el cálculo de los estimadores y sus varianzas. A partir del análisis de situaciones plantean el modelo indicado a utilizar en función de los objetivos planteados en una investigación.

A continuación, Marianela Luzardo Briceño (Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia), Víctor E. Márquez Pérez (Universidad Técnica de Manabí, Ecuador), Yohana G. López H. (Universidad de Los Andes, Venezuela) y Ana Chacón (Universidad Técnica de Manabí, Ecuador), estudiaron fronteras estocásticas para estimar la productividad del sector manufacturero de la economía venezolana. En este sentido, utilizaron un panel de datos desbalanceado de 21 ramas de la actividad económica durante el periodo 2003-2007. Los resultados obtenidos permitieron demostrar que con el paso del tiempo las ramas de actividad económica consideradas presentaron tecnologías crecientes, ineficiencia productiva y reducción de la producción.

Luego, Yamilet Casanova (Universidad de Los Andes, Venezuela), Francisco Hidrobo (Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Ecuador) y Lucileima Rosales (Universidad de Los Andes, Venezuela), caracterizaron los registros

de emergencias atendidas por el Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida (INPRADEM), utilizando minería de datos. Para lo cual usaron la metodología CRISP-DM. Los resultados permitieron identificar equipos más usados, distribución de colisiones por horas, emergencias que requieren o no equipos, comportamientos en periodos vacacionales y días de la semana con mayor número de eventos.

Albio Márquez (Universidad de Los Andes, Venezuela), construyó una aproximación al concepto de desarrollo desde la propuesta neoestructuralista. Mediante una revisión documental de la literatura sobre el tema, el autor identificó la relación que tiene el término desarrollo con la igualdad de derechos y oportunidades, así como con política económica y cambio estructural. En este sentido, conceptualiza el desarrollo como un proceso cuyo objetivo es la igualdad de oportunidades y derechos de todos los miembros de la sociedad y el aumento de sus libertades fundamentales.

Por su parte, Gladys Cáceres y Francisco García (Universidad de Los Andes, Venezuela), examinaron los escenarios futuros de la industria petrolera venezolana. Para ello utilizaron el método prospectivo. Los resultados obtenidos permitieron concluir que uno de los efectos futuros será el papel de las energías renovables, el crecimiento económico derivado de los avances tecnológicos en petróleo y gas no convencionales, y las alianzas entre los países OPEP y no OPEP. A partir de ello plantearon tres escenarios: desarrollo y crecimiento económico; eficiencia energética y ambiente; geopolítica y transición y seguridad energética.

Y por último, José del Carmen Hernández Jaimes (Subsistema de Educación Media General, Mérida, Venezuela), analizó la funcionalidad, vigencia y repercusión del criptoactivo Petro. Mediante una investigación documental – explicativa, realizó una revisión sistemática, rigurosa y profunda acerca del tema, concluye que el Petro no es un activo digital fuerte en la consumación de captación de capitales como títulos de crédito, ni una herramienta de intercambio comercial, debido a su realidad técnica, financiera y jurídica.

Profesores Alberto José Hurtado Briceño y Sadcidi M. Zerpa de Hurtado
EDITORES

Artículos | *Papers*

Funciones de enlace alternativas en modelos de respuesta binomial

Alternative link functions in binomial response models

Malinda Coa Ravelo* y Ernesto Ponsot Balaguer**

Códigos JEL: C01, C02, C13, C25

Recibido: 10/02/2019, Revisado: 06/03/2019, Aceptado: 10/04/2019

Resumen

En esta investigación se consideran funciones de enlace alternativas a la función logit en el ajuste de modelos de respuesta binomial. El modelo logit es el más utilizado en el análisis de datos categóricos con respuesta dicotómica; sin embargo, algunas funciones de enlace alternativas pueden ser más apropiadas en aplicaciones concretas. Junto al enlace logit, se exploran en este trabajo los enlaces probit, cauchit, cloglog, loglog, clog y log. Partiendo del modelo binomial saturado, para cada enlace mencionado, se desarrollan las ecuaciones necesarias para el cómputo de los estimadores y de sus varianzas, y se discute su comportamiento en algunas situaciones, sugiriendo al investigador sobre el modelo apropiado a seleccionar de acuerdo a los objetivos que persiga.

Palabras Claves: modelos lineales generalizados, función de enlace, modelos de respuesta binomial, estimación.

Abstract

In this research, alternative link functions to the logit function are considered in the adjustment of binomial response models. The logit model is the most used within the analysis of categorical data with dichotomous response; however, some alternative link functions may be more appropriate in specific applications. Along with the logit link, the probit, cauchit, cloglog, loglog, clog and log links are explored in this research. Starting from the saturated binomial model, for each mentioned link, the necessary equations for the calculation of the estimators and their variances are developed, and their behavior is discussed in some interesting situations, suggesting the researcher concerning the most suitable model to select according to the objectives that are pursued.

Key Words: generalized linear models, link function, binomial response models, estimation.

*MSc en Estadística por la Universidad de Los Andes. Escuela de Estadística. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Correo electrónico: malinda@ula.ve

**PhD en Estadística. Escuela de Ciencias Matemáticas y Computacionales. Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay. Imbabura, Ecuador. Correo electrónico: eponsot@yachaytech.edu.ec

1. Introducción

Los modelos lineales generalizados constituyen una ampliación de los modelos lineales que permiten considerar distribuciones no normales de los errores (binomial, Poisson, gamma, entre otras) y varianzas no constantes. Existen variables dependientes, que por su naturaleza (discreta por ejemplo) no pueden ser consideradas normales, o bien violan los supuestos del modelo lineal. Los modelos lineales generalizados ofrecen una alternativa para tratarlos (Nelder y Wedderburn, 1972; McCulloch y Searle, 2000; Dobson, 2002; Agresti, 2015). En este contexto, los modelos lineales generalizados apelan a una función de enlace, la cual se encarga de linealizar dicha relación mediante la transformación de la variable respuesta.

Otra de las utilidades de la función de enlace es la de conseguir que las predicciones del modelo queden acotadas. Es por ello que un aspecto clave para la construcción de un modelo satisfactorio es la escogencia de una función de enlace apropiada, pues esto garantizará que, independientemente de la entrada, el modelo producirá predicciones en el rango adecuado (Li, 2014). Si la forma funcional está mal especificada, entonces las estimaciones de los coeficientes y las inferencias basadas en ellos, pueden ser engañosas.

En los modelos lineales generalizados hay funciones llamadas enlaces canónicos que se aplican por defecto a cada una de las distribuciones (McCullagh y Nelder, 1989), tal como el enlace logit para el modelo binomial; sin embargo, existen otras funciones disponibles que también pueden relacionar las predicciones. A pesar de que las funciones de enlace canónico garantizan máxima información y una interpretación simple de los parámetros de regresión, ellas no siempre garantizan el mejor ajuste a un conjunto de datos dado (Czado y Santner, 1992). Por lo general, la escogencia de la función de enlace es arbitraria, pero si está mal especificada puede permitir un sesgo sustancial en los parámetros de regresión y las estimaciones de las medias de la respuesta. El logit es la función

de enlace canónico para datos de respuesta binomial, pero probit también es popular (McCullagh y Nelder, 1989; Hosmer y Lemeshow, 2000; Collett 2002), entre otras alternativas que también son utilizadas.

El investigador tiende a adoptar el enlace logit para respuestas de datos binomiales, por las ventajas que ofrece al ser la función de enlace canónico y su facilidad para la interpretación de los resultados en la forma de logaritmos de posibilidad (*log odds*) y razones de posibilidad (*odds ratios*). Pero, como se ha dicho, la función de enlace logit no siempre garantiza un buen ajuste para todos los datos de respuesta binomial. Al respecto, Czado y Munk (2000) afirman que, en algunas aplicaciones, el ajuste completo del modelo puede ser mejorado utilizando funciones de enlace no canónicas.

Con base en los argumentos antes señalados y frente un determinado conjunto de datos, surge entonces la pregunta: ¿Cuál función de enlace escoger? Partiendo del modelo binomial saturado, en este trabajo se muestra la derivación matemática-analítica que da una respuesta a esta pregunta. Así, se obtiene un conjunto de ecuaciones que permiten estimar y evaluar, mediante cálculos y gráficos sencillos, los diversos modelos que surgen al aplicar diferentes funciones de enlace en el ajuste de datos binomiales.

Además de la introducción, el artículo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 presenta algunas definiciones y consideraciones sobre los modelos lineales generalizados; en la sección 3, se plantea y describe el modelo binomial saturado, mientras que en la sección 4 se presentan las funciones de enlace más utilizadas. A continuación, en la sección 5, se presenta el desarrollo analítico de los estimadores y varianzas para el modelo binomial saturado general, así como para cada modelo obtenido cuando se utiliza una función de enlace particular; estos resultados constituyen el punto central de este trabajo de investigación. En la sección 6, se presenta un ejemplo de aplicación de lo obtenido en la sección 5, para luego finalizar presentando las conclusiones en la sección 7.

2. Modelo lineal generalizado (MLG)

La unicidad de muchos métodos estadísticos fue demostrada utilizando la idea del Modelo Lineal Generalizado (MLG). Este modelo se define en términos de un conjunto de variables aleatorias independientes Y_1, Y_2, \dots, Y_n , cada una con distribución perteneciente a la familia exponencial y las siguientes propiedades (Dobson, 2002):

(Dobson, 2002):

- La distribución de cada Y_i tiene forma canónica y depende de un parámetro simple θ_i , llamado parámetro canónico; así,

$$f(y_i; \theta_i) = \exp[y_i \theta_i - b(\theta_i) + c(y_i)].$$
- Todos los Y_i se distribuyen de la misma forma (es decir, todos son normales o todos binomiales, y así).

Entonces, la función de densidad de probabilidad conjunta de Y_1, Y_2, \dots, Y_n es

$$\begin{aligned} f(y_1, \dots, y_n; \theta_1, \dots, \theta_n) &= \prod_{i=1}^n \exp [y_i \theta_i - b(\theta_i) + c(y_i)] \\ &= \exp \left[\sum_{i=1}^n y_i \theta_i - \sum_{i=1}^n b(\theta_i) + \sum_{i=1}^n c(y_i) \right]. \end{aligned}$$

Para el modelo especificado es de interés un conjunto de parámetros β_1, \dots, β_m (donde $m \leq n$), más que los parámetros θ_i . Suponiendo que $E[Y_i] = \mu_i$, donde μ_i es alguna función de θ_i , para el MLG hay una transformación de μ_i tal que

$$\eta_i = g(\mu_i) = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}$$

En esta ecuación:

- g es una función monótona diferenciable, llamada función de enlace.
- \mathbf{x}_i es un vector $m \times 1$ de variables explicativas (covariables para niveles del factor),

$$\mathbf{x}_i = \begin{bmatrix} x_{i1} \\ \vdots \\ x_{im} \end{bmatrix} \quad \text{de modo que} \quad \mathbf{x}_i' = [x_{i1} \cdots x_{im}].$$

- El vector x_i' es la i -ésima fila de la matriz de diseño \mathbf{X} .
- β es el vector $m \times 1$ de parámetros $\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix}$.

Así, un MLG consta de tres componentes:

1. Las variables respuestas Y_1, Y_2, \dots, Y_n , de las cuales se asume que comparten la misma distribución proveniente de la familia exponencial. Este componente suele llamarse componente aleatorio.
2. Un conjunto de parámetros β , y variables explicativas

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1' \\ \vdots \\ x_n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}.$$

Siendo $\eta = \mathbf{X}\beta$, con $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)'$, llamado el predictor lineal o componente sistemático.

3. Una función de enlace g , monótona y diferenciable, tal que

$$\eta_i = g(\mu_i) = x_i' \beta$$

donde $\mu_i = E[Y_i]$. La función de enlace que usa el parámetro canónico como $g(\mu)$, es llamada enlace canónico.

2.1. Estimación máximo verosímil de un MLG

Considere las variables aleatorias independientes Y_1, Y_2, \dots, Y_n que satisfacen las condiciones de un MLG. Se desea estimar los parámetros β , tales que $E[Y_i] = \mu_i$ y $g(\mu_i) = x_i' \beta$. Para cada Y_i , la función log-verosímil es

$$l_i = \log f(y_i; \theta_i) = y_i \theta_i - b(\theta_i) + c(y_i)$$

y la función log-verosímil para todos los Y_i es

$$L(\beta) = \sum_{i=1}^n l_i = \sum y_i \theta_i - \sum b(\theta_i) + \sum c(y_i).$$

A fin de obtener el estimador máximo verosímil para el parámetro β_j , se necesita diferenciar L . Puede demostrarse que las ecuaciones normales para un MLG son

$$\frac{\partial L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_j} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_i)x_{ij}}{V[Y_i]} \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

donde $\eta_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} = \sum_{j=1}^m \beta_j x_{ij} = g(\mu_i)$ para la función de enlace g .

Estas ecuaciones tienen la forma $\mathbf{X}'\mathbf{D}\mathbf{V}^{-1}(\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu}) = \mathbf{0}$, donde \mathbf{V} denota la matriz diagonal de varianzas de las observaciones, y \mathbf{D} a la matriz diagonal con elementos $\partial \mu_i / \partial \eta_i$. Aunque $\boldsymbol{\beta}$ no aparece en estas ecuaciones, está implícitamente a través de $\boldsymbol{\mu}$, puesto que $\mu_i = g^{-1}(\sum_{j=1}^m \beta_j x_{ij})$. Diferentes funciones de enlace producen diferentes conjuntos de ecuaciones. Las ecuaciones de verosimilitud son funciones no lineales de $\boldsymbol{\beta}$ que deben ser resueltas a través de métodos iterativos.

2.2. Distribución asintótica de un MLG

Bajo condiciones de regularidad, para un n grande el estimador máximo verosímil $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ de $\boldsymbol{\beta}$ de un MLG es eficiente y tiene una distribución aproximadamente normal (Agresti, 2015). La matriz de covarianzas de esta distribución es la inversa de la matriz de información de Fisher J , la cual tiene como elementos $E[-\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}) / \partial \beta_h \partial \beta_j]$. Es posible comprobar que

$$E \left[-\frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_h \partial \beta_j} \right] = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ih} x_{ij}}{V[Y_i]} \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2.$$

Sea \mathbf{W} una matriz diagonal con elementos

$$w_i = \frac{(\partial \mu_i / \partial \eta_i)^2}{V[Y_i]}.$$

Entonces, generalizando a la matriz completa \mathbf{W} y con la matriz de diseño \mathbf{X} , se tiene que

$$J = \mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X}$$

La forma de \mathbf{W} , y por lo tanto de J , dependen de la función de enlace g , dado que $\partial \eta_i / \partial \mu_i = g'(\mu_i)$, entonces la distribución asintótica de $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ para un MLG $\boldsymbol{\eta} = g(\boldsymbol{\mu}) = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$ es

$$\hat{\beta} \sim AN[\beta, (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})^{-1}] \quad [1]$$

donde AN significa Asintóticamente Normal.

3. Modelo de respuesta binomial

Muchas de las variables de interés en el área económica son de naturaleza cualitativa: una persona posee o no posee casa, tiene seguro contra invalidez o no lo tiene, participa en la fuerza laboral o no participa, son algunos entre otros muchos ejemplos. En los modelos donde la variable de interés (Y) es cualitativa, el objetivo es encontrar la probabilidad de que un acontecimiento suceda, tal como poseer una casa, tener un seguro o participar en la fuerza laboral.

Los modelos binomiales son los adecuados para modelar estadísticamente las situaciones antes señaladas. Es por ello que los mismos, en especial los modelos logit y probit, han proliferado en la literatura económica, desde la década de 1980 en adelante, erigiéndose como marco para el estudio de las decisiones de los agentes económicos (Enchautegui, 2000). Este auge, particularmente en microeconomía, surge por la mayor disponibilidad de datos microeconómicos en las últimas décadas aunado a su facilidad de análisis, dados los avances tecnológicos desde entonces.

El modelo binomial más simple es aquel donde se considera solo una variable respuesta (Y) y una variable explicativa (A). En el cuadro 1, considere el factor A con k niveles. Sea y_i el número de éxitos observado en el i -ésimo nivel del factor A y n_i el número total de observaciones para dicho nivel. Bajo esta disposición de datos agrupados según niveles de la variable explicativa categórica (factor), $n. = \sum n_i$.

Cuadro 1. Número de éxitos y total de respuesta Y versus los niveles del factor A

Y		
A	Nro. de éxitos	Total
1	y_1	n_1
2	y_2	n_2
⋮	⋮	⋮
$k - 1$	y_{k-1}	n_{k-1}
k	y_k	n_k
Total	$y.$	$n.$

Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas correspondientes a los distintos niveles de A, se asumen independientes entre sí y provenientes de una población binomial en el número de éxitos ($Y = 1$). Esto es,

$$Y_i \stackrel{Ind}{\sim} \text{Bin}(y_i; n_i, p_i), \forall i = 1, \dots, k - 1, k$$

donde Y_i es la variable aleatoria que representa el número de éxitos en la i -ésima población y p_i , considerada constante, es la probabilidad de éxito asociada. Suponer una distribución binomial en el número de éxitos de la variable respuesta Y_i en cada nivel del factor explicativo, implica que $V[Y_i] = n_i p_i (1 - p_i)$ y $E[Y_i] = n_i p_i$.

Es posible utilizar el enfoque de los MLG sobre los datos del cuadro 1 cuando se supone que las variables respuestas Y_1, \dots, Y_k son independientes y siguen una distribución binomial, pues la misma pertenece a la familia exponencial de distribuciones. En cuanto a la función de enlace, es posible utilizar cualquier función que sea monótona y diferenciable; sin embargo, la escogencia de la misma da lugar a los modelos binomiales más importantes presentes en la literatura (modelo logit, modelo probit, modelo cloglog, por mencionar algunos, y entre los cuales destaca el primero).

3.1. Modelo de respuesta binomial saturado

Entre los posibles modelos que pueden ajustarse para el conjunto de datos del cuadro 1 está el modelo saturado, el cual postula un número de parámetros igual al número de datos con que se cuenta,

reproduciendo exactamente la respuesta observada. Este modelo no da cuenta de la variabilidad de los datos, y es de poca utilidad para su análisis estadístico; sin embargo, a menudo sirve para comparar con otros ajustes del modelo y, dada la simplicidad de sus cálculos, es muy útil a fin de obtener una primera aproximación del comportamiento de los datos. Otro aspecto a considerar en el ajuste de modelos para la tabla de clasificación mencionada es la parametrización de referencia (Ponsot, 2011), en donde el investigador selecciona aquellos niveles de los factores que estarán explícitamente representados en el modelo, proponiendo uno cualquiera de ellos como aquel de referencia.

Así pues, en su acepción más simple, para los datos del cuadro 1 se puede postular un modelo saturado ($m = k$) y la parametrización de referencia, con lo cual la matriz de diseño \mathbf{X} resulta cuadrada (de orden $k \times k$) e invertible. Siendo k el nivel de referencia, dicha parametrización conduce al siguiente modelo:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \vdots \\ \eta_{k-2} \\ \eta_{k-1} \\ \eta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{k-2} \\ \beta_{k-1} \\ \beta_k \end{bmatrix}. \quad [2]$$

Matricialmente, se tiene que $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$, lo cual implica que $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{X}^{-1}\boldsymbol{\eta}$. Al ser saturado, el modelo planteado en [2] no cuenta con los grados de libertad suficientes para el cálculo de los estadísticos del *deviance* ni de Pearson (Ponsot, 2011). Sin embargo, aún se pueden estimar sus parámetros ($\boldsymbol{\beta}$) y determinar su significación estadística.

4. Funciones de enlace para modelos de respuesta binomial

De entre las funciones de enlace más utilizadas para modelar datos binomiales están (McCullagh y Nelder, 1989; Piegorisch, 1992; Collett, 2002; Hardin y Hilbe, 2007; Hilbe, 2009; Koenker y Yoon, 2009; Tutz, 2011; Hosmer y Cols., 2013):

- Logit o función logística: $g(p_i) = \log[p_i/(1 - p_i)]$.
La función de enlace logit es la inversa de la función de distribución logística, $F(x) = 1/(1 + \exp(-x)) = \exp(x)/(1 + \exp(x))$. Logit es la función por defecto (enlace canónico), y la más utilizada en datos binomiales. Un MLG que la utilice como enlace, es llamado modelo de regresión logística o modelo logit.
 - Probit o función normal inversa: $g(p_i) = \Phi^{-1}(p_i)$.
La función de enlace probit utiliza la inversa de la función de distribución normal estándar, $F(x) = \Phi(x) = (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^x \exp(-z^2/2) dz$. El análisis probit es el método preferido para entender las relaciones dosis-respuesta, siendo ampliamente utilizado en problemas de toxicología y farmacocinética. También tiene uso generalizado en la econometría. Un MLG que utiliza el enlace probit, es llamado modelo de regresión probit o modelo probit.
 - Cloglog o función loglog complementario: $g(p_i) = \log[-\log(1 - p_i)]$.
El enlace cloglog es la inversa de la función valor extremo mínimo acumulada o Gompertz (también llamada la distribución Gompertz), $F(x) = 1 - \exp(-\exp(x))$. Se usa ampliamente para modelar datos de supervivencia, con los que es posible estimar cocientes de riesgo o riesgos relativos. Los MLG que utilizan esta función de enlace, se conocen como modelos de regresión loglog complementario o solo modelos loglog complementario.
- Las funciones de enlace logit, probit y cloglog han sido extensivamente utilizadas en una amplia variedad de aplicaciones, en campos tan diversos como la medicina, ingeniería, economía y psicología, entre otros. Otras funciones de enlace encontradas en la literatura, pero con aplicaciones muy particulares son:
- Loglog o función loglog: $g(p_i) = -\log\{-\log(p_i)\}$.
El enlace loglog es la contraparte de la función loglog complementario, y su función de distribución es $F(x) = \exp\{-\exp[-(x)]\}$. Se necesita el signo menos adicional en la exponenciación interna para que los coeficientes de los dos modelos loglog tengan los mismos signos. Este enlace es rara vez utilizado porque su

comportamiento es inapropiado para $p < 0.5$ (por lo general, la región de interés). Un MLG que utilice esta función de enlace es llamado modelo de regresión loglog o modelo loglog.

- Clog o función log complementario: $g(p_i) = -\log(1 - p_i)$.
Con función de distribución $F(x) = 1 - \exp(-x)$, este modelo puede producir probabilidades menores que cero. Sin embargo, cuando esto ocurre, dichos valores pueden ser truncados en cero obteniéndose una función continua y no decreciente. El modelo ha sido aplicado a una amplia variedad de situaciones experimentales como, por ejemplo, en investigaciones epidemiológicas donde las razones de riesgo son de interés. También, puede resultar en casos de truncamiento de datos, que es cuando los datos politómicos o continuos son truncados en una respuesta dicotómica. El MLG que apela a esta función de enlace, es denominado modelo de regresión clog o modelo clog, simplemente.
- Log o función logarítmica: $g(p_i) = \log(p_i)$.
La expresión para la función de distribución de este modelo es $F(x) = \exp(-x)$. El enlace log es el enlace canónico en modelos de conteos de Poisson, pero cuando se utiliza como función de enlace en modelos de respuesta binomial se denomina modelo log-binomial, y ha sido propuesto como un enfoque útil para calcular el riesgo relativo. La función de enlace log produce coeficientes que son más fáciles de interpretar que los *odds ratios* que se producen por el modelo de regresión logística. El problema del modelo radica en que puede predecir valores fuera del rango 0 a 1; sin embargo, cuando esto ocurre, los valores son truncados permitiendo la convergencia y obtención de cocientes de riesgo.
- Cauchit o función Cauchy-Lorentz: $g(p_i) = \tan[\pi(p_i - 0.5)]$.
El enlace cauchit utiliza la inversa de la función de distribución Cauchy (también conocida como distribución Cauchy-Lorentz), $F(x) = \tan^{-1}(x)/\pi + 0.5$. Si un MLG utiliza esta función de enlace, es llamado modelo de regresión cauchit o solo modelo cauchit.

Sobre las funciones de enlace

En la figura 1, se representan gráficamente las funciones de enlace más utilizadas en el ajuste de modelos de respuesta binomial. Algunas acotaciones sobre ellas son:

- Logit y probit son las funciones de enlace más utilizadas. Ambas son curvas sigmoideas, simétricas alrededor de $p = 0.5$, y producen resultados similares en muchos análisis a menos que hayan muchas probabilidades pequeñas o grandes. Se requeriría una cantidad de datos muy grande para mostrar que una es mejor que la otra.
- La función logística es esencialmente lineal entre $p = 0.2$ y $p = 0.8$, pero fuera de este rango se vuelve marcadamente no lineal. Las funciones logit y probit están bastante relacionadas linealmente en el intervalo $0.1 \leq p \leq 0.9$.
- La función cauchit también es simétrica en $p = 0.5$ y mantiene relación lineal con logit y probit entre $p = 0.2$ y $p = 0.8$, pero, en comparación con las mismas, tiende al infinito mucho más rápido fuera de este rango.
- Las funciones cloglog y loglog también son sigmoideas pero, a diferencia de logit y probit, no son simétricas con respecto a $p = 0.5$. Es por esto que el uso de estos enlaces está limitado a aquellas situaciones donde es apropiado tratar las probabilidades de éxito p de una manera asimétrica.
- Los enlaces logit y cloglog son similares para valores pequeños de p . Sin embargo, cuando p se aproxima a 1, cloglog tiende mucho más lento al infinito que logit. Entre los enlaces logit y loglog ocurre lo contrario: son similares para valores grandes de p , pero cuando p tiende a 0, loglog tiende más rápido al infinito que logit.
- Por otra parte, clog y log son funciones de enlace muy particulares ya que aplican solo para valores positivos o negativos de la predictora lineal, respectivamente. También, mientras la primera es similar a logit y loglog para valores grandes de p , la segunda lo es a logit y cloglog para valores pequeños de este parámetro.

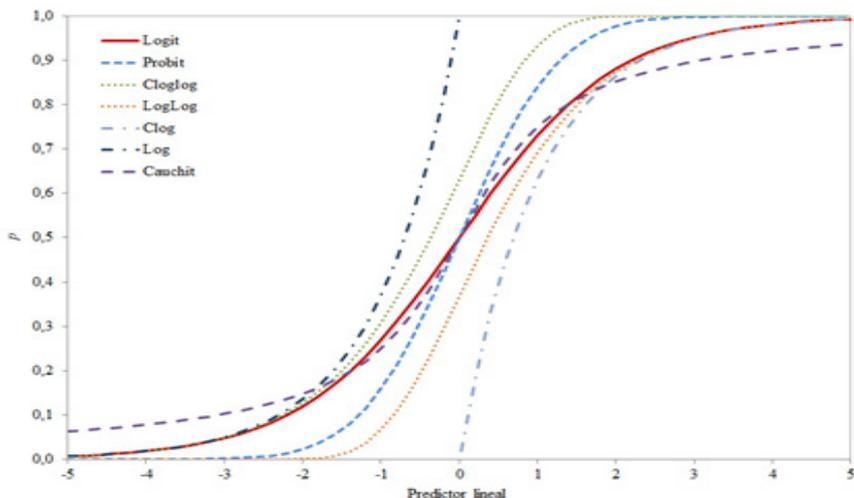


Figura 1. Funciones de enlace.

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las características señaladas, los enlaces logit, probit y cauchit son conocidas como funciones de enlace simétricas, mientras que cloglog, loglog, clog y log como funciones de enlace asimétricas. Entre las ventajas de logit con respecto a los otros modelos destacan:

1. Es preferido dada la amplia variedad de estadísticos de ajuste asociados. Además, proporciona interpretación directa, es decir, sus parámetros son fácilmente interpretables en términos de *log-odds* (para β) y *odds* (para $\exp(\beta)$).
2. Si todas las variables son categóricas, la hipótesis $H_0: \beta = 0$ equivale a la declaración de que la variable respuesta y las variables explicativas son independientes.
3. Es el enlace canónico para la distribución binomial, por lo tanto, es conveniente matemáticamente.
4. A pesar de ser muy similares, desde el punto de vista computacional, es más conveniente que probit. Esta última requiere de integración numérica, lo que implica mayores recursos computacionales.

- Son particularmente apropiados para el análisis de datos que han sido recolectados retrospectivamente, tal como en los casos de estudio-control.

5. Estimadores y varianzas en el modelo binomial saturado

Suponga que se particionan las matrices del modelo [2] de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \vdots \\ \eta_{k-2} \\ \eta_{k-1} \\ - \\ \eta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k-1} \\ \eta_k \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} \beta_1 \\ - \\ - \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{k-2} \\ \beta_{k-1} \\ \beta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_k \end{bmatrix} ; \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{j} & \mathbf{I}' \\ \mathbf{1} & \mathbf{0}' \end{bmatrix}.$$

Así, dicho modelo puede expresarse como

$$\begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k-1} \\ \eta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{j} & \mathbf{I}' \\ \mathbf{1} & \mathbf{0}' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_k \end{bmatrix}$$

y dado que $\mathbf{X}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}' & 1 \\ \mathbf{I} & -\mathbf{j} \end{bmatrix}$ entonces

$$\begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}' & 1 \\ \mathbf{I} & -\mathbf{j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k-1} \\ \eta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_k \\ \mathbf{n}_{k-1} - \mathbf{j}\eta_k \end{bmatrix}.$$

Como $\beta_1 = \eta_k$, $\beta_k = \mathbf{n}_{k-1} - \mathbf{j}\eta_k$ y $\eta_i = g(p_i) = g(\mu_i)$ si $\mu_i = n_i p_i$, en términos generales las estimaciones de los parámetros estarán dadas por

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} g(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ g(\hat{p}_{j-1}) - g(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k-2, k-1, k. \end{cases} \quad [3]$$

En tanto, la varianza de los parámetros estimados según [1] es

$$V[\hat{\beta}] = (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})^{-1} = \mathbf{X}^{-1}\mathbf{W}^{-1}(\mathbf{X}')^{-1} = \mathbf{X}^{-1}\mathbf{W}^{-1}(\mathbf{X}^{-1})'$$

donde $\mathbf{W} = \text{diag}\{w_1, w_2, \dots, w_{k-2}, w_{k-1}, w_k\}$, con $w_i = \frac{(\partial \mu_i / \partial \eta_i)^2}{V[Y_i]}$, para $i = 1, 2, \dots, k-2, k-1, k$. Particionando \mathbf{W} hasta el término w_{k-1} , esto es haciendo $\mathbf{W} = \text{diag}\{w_{k-1}, w_k\} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{k-1}^{-1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}' & w_k \end{bmatrix}$, se puede determinar $V[\hat{\beta}]$ mediante

$$\begin{aligned}
 V[\hat{\beta}] &= \begin{bmatrix} \mathbf{0}' & \mathbf{1} \\ \mathbf{I} & -\mathbf{j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (\mathbf{w}_{k-1})^{-1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}' & (\mathbf{w}_k)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{0}' & \mathbf{1} \\ \mathbf{I} & -\mathbf{j} \end{bmatrix}' \\
 &= \begin{bmatrix} \mathbf{0}' & (\mathbf{w}_k)^{-1} \\ (\mathbf{w}_{k-1})^{-1} & -\mathbf{j}(\mathbf{w}_k)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{1} & -\mathbf{j}' \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} (\mathbf{w}_k)^{-1} & -\mathbf{j}'(\mathbf{w}_k)^{-1} \\ -\mathbf{j}(\mathbf{w}_k)^{-1} & (\mathbf{w}_{k-1})^{-1} + \mathbf{J}(\mathbf{w}_k)^{-1} \end{bmatrix}.
 \end{aligned}$$

Como $V[\hat{\beta}_1] = (\mathbf{w}_k)^{-1}$ y $V[\hat{\beta}_{k-1}] = \text{diag}\{(\mathbf{w}_{k-1})^{-1} + \mathbf{J}(\mathbf{w}_k)^{-1}\}$ la varianza de los estimadores estará dada en términos generales por

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} (\mathbf{w}_k)^{-1} & \text{si } j = 1 \\ (\mathbf{w}_{j-1})^{-1} + (\mathbf{w}_k)^{-1} & \text{si } j = 2, \dots, k-2, k-1, k. \end{cases} \quad [4]$$

5.1. Estimadores y varianzas, según la función de enlace

En el cuadro 1, considere $\hat{p}_j = y_j/n_j$ y $V[Y_j] = n_j \hat{p}_j (1 - \hat{p}_j)$, para $j = 1, \dots, k$. Si n_j es relativamente grande, \hat{p}_j será una estimación razonablemente buena de p_j . A continuación, se desarrollan las estimaciones de los parámetros $\hat{\beta}$ y sus varianzas $V[\hat{\beta}]$ del modelo saturado, y bajo la parametrización por referencia, para las funciones de enlace antes mencionadas, en los modelos de respuesta binomial.

Enlace logit

Sea $\eta_i = g(p_i) = \text{logit}(p_i) = \log[p_i/(1 - p_i)] = \log[\mu_i/(n_i - \mu_i)] = g(\mu_i)$, si $\mu_i = n_i p_i$. De [3] se tiene que las estimaciones de los β_j están dadas por

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \text{logit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \text{logit}(\hat{p}_{j-1}) - \text{logit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [5]$$

En cuanto a las varianzas de los estimadores, $\partial \eta_i / \partial \mu_i = 1/[n_i p_i (1 - p_i)]$, por lo que $\partial \mu_i / \partial \eta_i = n_i p_i (1 - p_i) = V[Y_i]$. Consecuentemente, $w_i = V[Y_i]$, y por [4] se obtiene que

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} 1/V[Y_k] & \text{si } j = 1 \\ 1/V[Y_{j-1}] + 1/V[Y_k] & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [6]$$

Enlace probit

Sea $\eta_i = g(p_i) = \text{probit}(p_i) = \Phi^{-1}(p_i) = \Phi^{-1}(\mu_i/n_i) = g(\mu_i)$ si $\mu_i = n_i p_i$. De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \text{probit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \text{probit}(\hat{p}_{j-1}) - \text{probit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [7]$$

Para las varianzas de los estimadores, se tiene que $\mu_i = n_i \Phi(\eta_i)$, por lo que $\partial \mu_i / \partial \eta_i = n_i \phi(\eta_i) = n_i \phi[\Phi^{-1}(p_i)]$, y $w_i = \{n_i \phi[\Phi^{-1}(p_i)]\}^2 / V[Y_i]$.

Por [4] se tiene entonces que

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} \{V[Y_k] / \{n_k \phi[\Phi^{-1}(\hat{p}_k)]\}\}^2 & \text{si } j = 1 \\ \{V[Y_{j-1}] / \{n_{j-1} \phi[\Phi^{-1}(\hat{p}_{j-1})]\}\}^2 + \\ \{V[Y_k] / \{n_k \phi[\Phi^{-1}(\hat{p}_k)]\}\}^2 & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [8]$$

Enlace cauchit

Sea $\eta_i = g(p_i) = \text{cauchit}(p_i) = \tan[\pi(p_i - 0.5)] = \tan[\pi(\mu_i/n_i - 0.5)] = g(\mu_i)$ si $\mu_i = n_i p_i$. De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \text{cauchit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \text{cauchit}(\hat{p}_{j-1}) - \text{cauchit}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [9]$$

En cuanto a las varianzas de los estimadores, $\mu_i = n_i \tan^{-1}(\eta_i) / \pi + 0.5$, por lo tanto $\partial \mu_i / \partial \eta_i = n_i / [\pi(1 + \eta_i^2)] = n_i / \{\pi\{1 + \tan^2[\pi(p_i - 0.5)]\}\}$ o también $\partial \mu_i / \partial \eta_i = n_i / \{\pi \sec^2[\pi(p_i - 0.5)]\}$. De aquí que $w_i = n_i^2 / \{V[Y_i] \pi^2 \sec^4[\pi(p_i - 0.5)]\}$, y de [4] se obtiene que

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} \{V[Y_k] \pi^2 \sec^4[\pi(\hat{p}_k - 0.5)]\} / n_k^2 & \text{si } j = 1 \\ \{V[Y_{j-1}] \pi^2 \sec^4[\pi(\hat{p}_{j-1} - 0.5)]\} / n_{j-1}^2 + \\ \{V[Y_k] \pi^2 \sec^4[\pi(\hat{p}_k - 0.5)]\} / n_k^2 & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [10]$$

Enlace cloglog

Sea $\eta_i = g(p_i) = \text{cloglog}(p_i) = \log[-\log(1 - p_i)] = \log[-\log(1 - \mu_i/n_i)]$ si $\mu_i = n_i p_i$. De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \text{cloglog}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \text{cloglog}(\hat{p}_{j-1}) - \text{cloglog}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [11]$$

Para las varianzas de los estimadores, $\partial\eta_i/\partial\mu_i = -1/[n_i(1 - p_i)\log(1 - p_i)]$, por lo que $\partial\mu_i/\partial\eta_i = -n_i(1 - p_i)\log(1 - p_i)$. De aquí que $w_i = [n_i(1 - p_i)\log(1 - p_i)]^2/V[Y_i]$, y por [4] entonces

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} V[Y_k]/[n_k(1 - \hat{p}_k)\log(1 - \hat{p}_k)]^2 & \text{si } j = 1 \\ V[Y_{j-1}]/[n_{j-1}(1 - \hat{p}_{j-1})\log(1 - \hat{p}_{j-1})]^2 + \\ V[Y_k]/[n_k(1 - \hat{p}_k)\log(1 - \hat{p}_k)]^2 & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [12]$$

Enlace loglog

Sea $\eta_i = g(p_i) = \log\log(p_i) = -\log[-\log(p_i)] = -\log[-\log(\mu_i/n_i)]$

si $\mu_i = n_i p_i$. De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \log\log(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \log\log(\hat{p}_{j-1}) - \log\log(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [13]$$

Para las varianzas de los estimadores, se tiene que $\partial\eta_i/\partial\mu_i = -1/[n_i p_i \log(p_i)]$, por lo que $\partial\mu_i/\partial\eta_i = -n_i p_i \log(p_i)$. De aquí que $w_i = [n_i p_i \log(p_i)]^2/V[Y_i]$, y por [4] entonces

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} V[Y_k]/[n_k \hat{p}_k \log(\hat{p}_k)]^2 & \text{si } j = 1 \\ V[Y_{j-1}]/[n_{j-1} \hat{p}_{j-1} \log(\hat{p}_{j-1})]^2 + \\ V[Y_k]/[n_k \hat{p}_k \log(\hat{p}_k)]^2 & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [14]$$

Enlace clog

Sea $\eta_i = g(p_i) = \text{clog}(p_i) = -\log(1 - p_i) = -\log(1 - \mu_i/n_i) = g(\mu_i)$,

si $\mu_i = n_i p_i$. De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \text{clog}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \text{clog}(\hat{p}_{j-1}) - \text{clog}(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [15]$$

Para las varianzas de los estimadores, $\partial\eta_i/\partial\mu_i = 1/[n_i(1 - p_i)]$ y $\partial\mu_i/\partial\eta_i = n_i(1 - p_i)$, por lo que $w_i = [n_i(1 - p_i)]^2/V[Y_i]$, y por [4] se tiene que

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} V[Y_k]/[n_k(1 - \hat{p}_k)]^2 \\ V[Y_{j-1}]/[n_{j-1}(1 - \hat{p}_{j-1})]^2 + V[Y_k]/[n_k(1 - \hat{p}_k)]^2 \end{cases} \quad [16]$$

Enlace log

Sea $\eta_i = g(p_i) = \log(p_i) = \log(\mu_i/n_i) = g(\mu_i)$, De [3]:

$$\hat{\beta}_j = \begin{cases} \log(\hat{p}_k) & \text{si } j = 1 \\ \log(\hat{p}_{j-1}) - \log(\hat{p}_k) & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [17]$$

En cuanto a las varianzas de los estimadores, $\partial\eta_i/\partial\mu_i = 1/\mu_i = 1/[n_i p_i]$ y $\partial\mu_i/\partial\eta_i = n_i p_i$, por lo que $w_i = (n_i p_i)^2/V[Y_i]$, y por [4] se tiene que

$$V[\hat{\beta}_j] = \begin{cases} V[Y_k]/(n_k \hat{p}_k)^2 & \text{si } j = 1 \\ V[Y_{j-1}]/(n_{j-1} \hat{p}_{j-1})^2 + V[Y_k]/(n_k \hat{p}_k)^2 & \text{si } j = 2, \dots, k. \end{cases} \quad [18]$$

6. Ejemplo

En el cuadro 2, se presenta una situación en que el interés se centra en estudiar la relación entre una variable respuesta Y y un factor explicativo A con tres niveles. Se muestran allí las frecuencias observadas para cada nivel.

Cuadro 2. Ejemplo $Y(0,1)$ versus $A(1,2,3)$

		Y		
A	0	1	Total	
1	33	20	350	
2	256	94	350	
k	178	172	350	
Total	764	286	1050	

Fuente: Elaboración propia

De [2], el modelo saturado empleando la parametrización con el tercer nivel del factor como referencia es como sigue:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g(p_1) \\ g(p_2) \\ g(p_3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix}.$$

Sean $\hat{p}_1 = 0.0571$, $\hat{p}_2 = 0.2686$ y $\hat{p}_3 = 0.4914$. El cuadro 3 contiene las estimaciones de los parámetros de la predictora lineal y sus varianzas, según la función de enlace empleada, las cuales fueron

calculadas mediante las ecuaciones desarrolladas en la sección 5. El cuadro 3 también contiene las pruebas χ^2 de Wald para $H_0 : \beta_i = 0$, $i = 1,2,3$, con el fin de comprobar la significación estadística de los parámetros estimados.

Cuadro 3. Estimación de β_i y prueba de Wald ($H_0 : \beta_i = 0$), según función de enlace

Enlace	$\hat{\beta}_i$	$V[\hat{\beta}_i]$	χ^2	p-valor	Conclusión
logit	-0.034	0.011	0.1	0.7484	No rechazar
	-2.769	0.065	118.9	< 0.0000	Rechazar
	-0.968	0.026	36.0	< 0.0000	Rechazar
probit	-0.022	0.004	0.1	0.7484	No rechazar
	-1.558	0.016	149.8	< 0.0000	Rechazar
	-0.596	0.001	36.8	< 0.0000	Rechazar
cauchit	-0.027	0.007	0.1	0.7485	No rechazar
	-5.484	1.500	20.0	< 0.0000	Rechazar
	-0.863	0.025	30.0	< 0.0000	Rechazar
cloglog	-0.391	0.006	25.4	< 0.0000	Rechazar
	-2.442	0.056	106.4	< 0.0000	Rechazar
	-0.771	0.017	35.5	< 0.0000	Rechazar
loglog	0.342	0.006	20.0	< 0.0000	Rechazar
	-1.393	0.012	167.2	< 0.0000	Rechazar
	-0.615	0.010	36.6	< 0.0000	Rechazar
clog	0.676	0.003	165.6	< 0.0000	Rechazar
	-0.617	0.003	129.9	< 0.0000	Rechazar
	-0.363	0.004	34.7	< 0.0000	Rechazar
log	-0.710	0.003	170.7	< 0.0000	Rechazar
	-2.152	0.050	92.4	< 0.0000	Rechazar
	-0.604	0.011	34.1	< 0.0000	Rechazar

Fuente: Cálculos propios

Los resultados del cuadro 3 permiten explorar los posibles modelos binomiales y contestar, inicialmente, a la pregunta: *¿cuál función de enlace se ajusta mejor?* Una inspección al cuadro confirma que las funciones de enlace asimétricas cloglog, loglog, clog y log ajustan bien el conjunto de datos, pues los tres parámetros estimados mediante ellas resultan significativos según la prueba de Wald. Lo contrario ocurre para los modelos con funciones de enlace simétricas como logit, probit y cauchit, donde el parámetro $\hat{\beta}_1$ resulta no significativo.

A continuación, cabe considerar la pregunta: *¿cuál función de enlace escoger entre aquellas con buen ajuste?* La respuesta dependerá de los objetivos de la investigación que se lleva a cabo:

- Si lo que se desea es precisión en las estimaciones, el mejor modelo es aquel cuyos estadísticos χ^2 sean mayores pues, en este sentido, aumenta la potencia de la prueba.
- Por el contrario, si lo que se desea es una interpretación simple, entre los modelos con buen ajuste, se escogerá aquel que ofrezca esta cualidad.

Para el ejemplo, si el objetivo es la precisión en las estimaciones, se recomendaría el modelo clog, pues es el que tiene los valores más altos de los estadísticos χ^2 entre los modelos con buen ajuste. Obsérvese que este modelo también es el que presenta varianzas menores, lo cual implica una mayor precisión en las estimaciones. Por el contrario, si el objetivo es la interpretación, el modelo log sería el escogido, pues es el que mejor detenta esta característica dada su simplicidad. La situación ideal se presenta cuando un modelo ofrece precisión en las estimaciones y, además, facilidad en su interpretación. Sin embargo, en el ejemplo, ninguno ofrece ambas cualidades.

Otro aspecto relevante de las ecuaciones obtenidas en la sección 5, es la posibilidad de representar gráficamente las varianzas de los estimadores a fin de evaluar su desempeño en distintos escenarios.

Así, en la figura 2, se ilustra el comportamiento de la $V[\hat{\beta}_j]$ según las ecuaciones [6], [8] y [10], correspondientes a las funciones de enlace simétricas logit, probit y cauchit. Fijando el tamaño de muestra, n_j , en cada nivel del factor ($n_j = 350$ para $j = 1, \dots, k$, con $k = 3$, como en el ejemplo), en las figuras 2(a) y 2(b), se despliega la $V[\hat{\beta}_1]$ cuando la función de enlace es logit. Específicamente, cuando $j = 1$, la $V[\hat{\beta}_j]$ es simétrica en $\hat{p}_k = 0.5$, manteniéndose pequeña y casi constante en el intervalo $0.2 < \hat{p}_k < 0.8$ y aumentando a medida que $\hat{p}_k \rightarrow 0$ o $\hat{p}_k \rightarrow 1$ tal como se evidencia en la figura 2(a). Por otra parte, cuando $j = 2, \dots, k$, la $V[\hat{\beta}_j]$ tiene un comportamiento como el que se muestra en la figura 2(b), donde se observa que las mismas se mantienen pequeñas, siempre que $0.2 < (\hat{p}_{j-1}, \hat{p}_k) < 0.8$. Fuera de este intervalo, la $V[\hat{\beta}_1]$ tiende al aumento, manteniendo un comportamiento similar al de $V[\hat{\beta}_1]$ pero replicado en dos dimensiones (para \hat{p}_{j-1} y \hat{p}_k).

Las figuras 2(c) y 2(d) ejemplifican la $V[\hat{\beta}_j]$ cuando en el modelado se apela a una función de enlace probit, donde se observa un comportamiento similar en estas varianzas como cuando se utiliza una función de enlace logit: simetría en $\hat{p}_j = 0.5$, con poca variación entre $0.2 < \hat{p}_j < 0.8$ y creciente cuando \hat{p}_j tiende a 0 o a 1, para todo $j = 1, \dots, k$. Al caso, solo es posible argumentar dicha similitud en el comportamiento de las varianzas, más no es posible comparlas directamente pues las funciones de enlace que las originan provienen de distribuciones con medias y varianzas distintas (Tutz, 2011). Por último, las figuras 2(e) y 2(f) presentan la $V[\hat{\beta}_j]$ cuando se utiliza una función de enlace cauchit. Se observa que, estructuralmente, son similares a las obtenidas con logit y probit, pero crecen muy rápido a medida que p_j se acerca a 0 o 1, o a ambos.

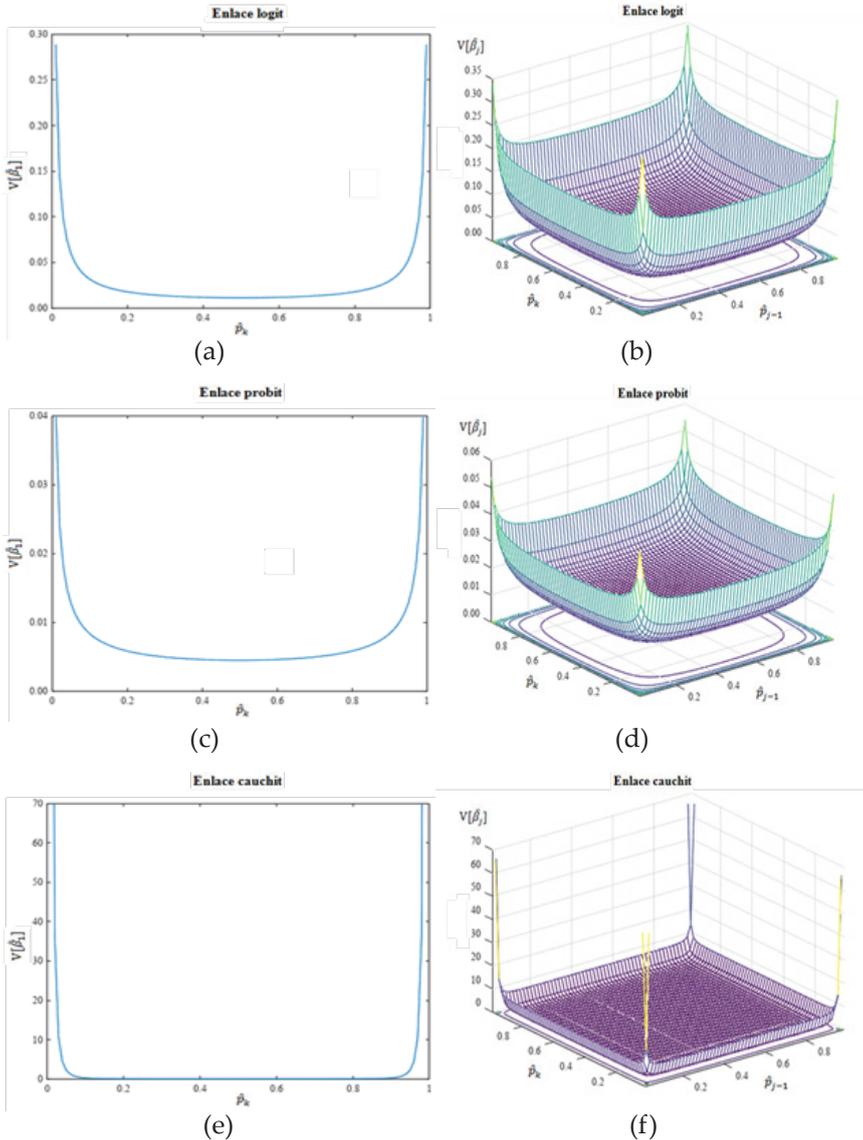
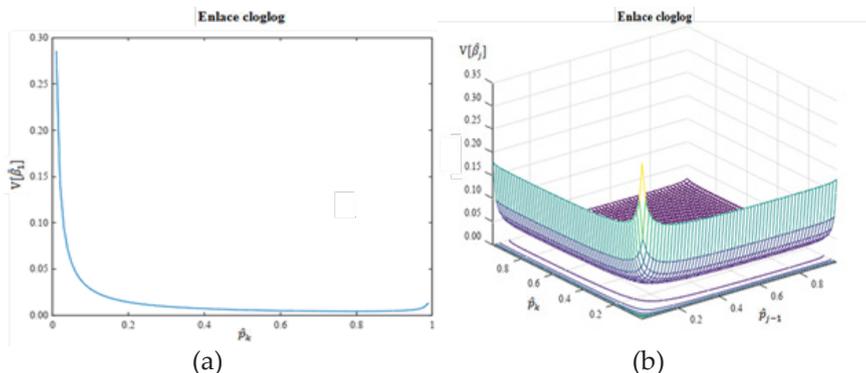


Figura 2. $V[\beta_j]$ según funciones de enlace simétricas logit, probit y cauchit (con $n_j = 350$, para $j = 1, \dots, k$).

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en la figura 3 se despliega la $v[\hat{\beta}_j]$ cuando se modelan los datos mediante las funciones cloglog (figuras 3(a) y 3(b), ecuación [12]) y su contraparte loglog (figuras 3(c) y 3(d), ecuación [14]). Manteniendo fijo $n_j = 350$, como en los gráficos anteriores, acá se evidencian las características asimétricas propias de las distribuciones de procedencia de estas funciones de enlace. Para el caso, las varianzas de los estimadores cuando se modela con cloglog son muy similares a las obtenidas mediante el enlace logit, para valores de $p_j < 0.5$; en tanto, para valores de $p_j > 0.5$, la misma tiende a cero, para luego crecer lentamente cuando $p_j \rightarrow 1$. En contraste, ocurre lo contrario cuando se modela con el enlace loglog: las varianzas de los estimadores se hacen similares a las del enlace logit cuando $p_j > 0.5$, tienden a cero para $p_j < 0.5$, y luego presentan un crecimiento lento cuando $p_j \rightarrow 0$. Este comportamiento es de esperar en las varianzas de estas funciones de enlace, pues son complementarias.

Por último, en la figura 4, se despliega la $V[\hat{\beta}_j]$ cuando se modelan los datos mediante las funciones de enlace clog (figuras 4(a) y 4(b), ecuación [16]) y su contraparte log (figuras 4(c) y 4(d)), ecuación [18]). Nótese el comportamiento similar y complementario a las varianzas presentadas en la figura 3, con la diferencia de que cuando se utiliza el enlace clog y $p_j \rightarrow 0$, o se recurre al enlace log y $p_j \rightarrow 1$, las varianzas tienden a cero y no al aumento, como en los casos de cloglog y loglog.



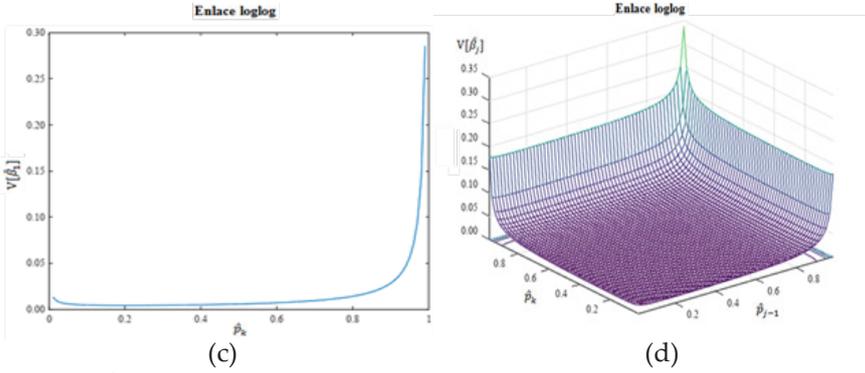


Figura 3. $V[\hat{\beta}_j]$ según funciones de enlace asimétricas cloglog y loglog (con $n_j = 350$, para $j = 1, \dots, k$). Fuente: Elaboración propia.

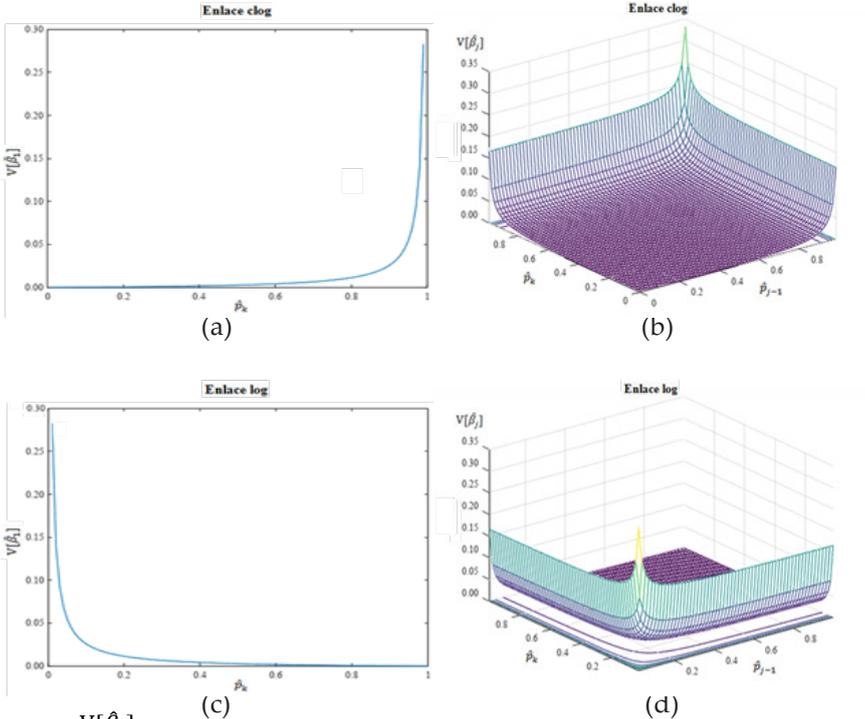


Figura 4. $V[\hat{\beta}_j]$ según funciones de enlace asimétricas clog y log (con $n_j = 350$, para $j = 1, \dots, k$). Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

En el contexto de los modelos lineales generalizados se utiliza principalmente el enlace logit, aprovechando que se trata del enlace canónico para la función de masas binomial. Sin embargo, existen funciones de enlace alternativas que podrían mejorar sustancialmente las inferencias y predicciones, pero rara vez son consideradas y evaluadas. Por ejemplo, en aplicaciones con conjuntos de datos grandes y que se distribuyen a lo largo del gradiente completo de las funciones de enlace ajustadas, sobre todo en los extremos, una función de enlace asimétrica ajustaría mejor que la tradicional logit.

En la escogencia de la función de enlace, dos aspectos son relevantes: la bondad del ajuste y la facilidad de interpretación. Las ecuaciones desarrolladas en este estudio permiten al investigador indagar y evaluar, a través de cálculos y gráficos simples, sobre cuál función de enlace resulta apropiada cuando se considera el ajuste de un modelo binomial en una tabla de contingencia con respuesta dicotómica y un factor explicativo con k niveles. Ante diversos escenarios planteados, empleando las ecuaciones derivadas, es posible responder a las preguntas: ¿Qué función de enlace se ajusta mejor y tiene una interpretación más simple? Las respuestas a estas interrogantes sirven de guía para el investigador, ante la disyuntiva de seleccionar el mejor modelo posible que se ajuste a su situación particular de datos, atendiendo a los objetivos que se propone.

En el modelado, el uso de paquetes estadísticos muchas veces hace transparente el ajuste de modelos para el investigador, lo que limita la comprensión del proceso subyacente. En esta investigación se pudo manejar explícitamente, y a un nivel básico, todos los componentes del modelo binomial, a través de un enfoque que permite entender completamente los principios que gobiernan los modelos lineales generalizados, en general, y en particular, aquellos que rigen al modelo binomial.

La deducción de las ecuaciones obtenidas, así como su análisis principalmente gráfico, hacen sencilla la tarea de decidir sobre los modelos, en el caso de que se postule un modelo binomial saturado. Esta situación es principalmente ilustrativa y de naturaleza introductoria, pero sirve de base a futuros estudios y generalizaciones que los autores se proponen realizar cuando se postulen modelos no-saturados, o bien con un número cualquiera de factores explicativos, así como el tratamiento de las observaciones anómalas en cada uno de estos contextos.

8. Referencias

- Agresti, Alan (2015). *Foundations of linear and generalized linear models*. New Jersey: John Wiley & Sons, 480 pp. DOI: 10.1111/biom.12759.
- Collett, David (2002). *Modelling binary data*. Second Edition. EEUU: Chapman & Hall, 408 pp. DOI: 10.1201/b16654.
- Czado, Claudia y Munk, Axel (2000). "Noncanonical links in generalized linear models-when is the effort justified?". *Journal of statistical planning and inference*, 87, 2 (June, 2000), pp. 317-345. DOI: 10.1016/s0378-3758(99)00195-0.
- Czado, Claudia y Santner, Thomas (1992). "The effect of link misspecification on binary regression inference". *Journal of statistical planning and inference*, 33, 2 (November, 1992), pp. 213-231. DOI: 10.1016/0378-3758(92)90069-5.
- Dobson, Annette (2002). *An introduction to generalized linear models*. Second Edition. Florida: Chapman & Hall, 225 pp. DOI: 10.1201/9781420057683.
- Enchautegui, María (2000). "Módulo de estudio sobre modelos Probit y Logit." Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 772 pp.
- Hardin, James y Hilbe, Joseph (2007). *Generalized linear models and extensions*. Fourth Edition. Texas: Stata Press, 598 pp.
- Hilbe, Joseph (2009). *Logistic regression models*. First Edition. New York: Chapman & Hall, 656 pp. DOI: 10.1201/9781420075779.

- Hosmer, David y Lemeshow, Stanley (2000). *Applied logistic regression*. Second Edition. Canada: John Wiley & Sons, 383 pp. DOI: 10.1002/0471722146.
- Koenker, Roger y Yoon, Jungmo (2009). "Parametric links for binary choice models: A fisherian-bayesian colloquy". *Journal of Econometrics*, 152, 2 (October, 2009), pp. 120-130. DOI: 10.1016/j.jeconom.2009.01.009.
- Li, Jingwei (2014). *Choosing the proper link function for binary data*. Tesis doctoral no publicada. Austin: The University of Texas, 37 pp.
- McCullagh, Peter y Nelder, John (1989). *Generalized linear models*. Second Edition. London: Chapman & Hall, 532 pp. DOI: 10.1007/978-1-4899-3242-6.
- McCulloch, Charles y Searle, Shayle (2000). *Generalized linear, and mixed models*. First Edition. New York: John Wiley & Sons Inc, 335 pp. DOI: 10.1002/0471722073.
- Nelder, John y Wedderburn, Robert (1972). "Generalized Linear Models". *Journal of the Royal Statistical Society*, 135, 3, pp. 370-384. DOI: 10.2307/2344614.
- Piegorsch, Walter (1992). "Complementary log regression for generalized linear models". *The American Statistician*, 46, 2 (May, 1992), pp. 94-99. DOI: 10.1080/00031305.1992.10475858.
- Ponsot, Ernesto (2011). *Estudio de la agrupación de niveles del factor en el modelo logit binomial*. Tesis doctoral. Mérida, Venezuela: Instituto de Estadística Aplicada y Computación de la Universidad de Los Andes, 2011, 179 pp.
- Tutz, Gerhard (2011). *Regression for categorical data*. UK: Cambridge University Press, 561 pp. DOI: 10.1017/cbo9780511842061

Modelo de Fronteras Estocásticas en la estimación de la productividad del Sector Manufacturero Venezolano

Stochastic Frontier Model on the estimation of productivity within the Venezuelan Manufacturing Sector

Marianela Luzardo Briceño*, Víctor E. Márquez Pérez**, Yohana G. López H.***
y Ana Chacón****

Códigos JEL: C33, D24, L6

Recibido: 04/05/2018, Revisado: 06/06/2018, Aceptado: 12/02/2019

Resumen

Se realizó un estudio de fronteras estocásticas para estimar cambios tecnológicos en escala y eficiencia necesarios en la productividad total de factores del sector manufacturero venezolano (2003-2007), con un panel de datos desbalanceado de 21 ramas de actividad económica. Los resultados demostraron que a medida que el tiempo transcurre, las ramas de actividad económica inmersas en la encuesta industrial anual que lleva a cabo el Instituto Nacional de Estadística y los tipos de estrato (gran industria, mediana industria superior, mediana industria inferior y pequeña industria) presentaron tecnologías crecientes, pero no en el nivel deseado ya que el comportamiento tecnológico fue negativo; de igual manera se observó ineficiencia productiva y una contracción en la producción de las empresas manufactureras venezolanas.

Palabras Claves: frontera estocástica, eficiencia técnica, productividad, sector manufacturero venezolano.

Abstract

A stochastic frontier study was carried out in order to estimate the technological changes in both scale and efficiency required in the total factor productivity of the Venezuelan manufacturing sector (2003-2007), with an unbalanced panel data of 21 branches of economic activity. The results showed that, over time, all the branches of economic activity included in the annual industry survey, carried out by the National Statistics Institute (INE in Spanish), and the strata types (large industry, mid-upper industry, mid-lower industry and small industry)¹ showed an advance in technology, but not at the desired level since the technological performance was negative; likewise, both productive inefficiency and a contraction in the production of the Venezuelan manufacturing companies were observed.

Key Words: stochastic frontier, technical efficiency, productivity, Venezuelan manufacturing sector

* Doctora en Estadística por la Universidad de Los Andes. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia. Teléfono: (57) 304-337-0014. Correo electrónico: marianela.luzardo@upb.edu.co.

** Doctor en Estadística por la Universidad Central de Venezuela. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Teléfono: (593) 98-480-6443. Correo electrónico: vmarquez@utm.edu.ec

*** Licenciada en Estadística. Escuela de Estadística de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Correo electrónico: yohanitalopez@gmail.com.

**** Especialista en Estadística por la Universidad Central de Venezuela. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Correo electrónico: achacon@utm.edu.ec.

1. Introducción

Las industrias en el ámbito mundial, se consideran elementos básicos de la actividad productiva de una nación. Son muchos los estudios que abarcan criterios y metodologías de clasificación de actividad industrial establecidas por organismos regionales e internacionales. En el caso particular de la clasificación de las industrias en Venezuela, Velázquez y Vásquez señalan que “está basada en el concepto de tamaño, medido en términos de personal ocupado, considerando además una agrupación por rama de actividad económica definida en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), ambas propuestas por la Organización de Naciones Unidas (ONU)” (2008, p. 38). Esto se puede ver reflejado en la Encuesta Industrial Anual (EIA) realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) venezolano, fuente de la información de esta investigación.

La EIA, fue creada con el propósito de generar información estadística del sector industrial manufacturero a nivel nacional, para una mejor planificación y programación en el sector económico. Los datos obtenidos de esta encuesta permiten la estimación de la productividad de las ramas de actividad económica de las industrias manufactureras venezolanas (INE, 2008).

La competitividad de un país está altamente relacionada con la productividad de sus empresas, por lo que es importante mantener una producción creciente y de alta eficiencia. Una mayor eficiencia en las empresas manufactureras venezolanas permitiría, por una parte, alcanzar con la misma cantidad de recursos, un mejor desempeño y un aumento en la calidad de los productos ofrecidos. Dentro de este contexto, un estudio sobre el desempeño de las empresas del sector manufacturero resulta interesante, no solo por los costos asociados con los problemas de ineficiencia, sino por el beneficio económico, en términos de menores tarifas y mejor calidad en la producción, que se podría obtener si las empresas operaran de forma más eficiente.

La industria manufacturera es un pilar fundamental para incrementar la capacidad productiva de un país. Dada la importancia que esto tiene para la economía, es necesario ofrecer un buen desenvolvimiento en el mercado y apoyar su desarrollo. El principal reto de este sector económico es superar la crisis y romper con el modelo mono-productor del cual Venezuela depende. Además de ello recaudar, en lo posible, mayores ingresos que permitan contar con suficiente presupuesto para conseguir una economía estable y sostenible en el tiempo, con miras al desarrollo y crecimiento del país.

En Venezuela este sector ha tenido un gran cambio estructural desde hace unas cuatro décadas, debido principalmente a que la participación de su valor agregado en el PIB ha ido mermando paulatinamente. Es así como diversos autores han venido postulando el comienzo de un proceso de desindustrialización (Vera, 2010 en Carvallo, Contreras, Santeliz, 2012).

Un aspecto poco estudiado de este proceso es el referente a cómo la desindustrialización ha afectado la eficiencia del sector manufacturero en el país, lo que estimula la necesidad de conocer, a través del presente estudio, el comportamiento de las ramas de actividad económica según los tipos de estratos de las industrias manufactureras venezolanas. Para ello se utilizará la base de datos de la encuesta industrial anual entre los años 2003-2007.

El objetivo de esta investigación es estimar los cambios en la productividad por tipo de rama económica y por estrato del sector manufacturero venezolano, a partir del modelo de fronteras estocásticas para el período 2003-2007, con la finalidad de determinar qué sector económico incide más en las variaciones de la misma.

Según Melo y Espinoza (2005), las técnicas de fronteras estocásticas han sido extensamente utilizadas para medir los niveles de eficiencia mediante diferentes unidades de producción. Por lo tanto, es a partir de esta metodología para datos del tipo panel, que se evalúa el desempeño de las empresas manufactureras venezolanas por tipo de estrato (gran industria (GI), mediana

industria superior (MIS), mediana industria inferior (MII), pequeña industria (PI) y por rama de actividad económica durante los años 2003-2007, permitiendo medir los niveles de eficiencia y productividad.

Una manera de conocer el comportamiento de este sector de la economía es realizando estudios acerca de él. La estimación de los cambios en la productividad de las ramas económicas y los distintos tipos de estratos se realiza a través del modelo de fronteras estocásticas. El mismo permite observar qué tan eficiente es la producción en Venezuela. De esta forma, se puede analizar su estructura productiva para determinar sus fortalezas y debilidades.

Este artículo comprende una sección referente al marco teórico, en la que se describen los fundamentos principales de los modelos de fronteras estocásticas, la estimación de sus parámetros y la especificación general de un modelo de datos panel; luego se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de los modelos; se muestran los resultados en dos fases: la primera donde se reflejan aquellos sectores que presentaron valores extremos (mínimos y máximos) en las variables: valor de producción, consumo intermedio, activo total y mano de obra por año y tipo de industria. En la segunda se estima el modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel y en la tercera los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala por tipo de actividad económica y estrato; por último, se dan las conclusiones obtenidas de la investigación.

2. Marco teórico

2.1. El modelo de fronteras estocásticas

Solo fue hasta finales de la década de los setenta que empezaron a desarrollarse los modelos de fronteras estocásticas (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977; Meeusen y Van den Broeck, 1977). Poco tiempo después Battese y Corra (1977) escribieron acerca de estos modelos.

Una función de producción frontera estocástica puede escribirse como:

$$y = f(x; \beta) \exp(v - u), \quad [1]$$

Dónde y es el producto final (output), x es un vector de insumos (inputs) y β es un vector de parámetros tecnológicos.

El modelo tiene dos componentes de error, el primero es $v \sim N(0, \sigma_v^2)$, el cual está destinado a capturar los efectos de error aleatorio, y el segundo componente de error $u \geq 0$ captura los efectos de ineficiencia técnica. El principal uso que se le da al modelo es para estimar los niveles de eficiencia, tecnología y escala de diferentes unidades productivas, para así poder obtener los cambios en la productividad de cualquier firma en un período de tiempo. Estos niveles de eficiencia hacen la diferencia con los modelos econométricos tradicionales.

Gumbao y Maudos (1996) analizaron la eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas para el período 1980-1991, para esto estimaron una función de frontera de producción estocástica en los sectores productivos de las regiones españolas bajo tres supuestos distribucionales alternativos para el término de la ineficiencia. Adicionalmente, estimaron las tasas de crecimiento de la productividad total de los factores a cada uno de los sectores productivos a través de fronteras estocásticas. Los resultados obtenidos mostraron la existencia de importantes niveles de ineficiencia en la producción, siendo el sector de la energía y el sector agrícola los que experimentan los mayores niveles de ineficiencia.

Tiempo después, Kim y Park (2006), calcularon los crecimientos productivos en Corea del Sur, los autores investigaron si la eficiencia técnica mejoró en el tiempo o hubo un progreso en la tecnología, todo esto, a partir de observar los cambios en la productividad total de los factores aplicados con el modelo de fronteras estocásticas. Los resultados mostraron cambios tecnológicos con tendencia creciente para el período 1970-1996, la producción en Corea del Sur es eficiente debido al aumento significativo de la tecnología presentada en dicho país.

En el año 2012, Alvarado, Carvallo y Verdú, realizaron un estudio de fronteras con variables determinantes de la ineficiencia con un panel de datos desbalanceado de 27 bancos venezolanos. Utilizaron modelos de fronteras estocásticas para estimar la eficiencia en costos, en ingresos, en beneficios y estudiaron también las economías de escala y de alcance. Los resultados describieron niveles altos de ineficiencia al compararlos con otros estudios realizados para la región. Los bancos privados y los bancos extranjeros resultaron consistentemente más eficientes que los públicos y los nacionales, respectivamente.

Harmath y Ramoni (2012), estudiaron la eficiencia en las asignaciones salariales en Venezuela a través de la metodología de fronteras estocásticas para el segundo semestre del año 2006. Los datos fueron obtenidos de la encuesta de hogares por muestreo que lleva a cabo el INE. Primeramente, realizaron un análisis de correspondencia múltiple, y luego estimaron un modelo de fronteras estocásticas usando variables que determinan el nivel de salario de los trabajadores, cuyos resultados indicaron que los empleadores exhiben una ineficiencia por encima del 30%. En el caso de los trabajadores, la ineficiencia no resultó ser estadísticamente significativa; esto puede deberse a las políticas de fijación de salario mínimo y otras a través de las cuales el estado controla el mercado laboral, lo que induce a la ineficiencia por parte de los empleadores, así como también el interés de los propios empresarios de estimular la productividad de sus trabajadores, pagando salarios de eficiencia.

2.2. Estimación por fronteras estocásticas

Lora (2006), citando a Kumbhakar y Lovell (2000), señala lo siguiente:

Aunque el análisis de fronteras estocásticas fue derivado de los estudios de eficiencia en la teoría del productor en los problemas de maximización de ganancias y minimización de costos, actualmente es una herramienta de estimación muy adecuada cuando alguna variable dependiente está acotada

superior o inferiormente. La metodología se implementa para encontrar esos límites (superior e inferior) asumiendo que existen parámetros que determinan la variable dependiente [...] realizando iteraciones de máxima verosimilitud (p. 8).

Existen varios métodos para estimar los cambios en la productividad, tales como los cambios tecnológicos en escala y la eficiencia; sin embargo, no hay un consenso sobre cuál es mejor, y su elección puede afectar las conclusiones de políticas extraídas del análisis (Bauer, Berger, Ferrier y Humpret, 1997 en Vergara, 2006). Dentro de las metodologías paramétricas más utilizadas se encuentra la de Fronteras Estocásticas, que en el caso que nos compete, se caracteriza porque la forma funcional que impone sobre la frontera es translogarítmica, es decir, es una función cuadrática donde las variables se expresan en logaritmos, tal como se muestra en la ecuación [2]

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln(x_{nit}) + \beta_t t + \frac{1}{2} \sum_n \sum_k \beta_{nk} \ln(x_{nit}) \ln(x_{kit}) + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \quad [2]$$

$$+ \sum_n \beta_{nt} \ln(x_{nit}) t + v_{it} - u_{it}$$

Siendo:

- y_{it} : es la producción en la rama económica i para el período de tiempo t
- Los β 's son los parámetros por estimar
- n y k representan el número de variables explicativas
- $\ln(x_{nit})$: logaritmo de la i -ésima observación al momento t para la variable explicativa n .
- Los $v_{it} \sim iid N(0, \sigma_v^2)$, representan el componente del error aleatorio
- $u_{it} \geq 0$ es el componente de error de ineficiencia técnica.

Se puede apreciar que la forma estructural de la ecuación [2] es similar a los modelos de datos panel, la única diferencia es que, al aparecer t , captura los efectos de los cambios tecnológicos. Por otro lado, en los modelos de fronteras estocásticas con este tipo

de datos, el componente de error de la ineficiencia técnica puede variar en el tiempo y se expresa de la siguiente forma:

$$u_{it} = u_i \gamma(t) \quad [3]$$

Donde $\gamma(t)$ es una función del tiempo y u_i es una variable aleatoria no negativa según Kumbhakar (1990), Battese y Coelli (1995 citado en Kumbhakar y Lovell, 2000). En este orden de ideas cabe señalar que los cambios en la productividad son descompuestos en cambios tecnológicos, cambios en la eficiencia técnica y la contribución de los rendimientos a escala.

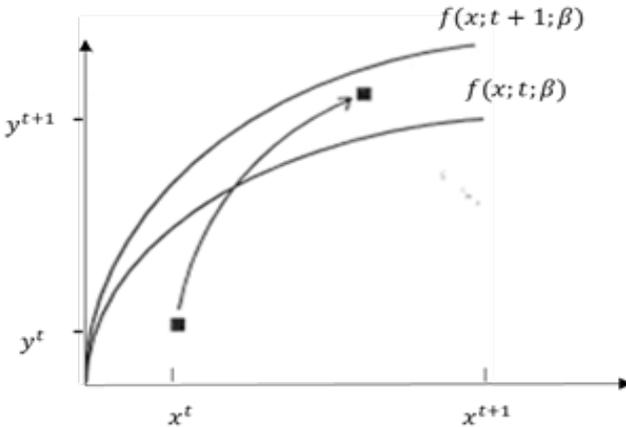


Figura 1. Aproximación a la estimación de los cambios en la productividad.
Fuente: Kumbhakar y Lovell (2000).

En general, la estructura de aproximación a la estimación de los cambios en la productividad observada en la figura 1, muestra que un único insumo se usa para producir un único producto final y la producción se extiende desde (x^t, y^t) a (x^{t+1}, y^{t+1}) . La producción tecnológica es caracterizada por rendimientos decrecientes en escala, y el progreso tecnológico ocurre entre los períodos t y $t+1$, siendo $f(x, t+1; \beta) > f(x, t; \beta)$.

Por otro lado, se observa que la producción es técnicamente ineficiente en ambos períodos, desde $y^t < f(x^t, t; \beta)$ y $y^{t+1} < f(x^{t+1}, t+1; \beta)$.

Además, la eficiencia técnica ha mejorado desde el período t al período $t+1$, desde

$$[y^t / f(x^t, t; \beta)] < [y^{t+1} / f(x^{t+1}, t + 1; \beta)] \quad [4]$$

Adicional a esto, el crecimiento de la productividad ocurre, desde $(y^{t+1} / x^{t+1}) > (y^t / x^t)$. Por lo tanto, la estimación de los cambios en la productividad debe entonces estar descompuesta en contribuciones asociadas con cambios de escala, cambios tecnológicos y cambios en la eficiencia técnica.

Por otro lado, el marco analítico parte de la frontera de producción

$$y = f(x, t; \beta) \exp^{-u} \quad [5]$$

Donde, y describe la producción; $f(x, t; \beta)$ es la parte determinística de la frontera estocástica de producción con vector de parámetro tecnológico β que será estimado; $x = (x_1, \dots, x_n) \geq 0$ es un vector de insumos; t es la tendencia temporal que sirve como indicador del cambio tecnológico y $u \geq 0$ representa la ineficiencia técnica.

Luego de la estimación del modelo de fronteras estocásticas, es necesaria la estimación de los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala, los cuales permitirán la estimación de los cambios en la productividad total de los factores (TPF) de las empresas manufactureras venezolanas.

Según Kumbhakar y Lovell (2000), los cambios en la productividad (TPF) son definidos como la adición de los cambios tecnológicos ($T\Delta$), los cambios de la eficiencia técnica ($TE\Delta$), y los cambios en escala ($E\Delta$).

$$T\dot{F}P = T\Delta + E\Delta + TE\Delta \quad [6]$$

Si la eficiencia técnica es invariante en el tiempo, entonces el tercer componente de la ecuación [6] se anula. Asimismo, si la eficiencia técnica es invariante en el tiempo y los rendimientos a escala son constantes, el segundo y tercer componente del lado derecho de la misma ecuación se anulan y los cambios en la productividad consistirán únicamente de cambios tecnológicos.

Cabe señalar que la eficiencia técnica por estimar es un concepto exclusivamente tecnológico. Una frontera eficiente de

producción se refiere a la cantidad máxima de producto posible de lograr a partir de un conjunto dado de insumos productivos; en contraposición, la ineficiencia técnica corresponde a diferencias que surjan entre ese máximo teórico (por estimar) y lo que realmente se haya conseguido con esos insumos. (Peña, Basch y Vergara, 2003).

Por lo tanto, el cambio en la eficiencia técnica estimada viene dado por:

$$T\hat{E}\Delta = \hat{u}_i \hat{\gamma} \exp\{-\hat{\gamma}(t-T)\} \quad [7]$$

Donde:

- $\hat{\gamma}$: eficiencia técnica estimada
- \hat{u}_i : componente de error de ineficiencia técnica
- t : tiempo t : 1, 2, 3, 4, 5
- T : el último año de estudio que en este caso es 2007.

Mientras que la estimación del cambio tecnológico se obtiene mediante:

$$\hat{T}\Delta = \hat{\beta}_t + \hat{\beta}_{tt}t + \sum_n \hat{\beta}_{nt} \ln(x_{nit}) \quad [8]$$

Siendo:

- $\hat{\beta}_t$: parámetro estimado del tiempo.
- $\hat{\beta}_{tt}$: parámetro estimado del tiempo al cuadrado.
- $\hat{\beta}_{nt}$: parámetro estimado de la n -ésima variable en el tiempo t .
Donde n : 1, 2, 3
- $\ln(x_{nit})$: log natural de la i -ésima observación al momento t para la variable explicativa n ; con t : 1, 2, 3, 4, 5 y n : 1, 2, 3.

Y para la estimación de los cambios de escala:

$$\hat{E}\Delta = (\varepsilon - 1) \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n \quad [9]$$

En donde, las \dot{x}_n representan las tasas de cada variable de estudio, y

$$\hat{\varepsilon}_n = \hat{\beta}_n + \sum_k \hat{\beta}_{nk} \ln(x)_{kit} + \hat{\beta}_{nt}t, \quad n = 1, \dots, N \quad [10]$$

$$\hat{\varepsilon} = \sum_n (\hat{\beta}_n + \sum_k \hat{\beta}_{nk} \ln(x)_{kit} + \hat{\beta}_{nt}t)$$

Dónde: ε las elasticidades de cada variable.

2.3. Especificación general de un modelo de datos panel

Sobre esto indican Franco, Ramos y Hernández (2010) que:

Los modelos de datos de panel son capaces de capturar la heterogeneidad no observable, ya sea entre agentes económicos o de estudio, así como también a través del tiempo evitando problemas de agregación y permitiendo comparar observaciones de un individuo particular con su propio pasado (parr. 2).

La expresión matemática que permite representar un modelo de datos de panel puede escribirse:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + U_{it} \quad [11]$$

$$i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad k = 1, \dots, K$$

Donde:

- Y_{it} es una función lineal de k variables explicativas.
- i : unidad de estudio.
- t : dimensión u observaciones en el tiempo.
- β_0 : vector de intercepto de n parámetros.
- β_k : vector de k parámetros.
- X_{kit} : i -ésima observación al momento t para la variable explicativa k .
- U_{it} : Término de error que representa los efectos de todas las variables omitidas en el modelo.

3. Metodología

En el estudio utilizamos la metodología de frontera estocástica de producción para el sector manufacturero venezolano en el período 2003-2007, basado en la Encuesta Industrial Anual realizada por el INE entre los años 2003 y 2007. Estas bases de datos contienen la información de las industrias ordenadas en 21 ramas económicas, siguiendo el código CIU3, y además clasificadas por estrato: gran, mediana superior, mediana inferior y pequeña. La información fue organizada por paneles desbalanceados en virtud que en las bases de datos no todas las ramas económicas bajo estudio tenían información en el período estudiado.

Se tomaron en cuenta treinta y dos actividades económicas: elaboración de productos alimenticios y bebidas, elaboración de productos de tabaco, fabricación de productos textiles, fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles, fábrica de maletas, productos de cuero y sucedáneos, producción de madera y corcho excepto muebles, fábrica de papel y productos de papel, artes gráficas, coquización (fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear), producción de refinería, petróleo, combustible nuclear, fábrica de sustancias y productos químicos, fábrica de productos de caucho y plástico, fabricación de otros productos minerales no metales, fábrica de metales no comunes, fabricación, producción y elaboración de metales excepto máquinas y equipos, fábrica de maquinaria y equipos No Clasificados Previamente (N.C.P.), fábrica de máquinas y aparatos electrónicos N.C.P., fábrica de equipos y aparatos, radio, tv y computadoras, fábrica de instrumentos médicos ópticos, fabricación de relojes, fábrica de automóviles, remolques, semirremolques, fábrica de otros tipos de equipos de transporte y fábrica de muebles e industrias manufactureras N.C.P.

Las variables que intervienen en el modelo son: la producción como variable dependiente y el consumo intermedio, la mano de obra y el activo total como independientes. Se debe tomar en cuenta que con la finalidad de trabajar en términos reales, las cuatro variables fueron deflactadas usando el año 1997 como año base, pero con traslado al año 2003. Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico *Stata*.

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de datos con el propósito de tener una idea inicial acerca de la información contenida en el conjunto de datos, así como descubrir la presencia de posibles errores en la codificación de los mismos. Se verificaron que las variables siguieran una distribución normal, ya que la falta de este supuesto pudiera invalidar los análisis estadísticos inferenciales posteriores. Aunque las muestras grandes tiendan a disminuir los efectos perniciosos de la no normalidad, el investigador debe verificarla en todas las variables incluidas en el análisis (Salvador y Gargallo, 2003).

Por último, se verificó la posible existencia de casos atípicos, que no son más que observaciones con características diferentes

de las demás y que pueden ser elementos que distorsionen el comportamiento.

Luego, basado en la ecuación [2], se define el modelo en términos de las variables que se usarán en este estudio:

$$\begin{aligned} \ln(Prod)_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln(Int) + \beta_2 \ln(Act) + \beta_3 \ln(Trab) + \beta_4 (Tiempo) + \beta_5 \ln(Int)^2 \\ & + \beta_6 \ln(Act)^2 + \beta_7 \ln(Trab)^2 + \beta_8 \ln(Int) \ln(Act) + \beta_9 \ln(Int) \ln(Trab) \\ & + \beta_{10} \ln(Trab) \ln(Act) + \beta_{11} (Tiempo)^2 + \beta_{12} \ln(Trab) Tiempo \\ & + \beta_{13} \ln(Act) Tiempo + \beta_{14} \ln(Int) Tiempo + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad [12]$$

Donde:

- $\ln(Prod)_{it}$: log natural de la producción en la i -ésima observación al momento t .
- $\ln(Int)$: log natural de la variable consumo intermedio.
- $\ln(Act)$: log natural de la variable activo total.
- $\ln(Trab)$: log natural de la variable mano de obra.
- $(Tiempo)$: variable tiempo, utilizada para el modelo de fronteras estocásticas con datos de panel en donde especifican los años en estudio t : 1, 2, 3, 4, 5.

Una vez que los componentes se estiman, el índice de cambio en la productividad en la ecuación 10 puede ser visto a través de las veintiuna ramas económicas presentes en la base de datos de la encuesta industrial anual. Se usaron como criterios de selección para el mejor modelo el de Información de Akaike (AIC) y el de Información Bayesiano de Schwarz (BIC).

4. Resultados

Los resultados se presentan en tres fases; la primera presenta el análisis descriptivo de los valores extremos que se presentó en las variables: valor de producción, consumo intermedio, activo total y mano de obra; en la segunda, se hace la estimación del modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel; y en la tercera, la estimación de los cambios tecnológicos, en escala y en eficiencia, para finalmente presentar la estimación de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano de los años 2003-2007.

4.1. Fase I: Análisis descriptivo

Valores de producción

En el anexo 1, se presentan una serie de cuadros (5 al 8) que indican aquellas actividades del sector manufacturero que obtuvieron valores mínimos y máximos para cuatro variables en particular. A saber, en el cuadro 5 se observa que el valor en la producción para la elaboración de azúcar obtuvo sus mínimos valores en la MIS, MII y PI en el año 2003; mientras que elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal tuvo su producción máxima en la PI en 2006.

Consumo intermedio

En cuanto al consumo intermedio, se aprecia de igual manera por ejemplo, que el mismo fue mínimo para el rubro elaboración de azúcar en MIS, MII y PI para los años 2003 y 2004; y entre los máximos se puede mencionar producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos, en el año 2003 para MIS, MII y PI.

Activo total

Se sigue presentando la misma situación que en las dos variables anteriores con respecto a los valores mínimos que representó en los años 2003 y 2004 la elaboración de azúcar para los tres mismos tipos de industrias, además, se aprecia que sobre el año 2004, el mayor activo que tenían las grandes industrias era fabricación de armas y municiones.

Para finalizar, el análisis del cuadro 8, es similar al de las anteriores con la salvedad que en ésta se trata de la cantidad mínima y máxima de mano de obra utilizada en los diferentes sectores estudiados.

4.2. Fase II: Estimación del modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel

Antes de presentar los resultados obtenidos a través del modelo de fronteras estocásticas se desea dar a conocer los cuatro modelos que se hicieron utilizando las cuatro posibles combinaciones entre

las variables de estudio, debido a que no se tenía información de variables adicionales. A continuación, se muestra en el cuadro 1 los valores dados a partir del criterio de información de *Akaike* y Bayesiano, del cual se escoge el M4:

Cuadro 1. Criterios de información de *Akaike* y Bayesiano.

Modelos	Criterios de selección	
	AIC	BIC
M1: Activo total y consumo intermedio	-9.316.343	-2.417.762
M2: Activo y trabajo	1.166.981	1.235.967
M3: Trabajo e intermedio	-5.430.562	-4.540.704
M4: activo, intermedio y mano de obra	-5.483.456	-474.722

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran las estimaciones de los modelos M1, M2 y M3 de manera informativa, los espacios sombreados representan variables que no formaron parte del modelo en cuestión. Solo será analizado e interpretado el M4 que fue el seleccionado.

El cuadro 3, presenta los coeficientes que resultaron significativos en por lo menos el 10% del modelo M4, y que basados en la ecuación [12] se expresan en la ecuación [13]. Además de los coeficientes del modelo, en el cuadro 3, se observa cómo la mayoría de las variables incluidas en el mismo son significativas al 5% excepto: $\ln \text{Trabajo}^2$; $\ln \text{Activo}^2$; que son significativas al 10%.

El modelo de fronteras estocásticas para el M4 queda expresado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \ln \text{Prod} = & 2,5727 + 0,3994\ln(\text{Intermedio}) + 0,3660\ln(\text{Trabajo}) - 0,2129\text{Tiempo} + \\
 & 0,0208\ln(\text{Trabajo})^2 + 0,0064\ln(\text{Activo})^2 + 0,0718\ln(\text{Intermedio})^2 + \\
 & 0,0374\ln(\text{Trabajo})\ln(\text{Activo}) - 0,794\ln(\text{Trabajo})\ln(\text{Intermedio}) - \\
 & 0,046\ln(\text{Activo})\ln(\text{Intermedio}) + 0,0185(\text{Tiempo})^2 - 0,0134\ln(\text{Intermedio})\text{Tiempo}
 \end{aligned} \tag{13}$$

Cuadro 2. Estimación de los modelos M1, M2 y M3

<i>Ln Producción</i>	Modelo I			Modelo II			Modelo III		
	Activo total y consumo intermedio			Activo total y mano de obra			Consumo intermedio y mano de obra		
	Coef	<i>p</i> > <i>z</i>	<i>z</i>	Coef	<i>p</i> > <i>z</i>	<i>z</i>	Coef	<i>p</i> > <i>z</i>	<i>z</i>
Constante	2,945	0,000*		5,008	0,805		2,429		0,000*
<i>LnActivo</i>	0,167	0,001*		-0,139	0,219		0,321		0,000*
<i>LnTrabajo</i>				1,567	0,000*		0,504		0,000*
<i>LnIntermedio</i>	0,525	0,000*							
<i>Tiempo</i>	0,117	0,147		0,005	0,991		-0,093		0,350
<i>LnActivo</i> ²	0,028	0,000*		0,018	0,025**				
<i>LnTrabajo</i> ²				-0,042	0,016**		0,074		0,000*
<i>LnActivo.LnTraba</i>				0,006	0,762				
<i>LnIntermedio</i> ²	0,045	0,000*					0,082		0,000*
<i>LnActivo.LnInter</i>	-0,059	0,000*							
<i>LnIntermedioTiempo</i>							0,002		0,754
<i>Tiempo</i> ²	-0,008	0,216		-0,009	0,420		0,008		0,382
<i>LnTrabajo.Tiempo</i>				-0,005	0,732		-0,013		0,149
<i>LnIntermedio.Tie</i>	-0,025	0,000*							
<i>LnIntermedioLnTr</i>							-0,144		0,000*
<i>LnActivo.Tiempo</i>	0,015	0,021**		-0,009	0,422				
<i>Lamda</i>	0,404	0,052***		4,671	0,798		0,168		0,018**
<i>Eta (η)</i>	0,099	0,092***		0,023	0,380		0,294		0,001*
<i>Lnsigma</i> ²	-2,945	0,000*		-1,374	0,000*		-3,488		0,000*
<i>sigma</i> ²	0,052	-		0,253	-		0,030		-
<i>Gamma</i>	0,213	-		0,555	-		0,075		-
<i>Sigma_u2</i>	0,011	-		0,140	-		0,002		-
<i>Sigma_v2</i>	0,041	-		0,112	-		0,028		-

* Significativa al 1% ** Significativa al 5% *** Significativa al 10%

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Estimación del Modelo de Fronteras Estocásticas

<i>Ln Producción</i>	<i>Coef</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>p > z </i>	<i>Intervalo de Confianza</i>
<i>Constante</i>	2,5727	0,2925	0,000*	1,999 3,147
<i>LnIntermedio</i>	0,3994	0,0544	0,000*	0,2926 0,5062
<i>LnTrabajo</i>	0,366	0,0889	0,000*	0,1916 0,5405
<i>Tiempo</i>	-0,2129	0,0771	0,006*	-0,3642 -0,0616
<i>LnTrabajo²</i>	0,0208	0,0123	0,091***	-0,0033 0,0449
<i>LnActivo²</i>	0,0064	0,0038	0,094***	-0,001 0,014
<i>LnIntermedio²</i>	0,0718	0,0067	0,000*	0,0586 0,085
<i>LnActivo.LnTrabajo</i>	0,0374	0,0115	0,001*	0,0148 0,06
<i>LnIntermedio.LnTrabajo</i>	-0,794	0,016	0,000*	-0,1108 -0,0479
<i>LnActivo.LnIntermedio</i>	-0,046	0,0082	0,000*	-0,0626 -0,0304
<i>Tiempo²</i>	0,0185	0,0081	0,023**	0,0025 0,0345
<i>LnIntermedio.Tiempo</i>	-0,0134	0,006	0,026**	-0,0251 -0,0016
<i>Lambda</i>	0,1089	0,35		401 0,1776
<i>Eta (η)</i>	0,4513	0,0637		3263 0,5763
<i>Lnsigma²</i>	-3,4248	0,0438		-3,51 -3,338
<i>sigma²</i>	0,0325	0,0014		0,0298 0,0354
<i>Gamma</i>	0,0259	0,0117		0,0106 0,062
<i>Sigma_u2</i>	0,0008	0,0003		0 0,0016
<i>Sigma_v2</i>	0,0317	0,0014		0,289 0,0344

* Significativa a 1% ** Significativa a 5% *** Significativa a 10%

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se tiene que los coeficientes del logaritmo de las variables principales son todas positivas, lo que indica que por cada unidad del logaritmo de Activo Total la producción en las industrias manufactureras venezolanas entre los años 2003-2007 se incrementa en 0,7227 unidades, al igual que por cada unidad del logaritmo de Consumo Intermedio y el logaritmo de Mano de Obra la producción aumenta en 0,3994 y 0,3660 unidades respectivamente. Según el modelo estimado a medida que el tiempo transcurre la producción disminuye en 0,2129 unidades.

De manera informativa es importante conocer que el valor de η deseado debe ser igual a cero, el cual indicaría una total eficiencia en la producción. A diferencia de λ que debería tomar el valor de uno. Si se obtiene un valor lejano al mencionado será por falta de eficiencia en las empresas y no por factores fuera de control.

En el cuadro 3 se observa que la ineficiencia técnica es igual a 0,4513; esto quiere decir que la producción manufacturera venezolana llega a ser ineficiente en un 45%, es decir que de cada cien empresas en estudio, 45 de ellas son ineficientes. Para el caso de λ representado por 0,10, indica que las empresas de manufactura en el país se desarrollan con poca eficiencia.

Una vez obtenida la estimación del modelo general de fronteras estocásticas, se usará para realizar las estimaciones de los cambios tecnológicos, cambios en eficiencia y los cambios en escala por tipo de estrato y ramas de actividad económica. De esta forma, se obtienen los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano entre los años 2003 y 2007.

4.3. Fase III: Estimación de los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala

i) Cambios tecnológicos

Tal como se dijo anteriormente, la estimación de los cambios tecnológicos se realiza a través de la ecuación (8), resultando:

$$\hat{T}\Delta = -0,2129 + 2(0,0185)(Tiempo) + 0,0117 Ln(Trabajo) - 0,0134 Ln(Intermedio) - 0,0047 Ln(Activo)$$

ii) Cambio tecnológico por tipo de actividad económica

En la figura 2 se observan las estimaciones de los cambios tecnológicos de las veintiuna ramas de actividad económica. Las tendencias reflejadas tienen forma creciente, intuyendo que a medida que el tiempo transcurre la tecnología en las empresas venezolanas mejoran. Sin embargo, los valores que toman las ramas económicas son negativos, indicando que entre los años 2003-2007 la tecnología, aunque ha mejorado en el tiempo no alcanza los valores deseados.

iii) Cambio tecnológico por tipo de estrato

El comportamiento que se observa en los cambios tecnológicos por tipo de estrato visualizado en la figura 3, no es muy diferente al observado por tipo de rama de actividad económica. Todos los tipos de industrias tienen comportamientos crecientes en tecnología, aunque mantienen valores negativos. En general, se espera que las empresas grandes sean tecnológicamente avanzadas y tengan valores positivos; sin embargo, en este caso eso no ocurre, a diferencia de las industrias pequeñas quienes son las que más se acercan a valores positivos.

iv) Cambio en eficiencia técnica

Según la ecuación [7], la estimación de los cambios en eficiencia técnica queda expresada de la siguiente forma:

$$T\hat{E}\Delta = \text{eficiencia técnica}(0,4513)e^{-0,4513(\text{Período} - 2007)}$$

Es a través de este modelo que se puede observar el comportamiento de los cambios en eficiencia por rama de actividad económica y tipo de estrato observado a continuación.

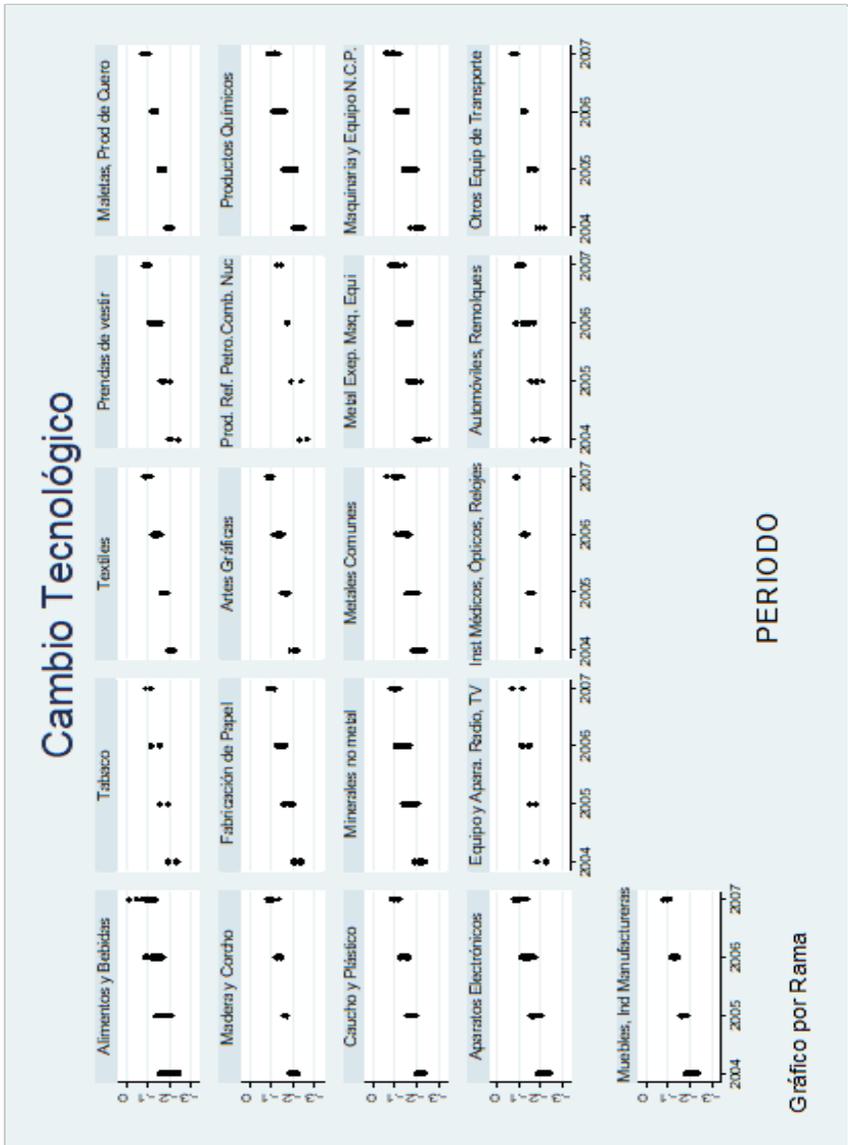


Figura 2. Cambio tecnológico por actividad económica.

Fuente: Elaboración propia.

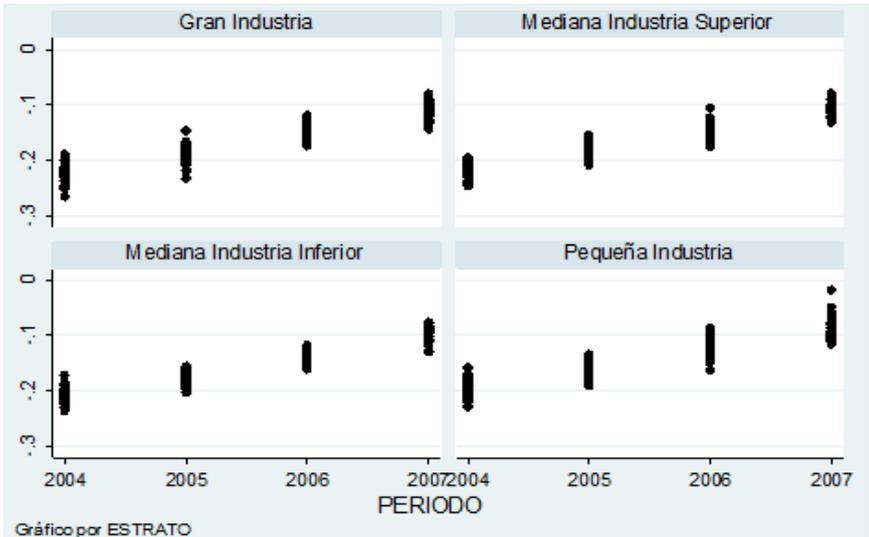


Figura 3. Cambio tecnológico por tipo de estrato.

Fuente: Elaboración propia.

v) Cambio en eficiencia técnica por rama económica

Se observa en la figura 4 como en todas las ramas de actividad económica la eficiencia técnica decrece entre los años 2004 y 2007. Para el año 2004, la mayoría de ellas alcanzaron un porcentaje de eficiencia del 30% aproximadamente, mientras que para el año 2007 se pueden considerar ineficientes. Esto quiere decir, que a medida que el tiempo transcurre las ramas de actividad económica de las industrias manufactureras venezolanas son más ineficientes. Las empresas de fabricación de tabaco y textiles se consideran ineficientes en todo el período de estudio.

vi) Cambio en eficiencia técnica por tipo de estrato

Aunque existan notables diferencias entre las empresas grandes y las pequeñas, se puede observar en la figura 5, cómo estas empresas tienen similitudes en eficiencia. En general, se identifica cómo la eficiencia decrece a medida que el tiempo transcurre. Los porcentajes en los cuales varían las eficiencias por año y por tipo de industria se muestran en el cuadro 4:

Cuadro 4. Porcentaje de eficiencia por año y por tipo de estrato

% de eficiencia	Tipo de estrato			
	Año	GI	MIS	MIL
2004	5 a 30%	5 a 27%	11 a 28%	10 a 30%
2005	3 a 20%	5 a 18%	8 a 19%	8 a 21%
2006	2 a 12%	4 a 18%	5 a 11%	6 a 13%
2007	0 a 9%	0 a 8%	3 a 8%	3 a 9%

Fuente: elaboración propia.

Según el cuadro 4 se observa, que sin importar el estrato, las industrias alcanzan alrededor de 30% de eficiencia en el año 2004. Teniendo un patrón descendente a lo largo de los años hasta 2007. Cabe destacar que dicho patrón es uniforme con respecto a los estratos, es decir, en el año 2005 las industrias tienen una eficiencia alrededor del 20% sin importar el estrato; en el año 2006 la eficiencia se ubica en el 15% para todos los estratos; y en el 2007 alrededor del 9% sin distinción del tamaño de las industrias.

Por otro lado, si se interpreta el cuadro 4 por años, se dice que en el 2004 no hubo industrias consideradas ineficientes; sin embargo, los porcentajes de eficiencia observados no son muy altos, las industrias este año mantuvieron eficiencias de 5% a máximo 30%, niveles de eficiencia bajos. Para el siguiente año, la eficiencia disminuyó, hay industrias que marcan solo un 3% de eficiencia y máximo 21%. Para el año 2006, la eficiencia de las industrias sigue bajando sus niveles, esta vez reflejan un mínimo de 2% de eficiencia vs un 18%. En el 2007 la situación empeora y es este año cuando se considera que las industrias son totalmente ineficientes, excepto algunas que llegan a ser apenas 9% eficientes.

Para concluir de manera general el cuadro 4, se observa que con el pasar de los años la eficiencia disminuye para todos los estratos. Se considera que en el año 2004 las industrias eran mucho más eficientes respecto al resto de los años en estudio. En general, se considera que ningún tipo de estrato es eficiente y que el nivel de eficiencia decae a lo largo del tiempo en estudio.

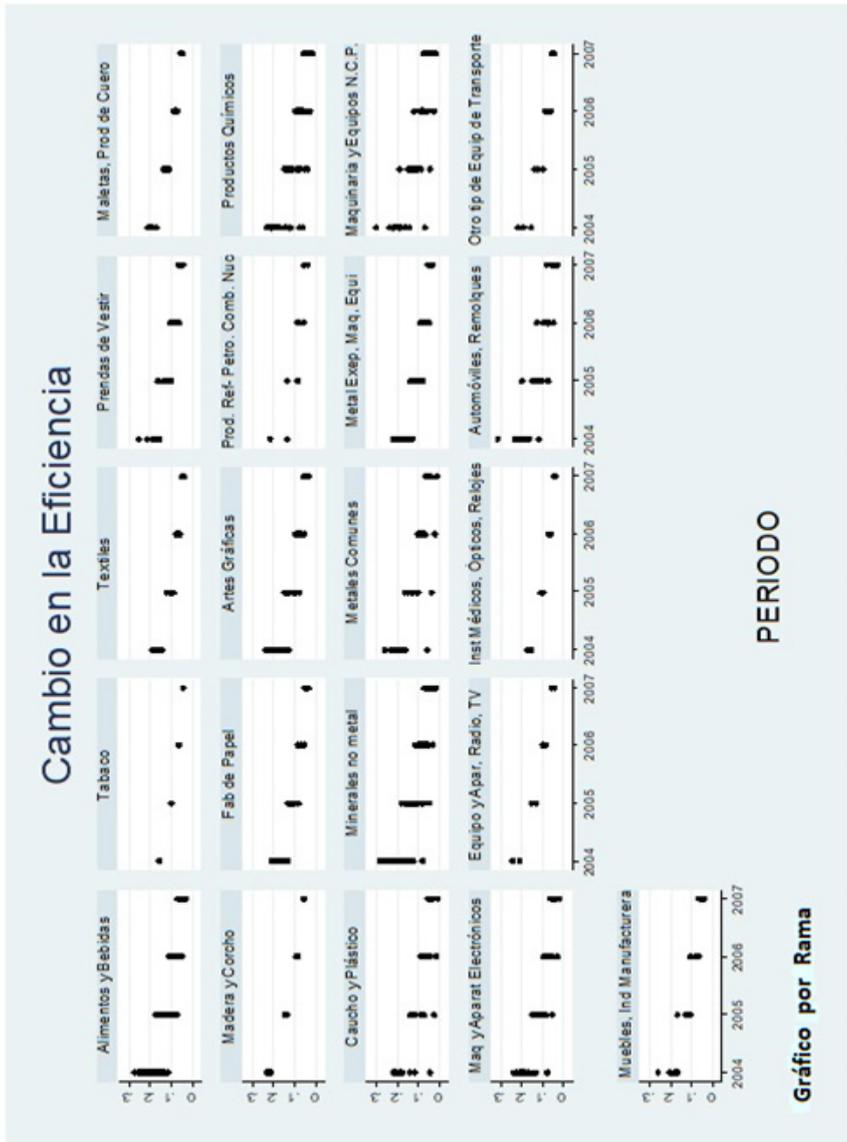


Figura 4. Cambio en eficiencia por actividad económica.
Fuente: Elaboración propia.

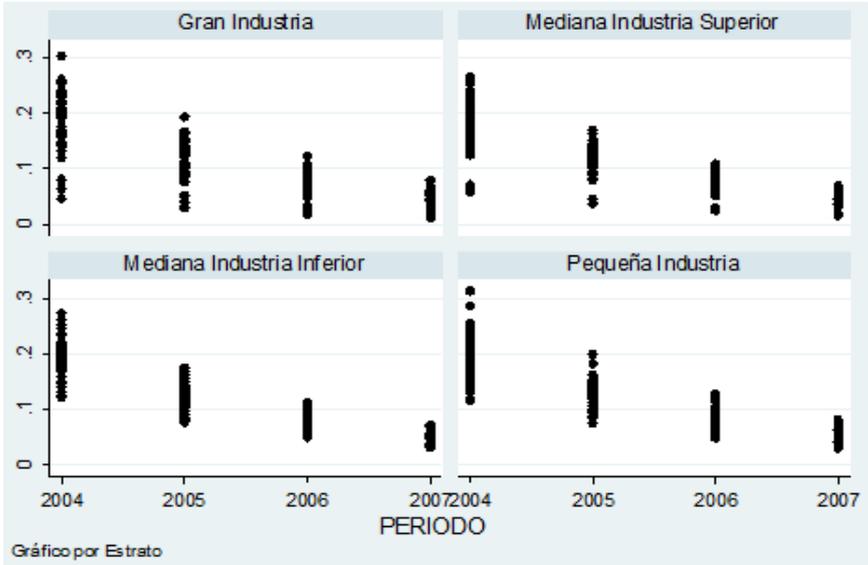


Figura 5. Cambio en eficiencia por tipo de estrato.
Fuente: Elaboración propia.

vii) Cambios en escala

Trayendo a colación la ecuación [10], la estimación de los cambios en escala se realiza luego de obtener la estimación de la elasticidad de consumo intermedio, activo total y mano de obra, obteniendo:

Elasticidad de consumo intermedio:

$$\hat{\epsilon}_{Int} = 0,3994 + [2 * (0,0718)Ln(Intermedio) - (0,0794)Ln(Trabajo) - (0,0465)Ln(Activo) - (0,0134)tiempo$$

Elasticidad de activo total:

$$\hat{\epsilon}_{Act} = 0,0727 + [2 * (0,0064)LnActivo + (0,0374)LnTrabajo - (0,0465)LnIntermedio - (0,0047)tiempo$$

Elasticidad de mano de obra:

$$\hat{\epsilon}_{Trab} = 0,3660 + [2 * (0,0208)LnTrab + (0,0374)LnActivo - (0,0794)LnIntermedio + (0,0117)tiempo$$

Por lo que $\varepsilon = \varepsilon_{Int} + \varepsilon_{Act} + \varepsilon_{Trab}$ y de esta forma se pueden estimar los cambios en escala:

$$CE = (\varepsilon - 1) \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \right) \dot{X}_n$$

Donde, \dot{X}_n representa la tasa de consumo intermedio, activo total y mano de obra representados por:

$$\dot{X}_{Int} = \frac{\text{Intercambio 2004} - \text{Intercambio 2003}}{\text{Intercambio 2003}}$$

$$\dot{X}_{Act} = \frac{\text{Activo 2004} - \text{Activo 2003}}{\text{Activo 2003}}$$

$$\dot{X}_{Trab} = \frac{\text{Trabajo 2004} - \text{Trabajo 2003}}{\text{Trabajo 2003}}$$

Y de esta forma se calcula para todos los años en estudio.

Se observa en la figura 6 que en general, no hay cambios de comportamientos bruscos en ninguna rama de actividad económica. Sin embargo, en la fabricación de productos químicos para el año 2005 hay un ascenso en comparación con los demás años. Esto indica que la producción de sustancias químicas de ese año tuvo rendimientos tecnológicos crecientes en escala, pero en los demás años se mantuvo prácticamente constante, al igual que la fabricación de minerales no metales. Los cambios en escala tienen en su mayoría comportamientos constantes, lo que no permitirá actuar con gran significancia en el cálculo de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano, así que éstos serán afectados principalmente por los cambios tecnológicos y en eficiencia.

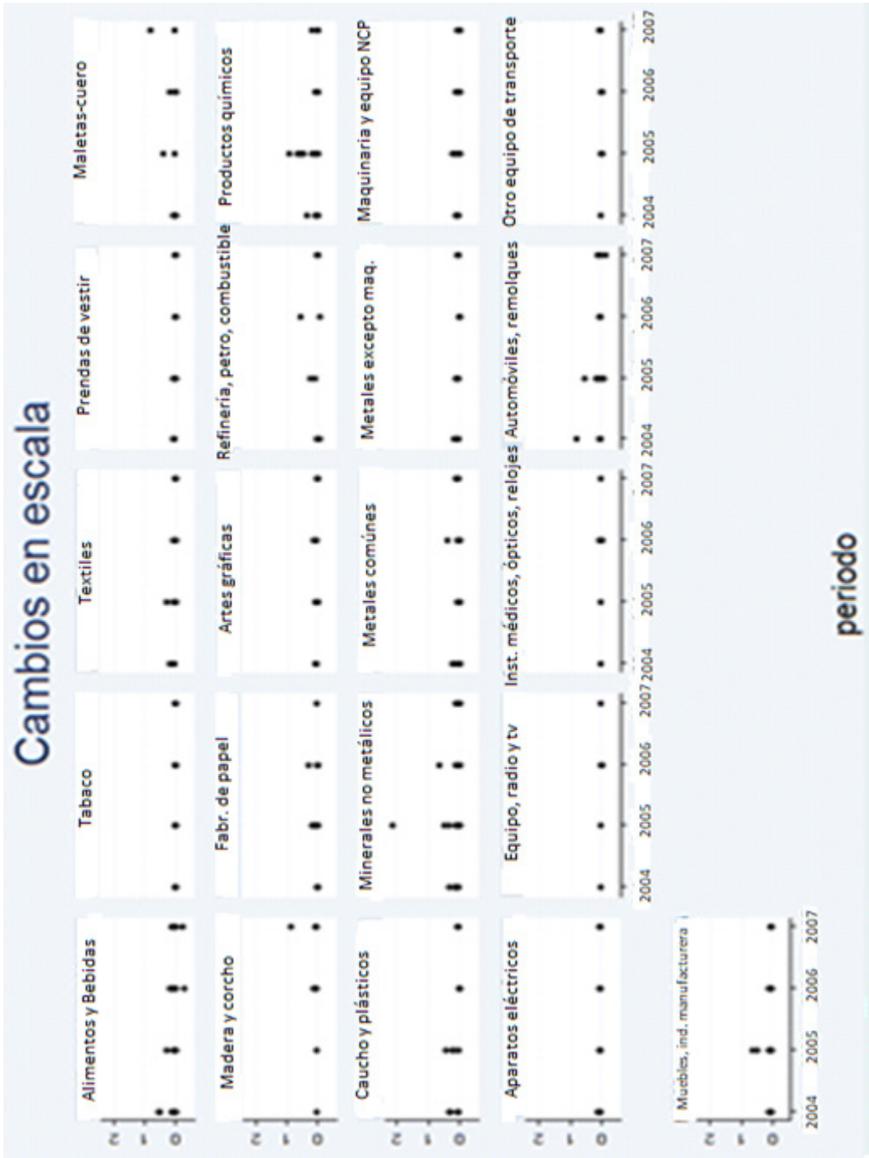


Figura 6. Gráfico por rama económica.

Fuente: Elaboración propia.

viii) *Cambio en escala por tipo de estrato:*

De igual manera, en los cambios de escala por tipo de estrato no existen cambios significativos en los distintos años. Las medianas industrias son las que reflejan más cambios, recordando que esto no es más que rendimientos tecnológicos a escala. En general se mantienen constantes.

Una vez estimados los tres cambios observados anteriormente, se pueden estimar los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano para el período de estudio el cual se especifica después de las figuras 6 y 7.

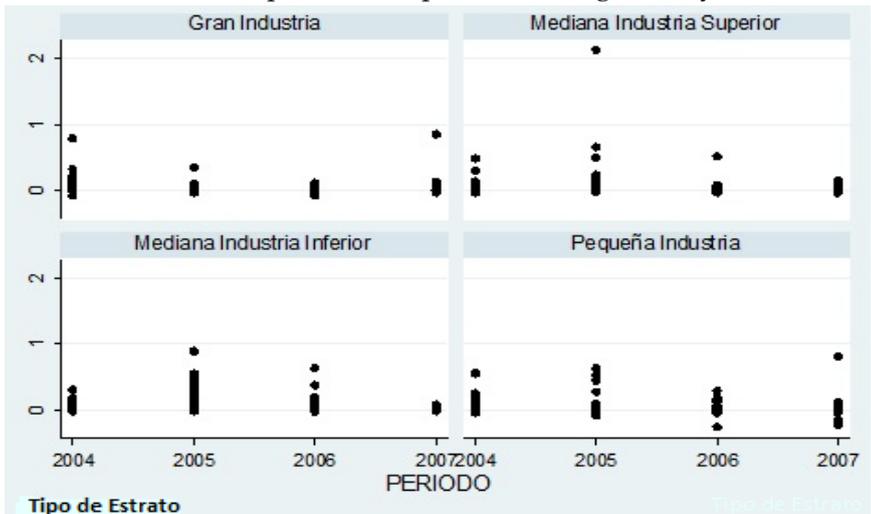


Figura 7. Cambios en escala por tipo de estrato.

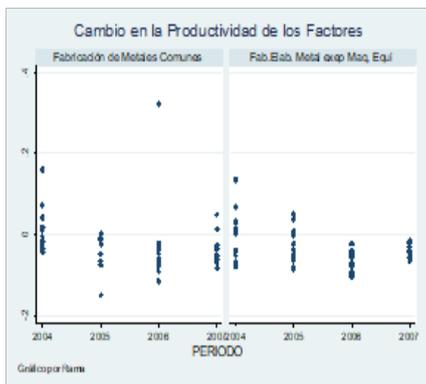
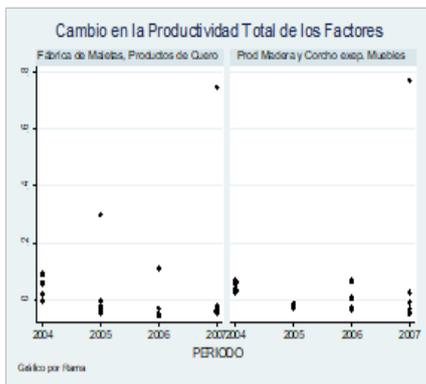
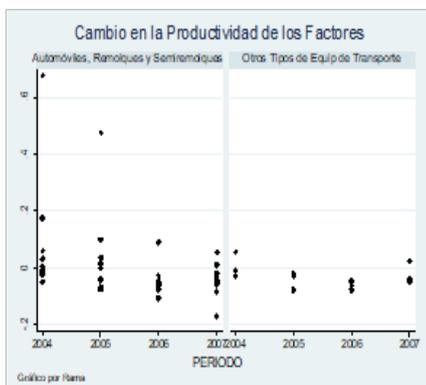
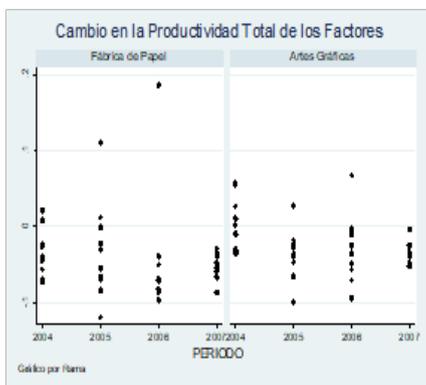
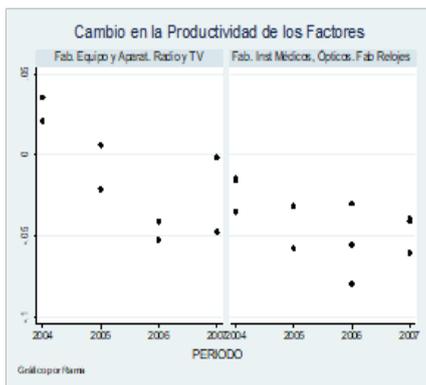
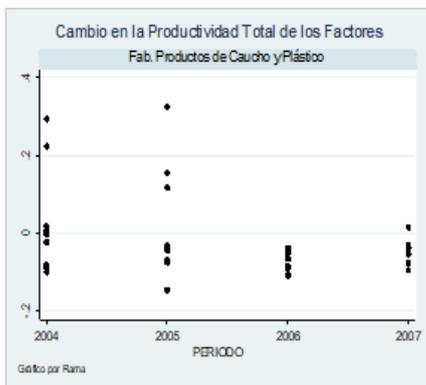
Fuente: Elaboración propia.

ix) *Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por rama de actividad económica*

La ecuación de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano está dada por:

$$T\dot{F}P = T\Delta + (\varepsilon - 1) \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n + TE\Delta$$

Y se observan por tipo de rama de actividad económica a continuación:



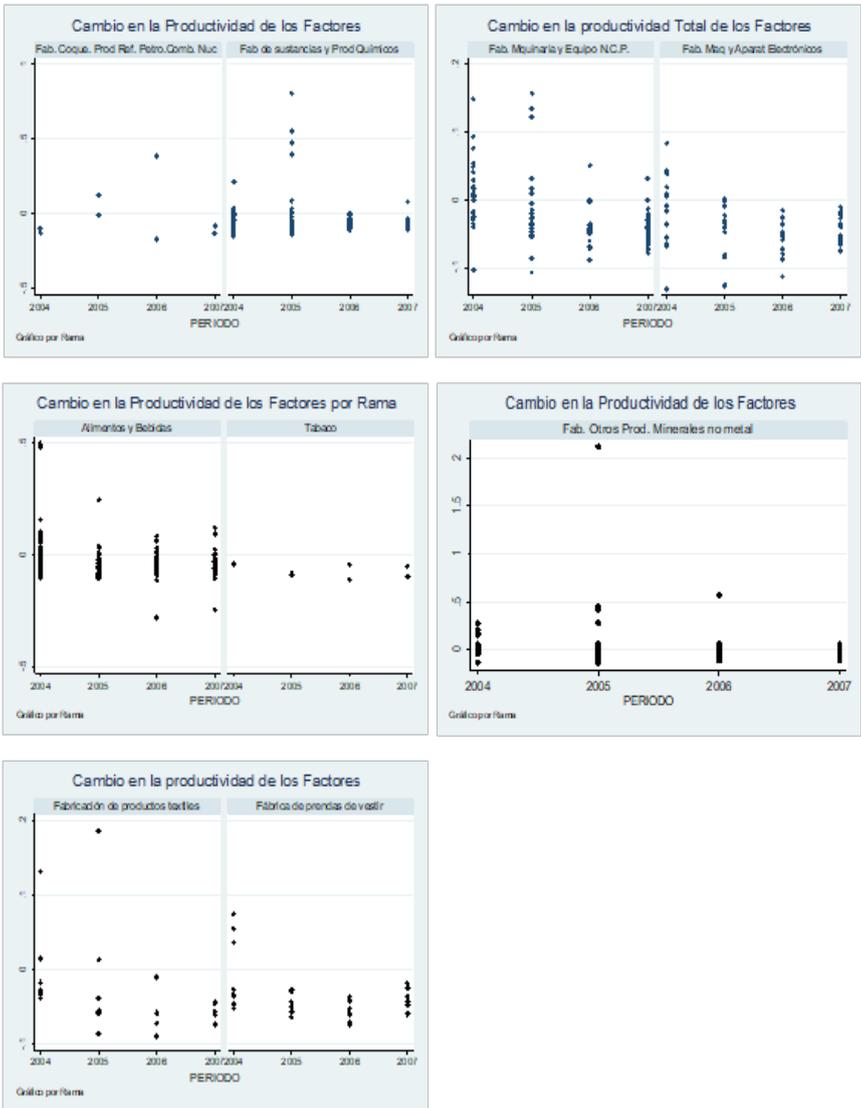


Figura 8. Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por tipo de rama de actividad económica.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras anteriores sobre los cambios en la productividad total se refleja el crecimiento productivo de las ramas económicas que forman parte de las industrias manufactureras venezolanas. A primera vista se observa como la productividad de la mayoría de las ramas de actividad económica estudiadas presentan tendencia decreciente como: la fabricación de prendas de vestir y de textiles, la fábrica de papel, artes gráficas, la fabricación de metales comunes, la fabricación y elaboración de metales excepto máquinas y equipos, fabricación de aparatos electrónicos y máquinas, fabricación de maquinaria y equipo N.C.P, elaboración de instrumentos médicos ópticos, fábrica de maletas, productos de cuero, producción de madera y corcho excepto muebles, fabricación de relojes, fabricación de radio y TV, fabricación de automóviles, remolques y semirremolques junto a otros tipos de equipos de transporte y fabricación de caucho y plástico. Sin embargo, en los años 2006 y 2007 se observa una clara recuperación de la productividad, es decir, un pequeño aumento en comparación con los anteriores años.

Por otro lado, se observan comportamientos casi constantes, es decir, para el período de estudio la productividad prácticamente no aumentó ni disminuyó. Esto ocurre específicamente en la productividad de alimentos y bebidas, la elaboración de tabaco y en la elaboración de productos minerales no metales, a pesar de que en la última mencionada en el año 2006 existan tres clases de actividad económica que presentan destacada productividad en el año 2005 y una en el año 2006. La fabricación de sustancias y productos químicos en general mantiene también un comportamiento constante, excepto por el año 2005 en donde la productividad aumentó considerablemente con respecto a los demás años. Sin embargo, el crecimiento no ocurre para todas las clases inmersas en esta rama económica sino para una minoría.

Al observar la figura 8 existen ramas de actividad económica que para el período de estudio reflejan fluctuaciones crecientes y

decrecientes, lo que indica que existe crecimiento y decrecimiento productivo a su vez. La fabricación de coque, refinería y combustible nuclear es un caso único, sólo se estudian dos clases de actividad en esta rama y ambas presentan comportamientos distintos. Las dos clases de 2004 a 2005 muestran un notable crecimiento productivo; sin embargo, en 2006 la productividad de una de ellas cae, pero la otra mantiene la tendencia creciente que traía de manera significativa, esta en 2007 disminuye su productividad considerablemente mientras que la que ya venía en disminución vuelve a tener un pequeño aumento en este año. Sería interesante observar qué ocurrió a partir del año 2007 para verificar si el crecimiento productivo de esta rama económica se mantuvo.

Otra rama de actividad que presenta comportamiento único es la fabricación de sustancias y productos químicos, ésta en el año 2005 presenta productividad acelerada con respecto a los demás años. Se considera una rama con productividad constante exceptuando el año 2005 que pareciera haber sido un año atípico para esta rama económica.

x) Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por tipo de estrato

Los cambios de la productividad por tipo de estratos se muestran reflejados en la figura 9; se aprecia en la misma que las grandes industrias decrecieron en producción desde el año 2004 hasta el 2006. Para el año 2007 se observa un pequeño crecimiento productivo.

Las medianas industrias superiores presentan un crecimiento productivo en el año 2005, y luego la productividad decrece hasta el año 2007. Con respecto a las medianas industrias inferiores se observa un aumento entre el 2004 y 2005, luego disminuye notablemente. Por último, en las pequeñas industrias la productividad muestra un crecimiento con poca variabilidad, en el año 2006 se observa un decrecimiento.

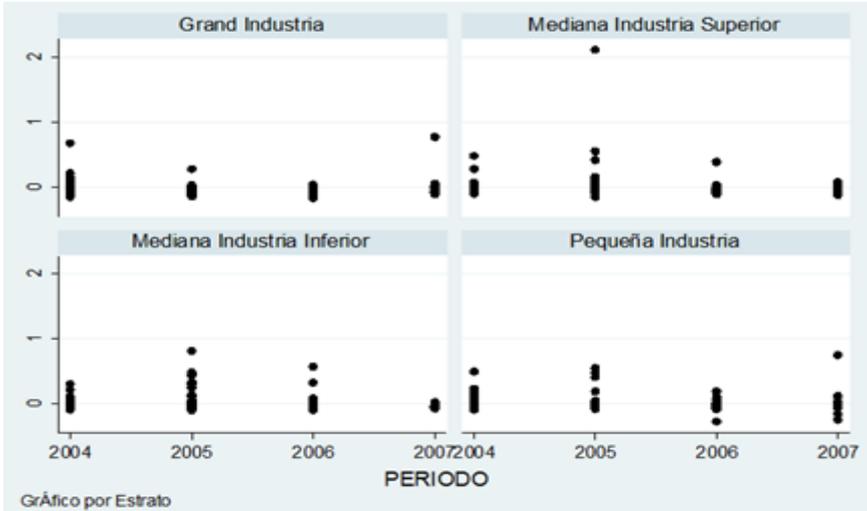


Figura 9. Cambio en la productividad por tipo de estrato.
Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

En el análisis estadístico básico por tipo de estrato se observó que las cuatro variables estudiadas tienen un comportamiento similar. En las grandes industrias, la fábrica de productos de coque representa la mayor productividad, al igual que el mayor activo, consumo intermedio y mano de obra. Esta misma rama de actividad económica destaca también en las medianas industrias junto con las fábricas de sustancias y productos químicos. Las pequeñas industrias reflejan comportamientos distintos en cada variable. Por otro lado, se observó a través de los histogramas que ninguna de las variables en estudio presenta distribución normal.

El modelo de fronteras estocásticas estimado resultó ser el modelo más completo luego de ser comparado con otros modelos tentativos. Los coeficientes y errores estándar de las variables son aceptables. La estimación de la ineficiencia indica que la productividad de las empresas manufactureras venezolanas es técnicamente ineficiente.

Las estimaciones de los cambios tecnológicos y en escala, demostraron que para el progreso productivo hace falta mejoras,

aunque la tecnología en general con los años está en crecimiento, aún no alcanza a tener los valores deseados. Los cambios en escala en general son constantes.

Por último, al estudiar los comportamientos de los cambios en la productividad del sector manufacturero venezolano de las ramas de actividad económica, se observa que en el período de estudio la productividad venezolana ha decaído y trae como consecuencia una fractura económica en el país.

Es de interés hacer un seguimiento a este estudio realizado para conocer cómo se comporta la productividad hasta la actualidad. Además, se recomienda a las instituciones públicas o privadas encargadas de recolectar información, hacer más accesible esa información para los investigadores.

Por otro lado, se recomienda realizar el mismo estudio a partir del año 2007 hasta la actualidad, de esta forma se conocería si los cambios tecnológicos llegaron a tomar valores positivos o si mantuvieron el crecimiento tecnológico que se observa desde el año 2004. Además, es importante verificar si la eficiencia técnica mantuvo la tendencia o mejoró la misma. Conociendo esta información podría visualizarse el comportamiento de la productividad de las empresas manufactureras venezolanas a partir del año 2007.

6. Notas

- 1 *Strata in which industries are classified according to the number of workers they have on staff: Large Industry (Stratum I): Manufacturing companies with more than one hundred (100) employed persons. Mid-upper Industry (Stratum II): Manufacturing companies with a number of fifty one (51) up to one hundred (100) employed persons (both inclusive). Mid-lower Industry (Stratum III): Manufacturing companies with a number of twenty one (21) up to fifty (50) employed persons (both inclusive). Small Industry (Stratum IV): Manufacturing companies with a number of five (5) up to twenty (20) employed persons (both inclusive).* Traducción: Estratos de ocupación bajo los cuales se clasifican las industrias de acuerdo al número de trabajadores que posean: Gran industria (Estrato I): comprende a los establecimientos manufactureros con más de 100 personas ocupadas. Mediana industria superior (Estrato II):

comprende a los establecimientos que poseen de 51 a 100 personas ocupadas (ambos inclusive). Mediana industria inferior (Estrato III): comprende a los establecimientos manufactureros que poseen de 21 a 50 personas ocupadas (ambos inclusive). Pequeña industria (Estrato IV): comprende a los establecimientos manufactureros que poseen de 5 a 20 personas ocupadas (ambos inclusive) (Oficina Central de Estadística e Informática, 1978).

7. Referencias

- Alvarado, Mizar; Carvallo, Oscar y Verdú, Luis (2012). *Eficiencia, economías de escala y economías de alcance en el sistema bancario venezolano 2004-2012*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, pp. 79.
- Aigner, Denys; Lovell, Knox y Schmidt, Peter (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*, 6, 1, pp. 21-37. DOI: 10.1016/0304-4076(77)90052-5
- Battese, George y Corra, Greg (1977). "Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia". *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 3, pp. 169 -179.
- Carvallo, Oscar; Contreras, José y Santeliz, Andrés (2012). "Patrones de eficiencia técnica en el sector manufacturero venezolano (2007)". *Economía*, XXXVII, 34 (julio – diciembre, 2012), pp. 121-137.
- Franco, Mercedes; Ramos, Lucrecia y Hernández, Yunieski (2010). "Combinación de datos de corte transversal y de series temporales: la utilización de datos de panel". *Contribuciones a la Economía*. Consultado: 25/06/2017. Disponible (online): <http://www.eumed.net/ce/2010b/>
- Gumbau, Mercedes y Maudos, Joaquín (1996). *Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronterera*. Consultado el: 25/06/2017. Disponible (online): <http://www.ivie.es/downloads/docs/wpasec/wpasec-1996-10.pdf>.
- Harmath, Pedro y Ramoni, Josefa (2012). "Fronteras estocásticas e ineficiencia salarial en Venezuela". *Economía*, XXXVII, 33 (enero-junio, 2012), pp. 107-142.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002). *Encuesta Industrial Anual. Ficha técnica*. Caracas: Gerencia General de Estadísticas Económicas del INE.

- Kim, Taegi y Park, Changsuh (2006). "Productivity growth in Korea: efficiency improvement or technical progress?". *Applied Economics* 38, 8, pp. 943-954. DOI: 10.1080/00036840600639006.
- Kumbhakar, Subal (1990). "Production frontiers, panel data, and time varying technical inefficiency". *Journal of Econometrics*, 46, 1-2, pp. 201-211.
- Kumbhakar, Subal y Lovell, Knox (2000). *Stochastics frontier analysis*. New York: Cambridge University Press, 333 pp.
- Lora, Juan (2006). *Propuesta para la estimación del salario de reserva de los empleados en Colombia con el análisis de fronteras estocásticas*. Colombia: Departamento Nacional de Planeación, 41 pp.
- Meeusen, Wim y Van den Broeck, Julien (1977). "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error". *International Economic Review*, 18, 2, pp. 435 – 444.
- Melo, Ligia y Espinoza, Néstor (2005). *Ineficiencia en la distribución de energía eléctrica: una aplicación de las funciones de distancia estocástica*. Consultado el: 24/06/2017. Disponible (online): <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra321.pdf>
- Oficina Central de Estadística e Informática (1978). *VIII Encuesta Industrial Región de los Llanos Centrales. Región Guayana y Sur. Región Centro Norte y Costera*. República de Venezuela: Presidencia de la República.
- Peña, Julio; Basch, Michael y Vergara, Sebastián (2003). "Eficiencia técnica y escalas de operación en pesca pelágica: un análisis de fronteras estocásticas". *Cuadernos de economía*, 40, 119, pp. 47-87. DOI: 10.4067/S0717-68212003011900002.
- Salvador, Manuel y Gargallo, Pilar (2003). *Análisis exploratorio de datos*. Consultado: 07/05/2017. Disponible (online): <http://www.5campus.com/leccion/aed>
- Velázquez, Guacimara y Vásquez, Maura (2007). "La clasificación de la industria manufacturera en Venezuela: una aproximación desde la perspectiva multivariante de costos". *Gestión y Gerencia*, 1, 1, pp. 36-50.
- Vergara, Marcos (2006). "Nota técnica para estimar fronteras estocásticas: una aplicación a la banca chilena". *Estudios de Administración*, 13, 2, pp. 47-66.

Anexo 1

Cuadro 5. Sectores con los mínimos y máximos valores de producción

Mínimos				
Año	Gran Industria	Mediana Industria	Mediana Industria	Pequeña Industria
2003	Fabricación de productos no metálicos.	Elaboración de azúcar.		
2004				
2005	Corte tallado y acabado de piedra.	Elaboración de cacao, chocolate y de productos de confitería.	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural.	Elaboración y conservación de pescado y derivados.
2006	Elaboración y conservación de pescado y derivados.	Elaboración de azúcar.	Fabricación de productos de tabaco.	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y componentes electrónicos.
2007	Construcción y reparación de buques.			Fabricación de productos de tabaco.
Máximos				
2003	La coquización.	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos.		Elaboración de productos de panadería y destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas.
2004	La coquización.	Fabricación de hilos y cables aislados.	Fabricación de acumuladores de pilas y baterías primarias.	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y componentes electrónicos.
2005	Fundición de hierro y acero.	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético.	Elaboración, conservación de pescado y derivados.	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario.
2006	Fundición de hierro y acero.		Fabricación de productos de cerámica refractaria.	Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal.
2007	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal.			Aserrado y acepilladura de madera.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6. Sectores con los mínimos y máximos niveles de Consumo Intermedio

Mínimos				
Año	Gran Industria	Mediana Industria	Mediana Industria	Pequeña Industria
2003	Fábrica de otros productos minerales no metálicos	Elaboración de azúcar		
2004		Elaboración de azúcar		
2005	Corte, tallado y acabado de la piedra.	Elaboración de macarrones, fideos y productos farináceos similares	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración y conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado	Elaboración de azúcar		Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2007	Construcción y reparación de buques	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración y conservación de pescado y derivados
Máximos				
2003	Coquización (fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear)	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cármicos		
2004	Coquización	Fabricación de hilos y cables aislados	Fabrica pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2005		Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético	Elaboración, conservación de pescado y derivados	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
2006	Fundición de hierro y acero		Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos	Fabricación de productos de cerámica refractaria
2007				

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Sectores con mínimos y máximos niveles de Activo Total

Mínimos				
Año	Gran Industria	Mediana	Mediana Industria	Pequeña Industria
2003	Fabricación de productos no metálicos	Elaboración de azúcar		
2004	Fabricación de productos no metálicos	Elaboración de azúcar		
2005	Corte tallado y acabado de piedra	Elaboración de cacao, chocolate y de productos de confitería	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración y conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración y conservación de pescado y derivados	Elaboración de azúcar	Fabricación de productos de tabaco	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos
2007	Construcción y reparación de buques	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración y conservación de pescado y derivados
Máximos				
2003	Fabricación de productos de hornos de coque	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos		
2004	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de joyas y artículos conexos	Fabricación de acumuladores, de pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de componentes electrónicos
2005	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal	Fabricación de productos de cerámica refractaria		Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos de nitrógeno
2006	Fabricación de hojas de madera para enchapado; tableros contrachapados, laminados y otros tableros y paneles	Elaboración, conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Fabricación de productos de cerámica refractaria	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
2007	Aserrado y acepilladura de madera	Fabricación de máquinas herramienta	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de equipo de elevación y manipulación.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 8. Sectores con mínimos y máximos niveles de mano de obra

Mínimos				
Año	Gran Industria	Mediana Industria	Mediana Industria	Pequeña Industria
2003	Actividad productora, procesadora, conservadora de carne y derivados	Fábrica productos metálicos para uso estructural	Elaboración de azúcar	
2004	Corte, tallado y acabado de la piedra	La fabricación de máquinas herramienta	Elaboración de azúcar	
2005	Fabricación de máquinas herramienta	Pulvimetalurgia	Productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración, conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración, conservación de pescado y derivados	Elaboración de azúcar	Fabricación de productos de tabaco	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y de componentes electrónicos
2007	Edición de libros, folletos, partituras y otras publicaciones	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración, conservación de pescado y derivados
Máximos				
2003	Fabricación de productos de hornos de coque	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos		
2004	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de joyas y artículos conexos	Fabricación de acumuladores, de pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2005	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal	Fabricación de productos de cerámica refractaria		Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y componentes de nitrógeno
2006	Fabricación de hojas de madera para enchapado; tableros contrachapados, laminados y otros tableros y paneles	Elaboración, conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Fabricación de productos de cerámica refractaria	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
2007	Aserrado y acepilladura de madera	Fabricación de máquinas herramienta	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de equipo de elevación y manipulación.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2

Cuadro 9. Ramas y clases de actividad económica

Ramas de actividad económica	Clases de actividad económica
15. Elaboración de productos alimenticios y bebidas	1511. Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos 1512. Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado 1513. Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas 1514. Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal 1520. Elaboración de productos lácteos 1531. Elaboración de productos de molinería 1533. Elaboración de alimentos preparados para animales 1541. Elaboración de productos de panadería 1542. Elaboración de azúcar 1543. Elaboración de cacao y chocolate y de productos de confitería 1544. Elaboración de macarrones, fideos, alucuzcuz y productos farináceos similares 1549. Elaboración de otros productos alimenticios N.C.P. 1551. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas 1553. Elaboración de bebidas malteadas y de malta
16. Fabricación de productos de tabaco	1600. Fab. de productos de tabaco
17. Fab. de productos textiles	1711. Preparación e hilatura de fibras textiles; tejedura de productos textiles 1721. Fab. de artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir 1729. Fab. de otros productos textiles N.C.P. 1730. Fab. de tejidos y artículos de punto y ganchillo
18. Fab. de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	1820. Adobo y teñido de pieles; Fab. de artículos de piel
19. Curtido y preparado de cuero, fabricación de calzado, artículos de viaje, maletas, bolso de mano y similares	1911. Curtido y adobo de cueros 1920. Fab. de calzado

<p>20. Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; Fab. de artículos de cestería</p>	<p>2010. Aserrado y acepilladura de madera 2021. Fab. de hojas de madera para enchapado; Fab. de tableros contrachapados, tableros laminados, tableros de partículas y otros tableros y paneles</p>
<p>21. Fab. de papel, cartón y productos de papel y cartón</p>	<p>2101. Fab. de pasta de madera, papel y cartón 2102. Fab. de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón 2109. Fab. de otros artículos de papel y cartón</p>
<p>22. Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones</p>	<p>2211. Edición de libros, folletos, partituras y otras publicaciones 2212. Edición de periódicos, revistas y publicaciones periódicas 2219. Otras actividades de edición 2221. Actividades de impresión</p>
<p>23. Coquización, Fab. de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear</p>	<p>2310. Fab. de productos de hornos de coque 2330. Elaboración de combustible nuclear</p>
<p>24. Fab. de sustancias y productos químicos</p>	<p>2411. Fab. de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos de nitrógeno 2413. Fab. de plásticos en formas primarias y de caucho sintético 2421. Fab. de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario 2423. Fab. de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos 2424. Fab. de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes 2429. Fab. de otros productos químicos N.C.P. 2430. Fab. de fibras manufacturadas</p>
<p>25. Fab. de productos de caucho y de plástico</p>	<p>2511. Fab. de cubiertas y cámaras de caucho; recauchado y renovación de cubiertas de caucho 2519. Fab. de otros productos de caucho 2520. Fab. de productos de plástico</p>
<p>26. Fab. de otros productos minerales no metálicos de vidrio</p>	<p>2610. Fab. de vidrio y productos 2691. Fab. de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural 2692. Fab. de productos de cerámica refractaria 2694. Fab. de cemento, cal y yeso 2695. Fab. de artículos de hormigón, cemento y yeso 2696. Corte, tallado y acabado de la piedra 2699. Fab. de otros productos minerales no metálicos n.c.p.</p>

27. Fab. de productos metalúrgicos básicos	2710. Industrias básicas de hierro y acero 2720. Fab. de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos 2731. Fundición de hierro y acero
28. Fab. de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	2811. Fab. de productos metálicos para uso estructural 2812. Fab. de tanques, depósitos y recipientes de metal 2813. Fab. de generadores de vapor, excepto calderas de agua caliente para calefacción central 2891. Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia 2893. Fab. de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería 2899. Fab. de otros productos elaborados de metal N.C.P.
29. Fab. de maquinaria y equipo N.C.P.	2911. Fab. de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas 2915. Fab. de equipo de elevación y manipulación 2919. Fab. de otros tipos de maquinaria de uso general 2921. Fab. de maquinaria agropecuaria y forestal 2922. Fab. de máquinas herramienta 2924. Fab. de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción 2925. Fab. de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco 2.927 Fab. de armas y municiones 2.930 Fab. de aparatos de uso doméstico N.C.P.
31. Fab. de maquinaria y aparatos eléctricos N.C.P.	3.110 Fab. de motores, generadores y transformadores eléctricos 3.120 Fab. de aparatos de distribución y control 3.130 Fab. de hilos y cables aislados 3.140 Fab. de acumuladores y de pilas y baterías primarias 3.150 Fab. de lámparas eléctricas y equipo de iluminación
32. Fabricación de equipos y aparatos de radio, tv y comunicaciones	3.210 Fab. de tubos y válvulas electrónicos y de otros componentes electrónicos
33. Fab. de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y Fab. de relojes	3.311 Fab. de equipo médico y quirúrgico y de aparatos ortopédicos 3.330 Fab. de relojes

34. Fab. de vehículos automotores, remolques y semirremolques	3.410 Fabricación de vehículos automotores 3.420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; Fab. de remolques y semirremolque 3.430 Fab. de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores
35. Fab. de otros tipos de equipos de transporte	3.511 Construcción y reparación de buques 3.520 Fab. de locomotoras materiales rodantes 3.530 Fab. de aeronaves y naves espaciales 3.591 Fab. de motocicletas 3.592 Fab. de bicicletas y de sillones de ruedas para inválidos
36. Fab. de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	3.610 Fab. de muebles 3.691 Fab. de joyas y artículos conexos 3.699 Otras industrias manufactureras N.C.P.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterización de los registros en emergencias atendidas por INPRADEM utilizando minería de datos

Characterization of records in emergencies assisted by INPRADEM using data mining

Yamilet Casanova*, Francisco Hidrobo** y Lucileima Rosales***

Código JEL: C44, C89, D83

Recibido: 25/03/2019, Revisado: 21/05/2019, Aceptado: 25/06/2019

Resumen

En este artículo se presenta la caracterización de los registros de emergencias de INPRADEM utilizando minería de datos. Se usó la metodología CRISP-DM, haciendo énfasis en: emergencias suscitadas en el estado Mérida, colisiones por horas, semanas con mayor cantidad de emergencias y eventos en períodos vacacionales. Los resultados aportan información relevante relacionada a los equipos más usados, distribución de colisiones por horas, emergencias que requieren o no equipos, comportamientos en períodos vacacionales y días de la semana con mayor número de eventos. INPRADEM cuenta con una nueva forma de ver sus datos, prometiendo beneficios a la solución de una gran variedad de problemas como: planeación económica, distribución de trabajo y equipo, análisis de servicio y prevención en épocas de demanda alta.

Palabras claves: organización, minería de datos, caracterización.

Abstract

This article presents the characterization of INPRADEM's emergency records by using data mining. The methodology used was CRISP-DM, placing an emphasis on: emergencies caused in the Merida State, collisions of hours, weeks with more emergencies and events during vacation periods. The results provide relevant information related to the most used equipment, collision arrangement by hours, emergencies that do or do not require equipment, performance in holiday periods, and days of the week with a greater number of events. INPRADEM has a new way of viewing its data, promising benefits to the solution of a wide range of problems such as: economic planning, work and equipment distribution, service analysis and prevention in periods of high demand.

Key words: Organization, data mining, characterization

* Ingeniero de Sistemas de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58) 04126630203. Correo electrónico: yamiccv@gmail.com.

** Ph.D. En Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela de Ciencias Matemáticas y Computacionales Yachay Tech. Ecuador. Teléfono: (593) 980610529. Correo electrónico: fhidrobo@yachaytech.edu.ce, fhidrobo@gmail.com.

*** Magister Scientiae en Estadística de la Universidad de Los Andes. Escuela de Estadística. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58) 04147282629. Correo electrónico: lucileima@ula.ve, lucileimarosales@gmail.com.

1. Introducción

Durante los últimos años el crecimiento de las zonas urbanas ha traído consigo el aumento en las necesidades de movilidad, llevando a un incremento del parque automotor, que para el año 2013 llegó a 102.925 carros y motos en el Estado Mérida según el Instituto Nacional de Estadística (INE). A la cantidad de vehículos se suma la falta de nuevas avenidas, planes de movilidad y otras iniciativas como campañas de educación a conductores que contribuyen a un elevado número de accidentes de tránsito, cifra que aumenta junto con la población y cantidad del parque automotor.

Mérida, por su relieve montañoso y siendo zona sísmica, presenta lugares de alto riesgo que son utilizados para desarrollos urbanos, atentando contra la integridad física de las personas que allí habitan. Por otra parte, Mérida es una ciudad turística, y con su creciente población tiene muchas actividades (concentraciones, manifestaciones, conciertos) y eventos públicos (i.e. las ferias del sol) que requieren apoyo de instituciones que presten servicios de atención en caso de presentarse contratiempos.

En vista de todas estas necesidades que presenta el estado, y de manera particular la ciudad, la Gobernación del Estado Mérida el 03 de octubre de 1996 creó la Fundación para el Manejo de Emergencias, Desastres Naturales y Defensa Civil del Estado Mérida (FUNDEM), que evolucionó a través de los años y se convirtió en el Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida (INPRADEM), cuya misión es:

Ejecutar acciones que implican la gestión de riesgo y minimización de los efectos de los desastres en cada una de sus etapas, preparación, prevención, mitigación, alerta, respuesta, rehabilitación y recuperación, con un talento humano proactivo y profesional sustentado en los valores de voluntariedad, solidaridad, sentido social y humanitario (Emergencia 171 Mérida, 2018-2019, parr. 7).

En aras de mejorar los procesos internos de la organización, INPRADEM implementó en el año 2013 una planilla como mecanismo para llevar el registro de las emergencias que atienden en los diversos sectores del Estado. Dicha planilla contiene información sobre unidades despachadas, emergencias atendidas (nombre de los oficiales que atendieron dicha emergencia, tipo de emergencia, hora de despacho y llegada de la unidad), materiales usados en el servicio prestado o emergencia atendida y en algunos casos, los nombres de las personas que fueron atendidas. Además, se registra si se trabajó en conjunto con otro cuerpo de seguridad. Esta planilla es digitalizada mensualmente en un documento en formato Excel para tener la información tanto en físico como en digital. Sin embargo, el tiempo y esfuerzo empleado por los trabajadores para llevar el registro de todos los servicios, no se está aprovechando. Con el fin de contribuir con este organismo que trabaja en pro de la población del Estado Mérida, y tomando en cuenta que los datos recopilados en la planilla no han sido analizados, se propone caracterizar dichos datos mediante técnicas de minería de datos, para dar soporte a la toma de decisiones en los procesos de gestión de la organización.

En tal sentido, dichos datos pueden ser analizados para aportar información útil que contribuya a la mejora de la gestión de esta organización mediante la minería de datos, que según Zabala es una técnica que consiste:

[En la] extracción no trivial de información que reside de manera implícita en los datos. Dicha información era previamente desconocida y podrá resultar útil para algún proceso. En otras palabras, la minería de datos prepara, sondea y explora los datos para sacar la información oculta en ellos (2014, p.6).

Además de esta introducción, el artículo contiene otras cinco secciones: marco de referencia, metodología, fases de la investigación, resultados y, por último, se presentan las conclusiones.

2. Marco de referencia

A continuación, se presentan dos subsecciones, la primera contiene una descripción de la organización estudiada (INPRADEM) y en la segunda, se mencionan algunos trabajos relacionados con la investigación.

2.1. Origen de INPRADEM.

Dadas las condiciones geográficas y geomorfológicas que posee el Estado Mérida, la Gobernación de esta entidad creó la Fundación para el Manejo de Emergencias, Desastres Naturales y Defensa Civil del Estado Mérida (FUNDEM) el 03 de octubre de 1996 con el objeto de ofrecer atención especializada en materia de emergencias. Dicha Fundación recibe el nombre de Instituto el 03 de febrero de 1999 según Decreto Oficial N° 106 Extraordinaria, emanado del Despacho de la Asamblea Legislativa del Estado Mérida; asumiendo a partir de esta fecha las funciones para la atención de emergencias, desastres naturales y defensa civil del Estado Mérida (Emergencia 171 Mérida, 2018-2019). De esta manera, las personas responsables de su creación diseñaron un conjunto de programas y estrategias de atención y prevención a favor de la población de Mérida.

En tal sentido, ante la situación de riesgo natural y alta incidencia de accidentes antrópicos que distinguen al Estado Mérida, se crea el Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida (INPRADEM) el 01 de octubre de 2001. Dicho organismo es de carácter público, social y humanitario y tiene como propósito resguardar a la persona y a la sociedad en general ante las eventualidades provocadas por agentes naturales o humanos, así como disminuir los efectos negativos de tales desastres.

2.2. Revisión de la literatura

Sobre esto, Aránguiz (2012), realizó una prueba basada en la aplicación de técnicas de minería de datos de segmentación, asociación y clasificación, con el objeto de identificar patrones y variables influyentes en los accidentes de tránsito. Adicionalmente, efectuó un

análisis difuso del problema, mediante la creación de atributos difusos, que aportaran mayor información sobre los accidentes, acompañados de algoritmos difusos, particularmente de clasificación. Para dicha prueba, el autor tomó datos de las principales zonas del país durante el período 2007 - 2009. El resultado de esta investigación fue un plan de prevención de accidentes de tránsito.

Por su parte, Hassinger (2015) utilizó árboles de decisión para analizar los accidentes de tránsito, identificando las variables con mayor relevancia en la gravedad del accidente y extrayendo reglas de decisión para descubrir patrones que sirvan a los analistas, y gestores de seguridad vial, para realizar planes concretos con el fin de reducir el impacto socioeconómico causado por dichos accidentes.

Así, Salinas y Vele (2014), realizaron una predicción de la tendencia de la cantidad de accidentes de tránsito registrados desde agosto de 2014 hasta 2016. Posteriormente, mediante indicadores de accidentalidad de tránsito, abordaron un análisis descriptivo. De igual manera, los autores desarrollaron un análisis de series temporales utilizando el modelo autorregresivo integrado de medias móviles (ARIMA) para obtener la proyección sobre el aumento de los accidentes viales. En función de los resultados obtenidos en los análisis plantearon campañas y reformas orientadas en la disminución de accidentes de tránsito en el cantón Cuenca.

Por otro lado, García, Delgado, Díaz y García (2012), realizaron un análisis de las carreteras rurales de la provincia de Villa Clara ubicada en la región central de Cuba para estudiar la seguridad vial de los tramos que conforman dicha red. Para ello, los autores clasificaron los accidentes vehiculares de acuerdo a cinco aspectos y determinaron la influencia de cada uno de los componentes del sistema de seguridad vial en la accidentalidad y su interrelación. Los resultados obtenidos permitieron conocer las causas que ocasionaban dichos accidentes y en función de eso, los autores propusieron medidas para la disminución de los mismos.

Por su parte, Villarino (2015) aplicó minería de datos para el estudio de tablas de siniestralidad vial, usando modelos de clasificación basados en regresión logística. Por otra parte, utilizó

diversos métodos de ensamble de clasificadores mediante la técnica de stacking con el objeto de mejorar la precisión obtenida con los modelos de clasificación y reducir la varianza de los errores cometidos, observándose mejoras en cuanto a la precisión aportada por las técnicas de minería de datos frente al modelo clásico de regresión logística. Para la prueba se consideraron los 285.919 contenidos en la base de datos de accidentes ocurridos en España durante el año 2012 proporcionada por la Dirección General de Tráfico, de los cuales, 83.115 correspondían a registros de accidentes con víctimas por los diferentes cuerpos de policía y guardia civil y 202.804 registros referentes a datos específicos de las propias víctimas.

3. Metodología

La minería de datos es un dominio de la ciencia de la computación que permite el análisis de grandes cantidades de datos para encontrar y extraer patrones significativos útiles para el proceso de la toma de decisiones¹. Existen diversas definiciones, por ejemplo, para Govindarajan y Chandrasekaran (2011) es el uso de algoritmos para extraer la información y patrones derivados por el proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos. Por su parte, Larose y Larose (2014) la define como el proceso de descubrir nuevas correlaciones, patrones y tendencias significativas a través de grandes cantidades de datos, utilizando técnicas estadísticas, matemáticas y reconocimiento de patrones. Existen diversas metodologías para abordar el análisis de grandes cantidades de datos. En tal sentido, León (2017) destaca: SEMMA, KDD y CRISP-DM. La metodología usada para el desarrollo del proyecto fue CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) y el tratamiento de los datos se realizó en Excel de Microsoft Office 2013 y RStudio.

3.1. Metodología CRISP-DM:

Generalidades

El acrónimo CRISP-DM (*Cross- Industry Standard Process for Data Mining*) fue construido en 1993 por líderes de un grupo de industrias

como Daimler Benz, SPSS de Inglaterra, OHRA de Holanda, NCR de Dinamarca, consorcio de empresas Europeas y AG de Alemania, con el objeto de proveer aportes en el área de minería de datos (Timarán, Hernández, Caicedo, Hidalgo y Alvarado, 2016). La metodología CRISP-DM “se describe en términos de un modelo de procesos jerárquicos donde las tareas están organizadas en cuatro niveles de abstracción (de general a específico): fases, tareas generales, tareas especializadas e instancias de proceso” (Chapman, Clinton, Kerber, Khabaza, Reinartz, Shearer y Wirth, 2000, p. 8).

Ciclo de vida de la metodología CRISP-DM

El ciclo de vida de un proyecto de minería de datos es dinámico e iterativo e implica las siguientes fases: comprensión del negocio o problema, comprensión de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación e implementación (ver figura 1).

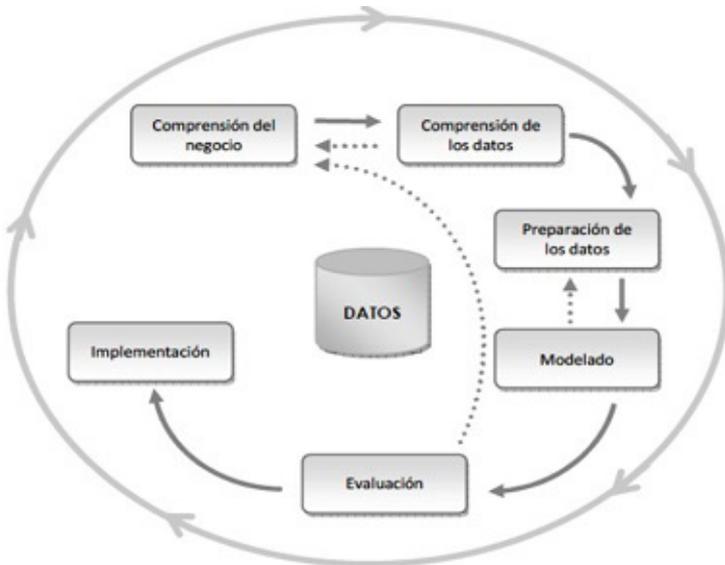


Figura 1. Fases del proceso CRISP-DM.
Fuente: Chapman et al. (2000).

Cada fase está constituida por tareas generales, y cada una de éstas se desglosan en tareas específicas donde se describen las acciones a desarrollar para determinadas situaciones (Larose y Larose, 2014). En la figura 2 se presenta una visión general de las tareas correspondientes a cada una de las fases.

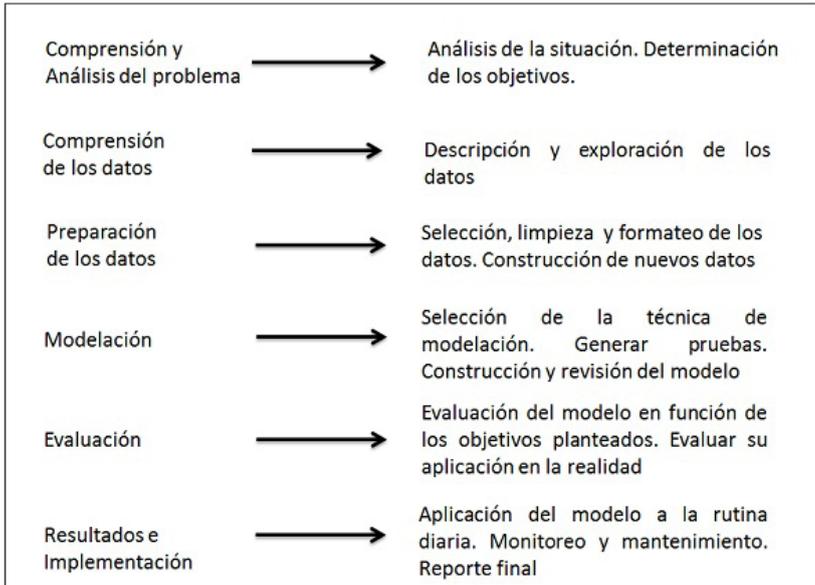


Figura 2. Tareas de la metodología CRISP-DM.

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, CRISP-DM es una de las metodologías más usadas en minería de datos por su flexibilidad en la secuenciación de sus fases.

4. Fases de la investigación

En esta sección se describen cada una de las fases del proyecto, presentándose para cada prueba solo una parte de los resultados obtenidos².

4.1. Fase 1: Comprensión y análisis del problema

Para dar soporte a la toma de decisiones en los procesos de gestión de INPRADEM, se analizan los datos registrados de las emergencias atendidas por dicha organización mediante técnicas de minería de datos.

4.2. Fase 2: Comprensión de los datos

Los datos proporcionados por la organización corresponden al período 2014 - 2016 de todos los centros de trabajo ubicados en el Estado Mérida, con un total de ocho (08) centros que trabajan en conjunto para satisfacer la demanda del Estado. Dichos datos se encuentran en una planilla que registra las actividades realizadas por INPRADEM y están digitalizadas en Excel de Microsoft Office. La planilla es manejada en cada centro y enviada a la central del Estado ubicada en la ciudad de Mérida. Siendo así, por cada filial que tiene INPRADEM en el Estado se tiene un documento al mes. La información contenida detalla la actividad que realiza el o los funcionarios despachados para atender dicha actividad. En el cuadro 1 se presenta una breve descripción de los datos.

Cuadro 1. Variables con su descripción.

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
Semana	Texto	Semana del año en la que ocurre el evento
Fecha	Fecha	Fecha exacta del evento definida: día de la semana, día del mes, mes y año. Ejemplo: sábado, 2 de abril de 2016
Hora de inicio	Hora	Hora en que es despachada una unidad para el evento
Hora final	Hora	Hora en que la unidad regresa o culmina el evento
Total horas efectivas	Hora	Duración de la atención al evento
Cantidad de funcionarios	Número entero	Cantidad de funcionarios que se dispusieron para el evento
Horas hombre	Hora	Cantidad en horas efectivas por cantidad de funcionarios que prestaron el servicio.
Número de producto meta	Texto	Código empleado para identificar la clase de servicio que se prestó para el evento. Ejemplo: Producto_Meta_7
Denominación producto meta	Texto	Especificación del servicio prestado. Ampliando el código del producto meta y describiendo la actividad con detalle.
Actividad	Texto	Descripción general del producto. Ejemplo: Eliminación de riesgo. Traslado de emergencia

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Fase 3: Preparación de los datos

En esta fase se realizó una limpieza de los datos, seleccionándose para el estudio un total de once (11) variables: semana, día, hora de inicio, hora final, total de horas efectivas, cantidad de funcionarios, número de producto meta, actividad, municipio, departamento, equipos y materiales utilizados. Dichas variables se clasificaron en tres grandes grupos: (1) Aquellas que están relacionadas con el tiempo; (2) La variable actividad, que no tiene relación alguna con el tiempo ni el espacio geográfico en que se desarrolle, pero ella si influye en otras variables y (3) Espacio geográfico, conformado por todas las variables que dependen del lugar en que se desarrolle la actividad. Las variables número de funcionarios y equipos dependen tanto del espacio geográfico como de la actividad debido a que los equipos que se usan dependen del servicio que presta; así como también del lugar, ya que en diferentes sectores del Estado se tiene a disposición distintas cantidades de funcionarios y equipos. En la figura 3 se presenta el esquema de clasificación considerado para las variables.

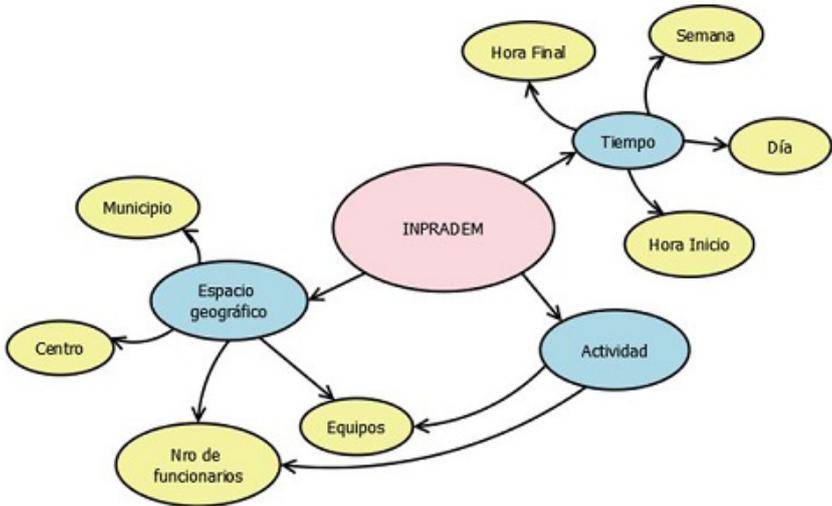


Figura 3. Esquema de clasificación de las variables.
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Fase 4: Modelación

4.4.1. Pruebas Iniciales

Gráficos de Frecuencias

Se realizó una primera prueba basada en el cálculo de frecuencias máximas por variable (ver figura 4).

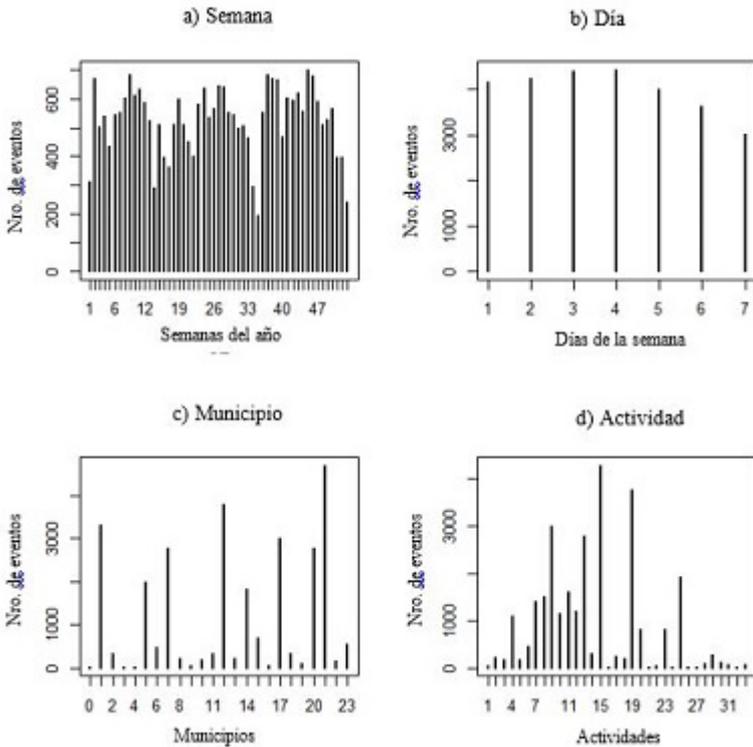


Figura 4. Gráficos de frecuencias

Fuente: Elaboración propia.

Por día las horas en que se presentan los eventos

Se consideró para cada día de la semana la hora en que se despachan las unidades para atender las diferentes actividades (ver figura 5).

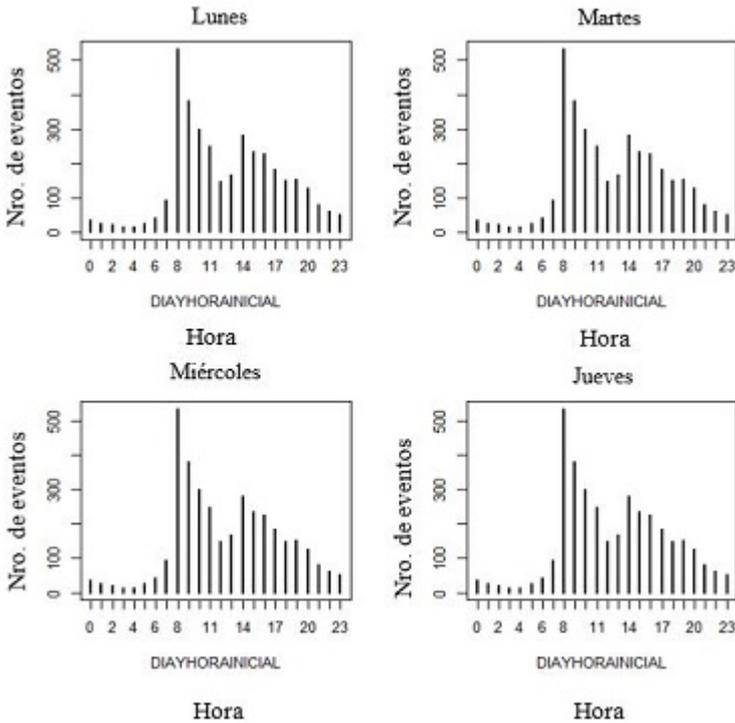


Figura 5. Horas en que se presentan los eventos por día.
Fuente: Elaboración propia.

De las actividades que más se realizan en la organización se estudia el comportamiento de las horas en que se presta el servicio

Para esta prueba se tomaron las actividades con mayor frecuencia dentro de la organización y se observó el comportamiento de las diferentes variables con respecto a cada actividad (ver figura 6).

4.4.2. Pruebas en torno a las actividades no programadas

Para esta serie de pruebas centradas en las actividades no programadas se consideró una nueva variable llamada centro. La inclusión de dicha

variable obedece a que en muchos casos, por la ubicación geográfica, una emergencia es atendida por un centro que usualmente no atiende emergencias en ese municipio, dando a entender que un centro puede atender emergencias que se suscitan en varios municipios.

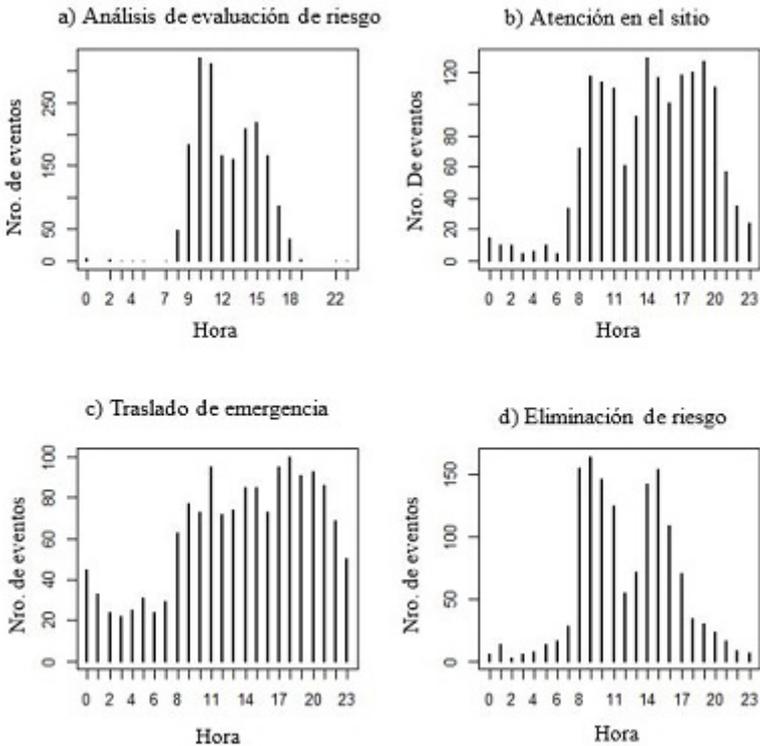


Figura 6. Horas en que se presta el servicio por actividad.
Fuente: Elaboración propia.

Comportamiento general de actividades con respecto a cada variable

En el cuadro 2 se describe el comportamiento general de cada variable con sus valores más altos, respectivamente.

Comportamiento por año de las actividades con respecto a cada variable

Para esta prueba se agregó la variable año separando las emergencias suscitadas por año para analizar el comportamiento de las variables en el transcurso de los tres años bajo estudio (ver figura 7).

Cuadro 2. Comportamiento de las actividades no programadas por variable.

Variables	Resultado (cantidad de eventos)
Semana	Segunda semana del año (117), tercera semana de marzo (117), segunda semana de septiembre (111).
Día	Los días se comportan similarmente, no se observa ningún día que destaque en particular. Jueves (649), sábado (646), miércoles (640).
Hora de Inicio	Se presentan en un horario tarde-noche. En formato de 24 horas: 19 (323), 18 (309), 20 (301), 17 (292)
Departamento	SAR (1644), Respuesta Inmediata (580)
Centro	Sur del Lago (856), Panamericana (576) y Libertador (541)

Fuente: Elaboración propia.

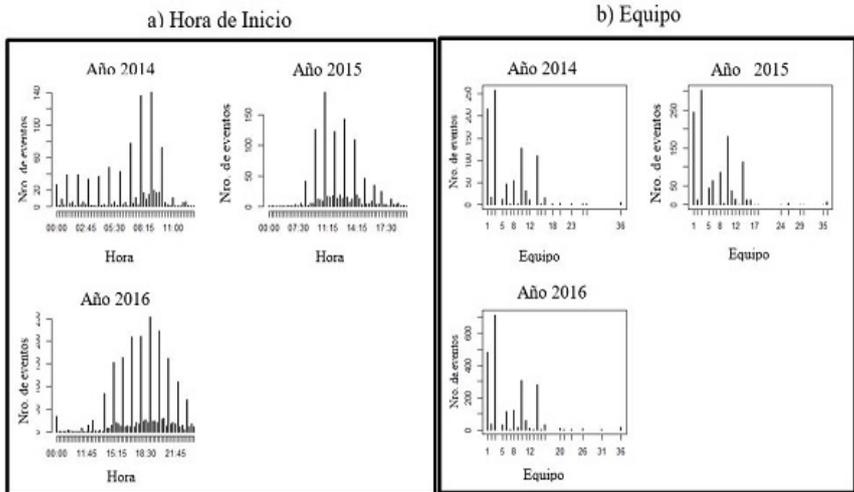


Figura 7. Comportamiento por año de las variables hora de inicio y equipo.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba comparativa entre el comportamiento de las variables en presencia de colisiones

Una colisión está definida como el momento en el cual la hora final de una emergencia coincide con la hora de inicio siguiente en el mismo centro, el mismo día. La hora inicial que se registra es la hora que se despacha la unidad para atender la emergencia. La diferencia de tiempo que se toma para esta prueba parte del análisis de las colisiones que se presentan en diferentes intervalos de tiempo (ver figura 8). Se calculó la cantidad de eventos que se presentan si se toman distintos intervalos de tiempo, en este caso de cinco, diez, quince, veinte, veinticinco y treinta minutos, resultando quince minutos el valor tope que se obtiene antes de dispararse el comportamiento de la curva, por ende, se usó este intervalo para las pruebas correspondientes a colisiones.

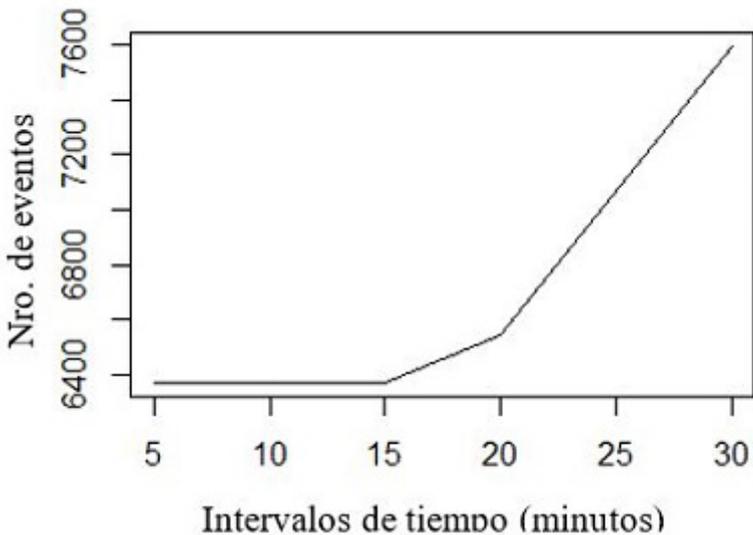


Figura 8. Curva de las colisiones en cada intervalo de tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Se compara el comportamiento por año de las actividades con respecto a cada variable con esta nueva prueba, en donde se obtiene cada variable a lo largo de cada año, pero con el añadido de que se tomaron solo las actividades que presentaron colisiones, es decir, aquellas cuya hora de inicio y hora final son menores al intervalo de quince minutos. En la figura 9 se presentan los resultados, a la izquierda se reflejan los resultados obtenidos en la prueba anterior, y a la derecha la nueva prueba considerando colisiones.

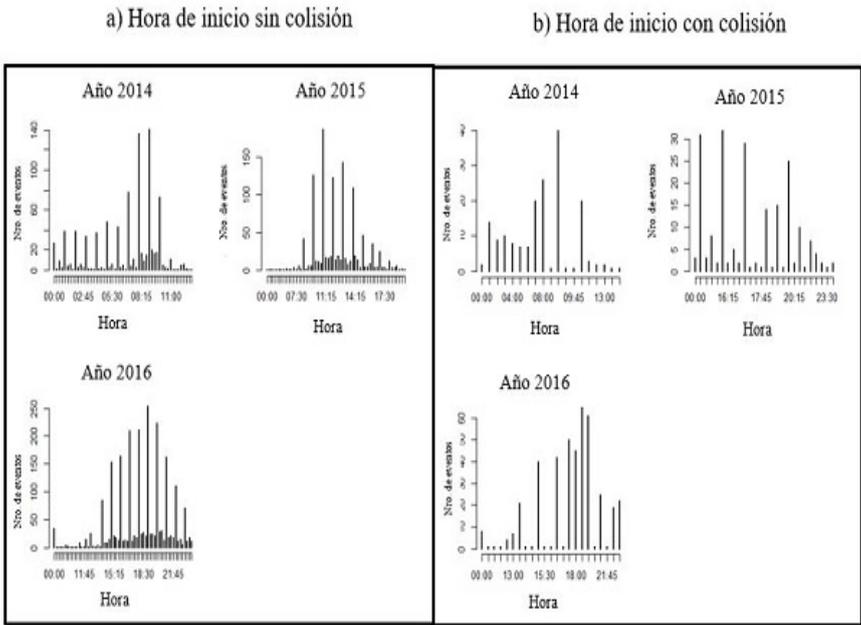


Figura 9. Comparación de la variable hora de inicio para los tres años bajo estudio. (a) Sin colisión. (b) Con colisión. Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 3 se presenta una tabla comparativa considerando el número de la semana del año (tomando solo las tres semanas con mayor cantidad de emergencias presentadas en orden), la hora de inicio (colocada en orden de izquierda a derecha en el horario de 24 horas), los días, equipo y centros.

Cuadro 3. Comparación de variables sin y con colisiones.

Variable	Sin Colisión			Colisión		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Nro. Semana	11 – 6 – 50	1 – 20 – 2	43– 10 – 11	50 – 19 – 6	27 – 1 – 18	24 – 48 – 25
Día	Jueves	Jueves	Sábado	Viernes	Jueves	Sábado
Hora Inicio	9 – 8 – 7	11– 13 – 10	19– 20 – 18	9 – 8 – 7	16 – 15 – 17	19 – 20 – 17
Equipo	SAR – Rojo	SAR – Rojo	SAR – Rojo	Sin unidad SAR	Sin unidad SAR	Sin unidad SAR
Centro	Panamericana Libertador Mocotíes	Panamericana Mocotíes Sur del Lago	Sur del Lago Panamericana Libertador	Panamericana Libertador Paramo	Sur del Lago Panamericana Mocotíes	Sur del Lago Libertador Panamericana

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Pruebas en torno a las colisiones

Colisiones de horas en los diferentes centros

A partir de la distribución de los centros a lo largo del Estado y, la manera en que se realiza el despliegue de unidades; es oportuno realizar un análisis de cada centro para las actividades no programadas. Esta prueba consistió en encontrar las colisiones tomando en cuenta solo aquellos centros que cubren las mismas zonas del Estado. Considerando los centros en donde se suscitan una mayor cantidad de emergencias se propone encontrar el comportamiento de las variables día y hora de inicio, dos variables de gran importancia al momento de encontrar información que permita a la organización tomar medidas preventivas para lograr un mejor servicio (ver figura 10).

Horas en que se presentan las colisiones en cada centro durante el transcurso de la semana

Se precisa en esta prueba las horas en donde se debe tener más equipo a disposición para poder cubrir todas las emergencias que se presentan en estos centros en particular. Cabe resaltar que no se puede globalizar

el comportamiento general de un centro (cada día presenta un comportamiento diferente) ni definir un patrón que permita generalizar el comportamiento del mismo (ver figura 11).

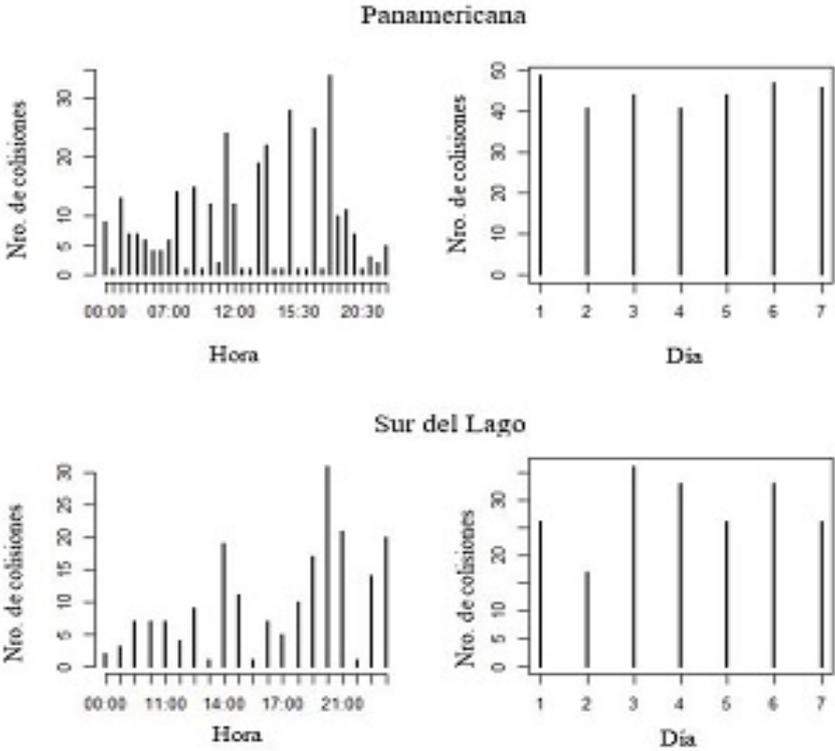


Figura 10. Centros Panamericana y Sur del Lago. Comportamiento de las colisiones para las variables hora y día. Fuente: Elaboración propia.

Por actividad que presenta colisión se estudia para cada centro los equipos utilizados

Las pruebas realizadas en torno a las colisiones permitieron observar que es importante buscar los equipos usados en cada centro para cada actividad y así poder determinar específicamente cuáles equipos deben estar disponibles con el objeto de mejorar el tiempo de atención en las emergencias. Considerando los centros que prestan la mayor cantidad

de atención a emergencias (Panamericana, Libertador, Sur del Lago y Mocotíes) se observa por emergencia los equipos que se utilizan cuando hay presencia de colisiones, mostrando los datos necesarios para determinar los equipos que son más usados al momento de atender cada actividad (ver figura 12). En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos, se listan los dos equipos con mayor cantidad de emergencias atendidas.

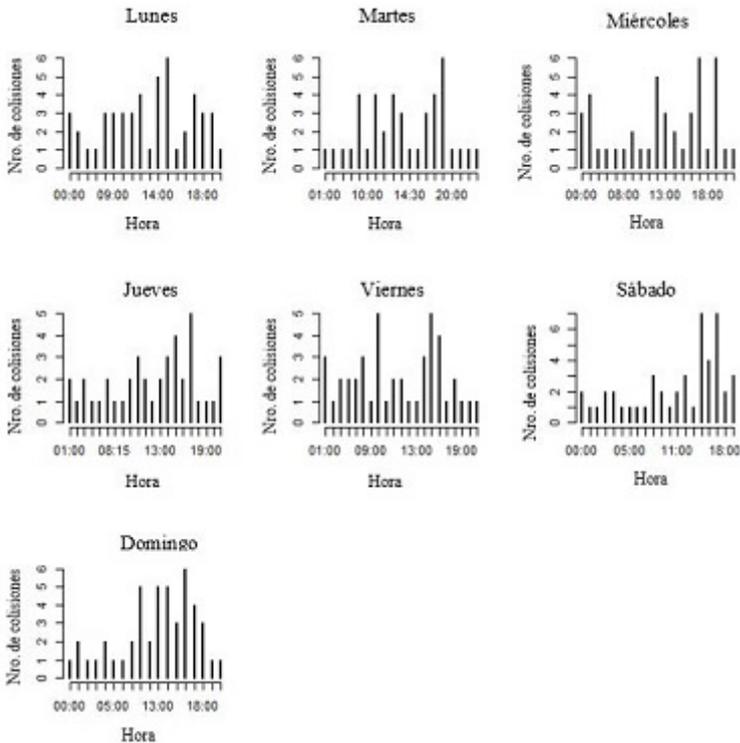


Figura 11. Centro Panamericana. Comportamiento de las horas durante cada día de la semana. Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas relacionadas a colisiones pueden indicar si se necesitan más equipos, más personal, entre otros. Sin embargo, también es primordial saber el “cuándo”, al estudiar los datos por año.

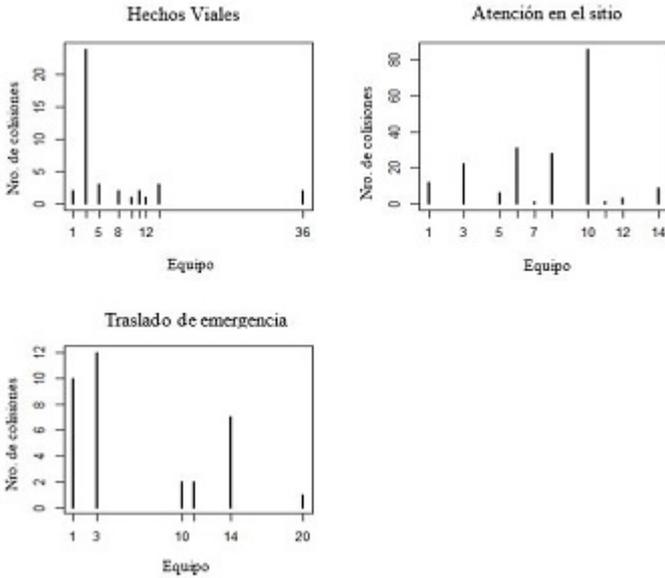


Figura 12. Centro Libertador. Equipos utilizados para cada actividad no programada.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Equipos usados en cada actividad no programada en los diferentes centros.

Centro	Actividad	Equipos
Sur del Lago	Hechos Viales	SAR – Rojo
	Atención en el sitio	Sin unidad – SAR
	Traslado de emergencia	Rojo – SAR
Panamericana	Hechos Viales	SAR – Rojo
	Atención en el sitio	Sin Unidad – SAR
	Traslado de emergencia	Rojo – SAR
Mocotíes	Hechos Viales	SAR – Rojo
	Atención en el sitio	Sin Unidad – SAR
	Traslado de emergencia	Rojo – SAR
Libertador	Hechos Viales	SAR – Halcón
	Atención en el sitio	Sin Unidad – Primeros Auxilios
	Traslado de emergencia	SAR – Rojo

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Prueba de datos tomando las semanas que presentan mayor cantidad de emergencias

Anteriormente se obtuvo el comportamiento global de las emergencias durante los tres años. Ahora, partiendo de la prueba inicial de las actividades no programadas, es prioritario brindar soporte durante aquellas semanas de alta demanda en el Estado Mérida en donde se presentan mayor cantidad de emergencias por año. En el cuadro 5 se presenta el comportamiento de las variables bajo estudio para dichas semanas.

Cuadro 5. Comportamiento de las variables durante las semanas que presentan mayor cantidad de emergencias.

Semana 2		Semana 11	
Variable	Valores	Variable	Valores
Día	Martes, jueves	Día	Lunes, viernes
Hora de Inicio	7:00 p.m.	Hora de Inicio	8:15 p.m.
Equipo	SAR, Rojo	Equipo	SAR, Rojo
Centro	Paramo, Mocoties, Panamericana	Centro	Sur del Lago, Panamericana
Semana 37 y 38		Semana 43	
Variable	Valores	Variable	Valores
Día	Viernes, lunes	Día	Miércoles
Hora de Inicio	8:15 pm, 3:15 pm	Hora de Inicio	1:30 pm, 9:00 am
Equipo	SAR - Rojo	Equipo	SAR, Rojo
Centro	Panamericana, Sur del Lago	Centro	Sur del Lago, Panamericana

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Prueba de datos durante los períodos vacacionales

Mérida por ser un Estado turístico presenta gran afluencia de visitantes durante los períodos vacacionales (semana santa, agosto y la temporada navideña). Particularmente, la ciudad de Mérida recibe visitantes para las Ferias del Sol. Por tal motivo, estas cuatro temporadas y la variable Municipio se tomaron en cuenta para realizar dicha prueba. Esta

última variable se excluyó de la temporada de ferias debido a que estas se desarrollan solo en el Municipio Libertador (ver cuadros 6 y 7, respectivamente).

Cuadro 6. Ferias del Sol.

Ferias del Sol	
Variable	Valores
Día	Lunes y jueves
Equipo	SAR
Hora de Inicio	3:30 p.m.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. Épocas vacacionales.

	Época navideña	Semana Santa	Temporada de agosto
Variable	Valores	Valores	Valores
Día	Jueves	Lunes	Sábado
Hora Inicio	5:00, 8:00 y 9:00 pm	4:00 y 6:00 pm	7:00 y 6:00 pm
Equipo	SAR, Rojo	Rojo, SAR	SAR, Rojo
Centro	Panamericana	Sur del Lago	Panamericana
	Libertador	Libertador	Sur del Lago
Municipio	Tovar	Tulio Febres Cordero	Tovar
	Caracciolo Parra	Libertador	Caracciolo Parra

Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados

Los resultados se presentan en cinco secciones, de acuerdo al orden contemplado en la metodología.

5.1. Análisis de las pruebas iniciales

Las pruebas iniciales de frecuencia para cada variable orientaron la atención hacia la variable horas, observándose un comportamiento de

“horario de oficina”, es decir, picos altos a las ocho, nueve y diez de la mañana, disminución en horas de almuerzo y luego, otro pico al comienzo de la tarde. Estos resultados llevaron a realizar una segunda prueba, la cual se enfocó en la búsqueda por semana de algún día en particular que presentara un comportamiento diferente al de “oficina”, incluso los días viernes y sábado se comportan de la misma forma (ver figura 13).

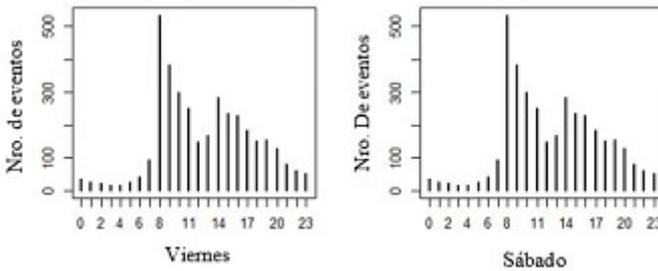


Figura 13. Comportamiento días viernes y sábado.

Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido, el resultado poco satisfactorio en las pruebas iniciales conduce a realizar una prueba de las horas en que se presentan los eventos, pero tomando en cuenta las actividades como eje central, encontrándose que las actividades que requieren planeación previa son aquellas que se dan en ese llamado “horario de oficina”, y por ser estas las actividades que más desempeña la organización estaban afectando la prueba general.

5.2. Análisis de las pruebas en torno a las actividades no programadas

En la prueba general realizada a las actividades no programadas resaltan las variables centro y hora de inicio. Esta última variable llama la atención, debido a que en la prueba anterior se presentaba en “horario de oficina”, pero ahora aislando las emergencias, se presentan en su mayoría en un horario tarde-noche. Con la nueva información, se decidió realizar una

prueba por año de las emergencias para ver si reflejaban cambios en su comportamiento durante los tres años bajo estudio. Dicha prueba arrojó que las variables no se comportaban igual para ningún año a excepción de la variable equipo, donde SAR y Rojo se presentan siempre como los dos equipos más usados en la atención de emergencias (ver figura 14).

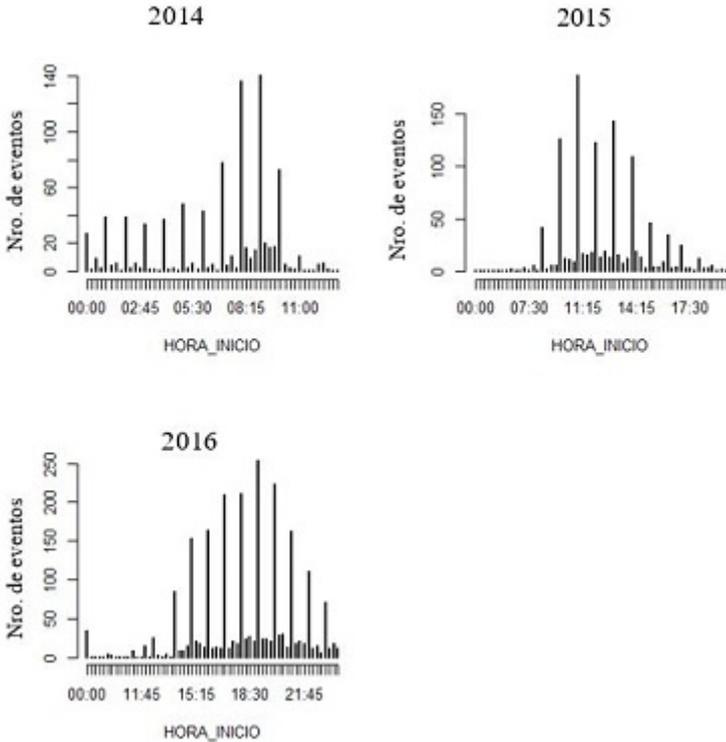


Figura 14. Horas de las emergencias presentadas por año.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores permitieron obtener un esquema de comportamiento general de cada variable (ver figura 15).



Figura 15. Esquema de comportamiento de las emergencias.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Análisis de las pruebas en torno a las colisiones

La prueba de las colisiones en los diferentes centros para las variables hora y día arrojó que dichas colisiones, a pesar de ser relativamente pocas por centros, existen y son casos en las que el retardo en la atención de emergencia puede arriesgar la vida de las personas. Por otra parte, la prueba conjunta de las variables hora – día (considerando aquellos centros que atienden un mayor número de emergencias) permitió

definir bloques de horas para cada municipio donde se presentan mayores colisiones.

En el cuadro 8 se presentan los puntos críticos por día de la semana para el centro Libertador, observándose lo siguiente:

- Colisiones en el bloque del llamado “salida del trabajo” o “regreso a casa” entre las seis y siete de la noche. Además, al acercarse el fin de semana las colisiones pasan a ser una hora más tarde, entre las siete y ocho de la noche.
- Entre semana se observó un patrón indicando existencia de colisiones a las dos de la tarde, el cual, al relacionarse con el estilo de vida del municipio al que atiende concuerda con la hora después de almuerzo en que la ciudadanía regresa a trabajar para el turno laboral vespertino.

Cuadro 8. Colisiones para el centro Libertador.

Hora (24 horas) / Día	Centro Libertador												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lunes													
Martes													
Miércoles													
Jueves													
Viernes													
Sábado													
Domingo													

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9 se presentan los puntos críticos para el centro Panamericana, uno de los centros encargado de toda la demanda que se presenta en la carretera que conecta a la ciudad de Mérida con la de El Vigía, ubicado en Chiguará. En este caso, se observó la presencia de tres bloques en diferentes horas durante el día.

- Bloque diez de la mañana.

- Bloque mediodía- tarde, que va desde la una hasta las dos de la tarde en su mayoría, con excepción del viernes y sábado donde las colisiones se presentan a las tres de la tarde.
- Un último bloque en la tarde - noche, que va desde las cinco hasta las siete de la noche.

Cuadro 9. Colisiones para el centro Panamericana.

Hora (24 horas) / Día	Centro Panamericana													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Lunes														
Martes														
Miércoles														
Jueves														
Viernes														
Sábado														
Domingo														

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el cuadro 10 se reflejan los resultados para el centro Mocotíes, el cual está encargado de atender las poblaciones de Tovar y Zea, observándose la presencia de dos bloques.

- Primer Bloque: a las once de la mañana con la excepción del día jueves.
- Segundo Bloque: en horas de la tarde, en su mayoría a las cinco.

En cuanto a los equipos se observó que las SAR (camionetas pick-ups) y Rojo (ambulancias) son los más usados para todos los centros, siendo necesario disponer de más equipos ya que los resultados indican que la emergencia "Atención en el sitio" particularmente se atiende sin unidad, es decir, no envían ningún equipo, solo oficiales, esto requiere que otro organismo haga el traslado en caso de ser necesario.

Cuadro 10. Colisiones para el centro Mocotíes.

Hora (24 horas) / Día	Centro Mocotíes												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lunes													
Martes													
Miércoles													
Jueves													
Viernes													
Sábado													
Domingo													

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis de las semanas con mayor cantidad de emergencias

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 11, en donde se clasifican las horas en tres bloques y se exponen los centros que más servicios prestaron durante esas semanas en particular, observándose lo siguiente:

- El comportamiento de las variables para las diferentes semanas varía con excepción de la variable equipo, que siempre para el caso de atención a emergencias es SAR y Rojo.
- Para las semanas con mayor demanda, las emergencias ocurren en un horario tarde-noche. Al enlazar ese dato con la variable centro se observó que Panamericana hace presencia en todas las semanas, aportando una posible relación entre esas horas y el centro.

La información resumida en dicho cuadro puede ser utilizada como herramienta para tomar decisiones en cuanto a la distribución de recursos humanos y equipos para estas semanas. Por ejemplo, la semana dos, tiene como centros Panamericana, Mocotíes y Páramo, lo cual se debe a que Mérida por ser una ciudad turística atiende a muchos visitantes durante la época navideña, y es alrededor de esta semana (primeros días de enero) que regresan a sus hogares. Justamente, los

centros con mayor demanda son aquellos que cubren la ciudad de Mérida y las zonas por donde existen vías usadas para entrar y salir de la ciudad, es decir, Páramo y Panamericana. Finalmente, se observó que Panamericana es un centro de atención crítico ya que durante todas las semanas bajo estudio está presente con altos números de atención a emergencias.

Cuadro 11. Comportamiento de las variables para las semanas con más eventos.

Comportamiento de las semanas con más emergencias														
	Hora (24 horas)			Día					EQ	Centro				
	8-sept	13-15	19-20	L	M	MI	J	V	S	SAR Rojo	Pana.	Mocot.	SurLa.	Páramo
Semana 2														
Semana 11														
Semana 37 y 38														
Semana 10														
Semana 43														

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Análisis de las emergencias en temporadas vacacionales

Para la temporada de ferias, los días con las emergencias son los jueves y lunes de carnaval, la hora en la que más se presentan es alrededor de las 3:30pm. En cuanto a las temporadas vacacionales se observaron dos datos resaltantes: el día sábado está presente en todas las temporadas; así como las horas tarde-noche en las que se presentan las emergencias coinciden para estas semanas (ver cuadro 12).

Cuadro 12. Comportamiento de variables día y hora para temporadas vacacionales.

	Día						Hora (Formato de 24 horas)					
	L	M	MI	J	V	S	D	4-jun	8-oct	14-16	17-19	20-22
Navidad												
Semana Santa												
Agosto												

Fuente: Elaboración propia.

En general, se observó que la temporada navideña está marcada por presentar emergencias en la tarde-noche, en el centro que sirve a la ciudad de Mérida y sus alrededores, y como característica particular las emergencias ocurren en su mayoría los fines de semanas. En Semana Santa las emergencias se presentan entre semana con la excepción del sábado, y las emergencias comienzan a presentarse en un horario más temprano que el navideño, pero se extiende tanto como el anterior. En el caso de los centros se comporta igual que la temporada navideña con el agregado del centro Sur del Lago.

Por su parte, la temporada vacacional se caracteriza por ser la más larga entre todos los períodos vacacionales que se presentan a lo largo del año, en este caso los centros varían un poco, además ya no está presente el centro Libertador, lo que lleva a suponer que las personas salen de la ciudad de Mérida a vacacionar a otros lugares, o la afluencia de turistas se dirige a otros lugares del Estado. Las horas en las que se presentan emergencias se comportan de manera muy parecida a la temporada navideña para la tarde-noche, pero agosto presenta la particularidad de que es el único período vacacional que presenta una alta cantidad de emergencias en horas de la mañana.

6. Conclusiones

Se implementaron algoritmos no supervisados o de descubrimiento del conocimiento con el objeto de encontrar patrones o tendencias que llevaran a la extracción valiosa de información, escribiendo algoritmos de listas,

búsqueda y filtrado de datos por medio de la creación de diferentes scripts para la realización de las distintas pruebas que se llevaron a cabo. Los resultados de las pruebas iniciales condujeron el trabajo a enfocarse en las actividades no programadas, es decir, las emergencias que se presentan en el Estado Mérida.

Las pruebas en torno a las emergencias se enfocaron en aquellas horas donde es probable que la emergencia no haya sido atendida inmediatamente, a estos casos se les llamó colisiones. Por otra parte, se llevó a cabo una prueba de las emergencias centrada en encontrar comportamientos de las variables durante las colisiones, encontrándose las horas en las cuales se suscitan colisiones en cantidades relevantes, de modo que la organización ahora conozca y pueda estar alerta a estas determinadas horas. Asimismo, se encontró que el equipo SAR y Rojo son los más usados en la atención de emergencias; sin embargo, en algunos casos, durante las colisiones dichas emergencias eran atendidas sin equipo alguno y solo despachaban oficiales para atenderlas. En tal sentido, a partir de la cantidad de colisiones que se presentan para un mismo equipo se concluyó que es necesaria una gestión que disponga de mejor manera los equipos y el personal.

El estudio en torno a las semanas con mayor cantidad de emergencias y, de las semanas que conforman las temporadas vacacionales durante el año, arrojó que las emergencias ocurren en su mayoría en un horario de tarde-noche a excepción de algunos casos puntuales, como las vacaciones de agosto en donde se presentan también en horas de la mañana. Por otra parte, al considerar algunos valores específicos para la variable semana se observó que el día sábado presenta la mayor cantidad de emergencias seguido del día lunes, y claramente se obtuvo un intervalo de hora con mayor demanda entre las cinco y diez de la noche para las temporadas vacacionales. Adicionalmente, se observó que el centro que más servicio presta es Panamericana, esto brinda información a la organización que pueden usar al momento de crear algún plan de gestión para temporadas vacacionales específicas.

INPRADEM como organización que trabaja en pro de la comunidad merideña, se beneficia de este proyecto al conocer los puntos críticos

en los cuales tienen mayor demanda sus servicios a emergencias, esto puede permitir crear un plan de gestión que vaya mejor orientado y sea más preciso, ya que ahora cuenta con información que indica el comportamiento de las semanas durante el año en que se necesita estar más alerta, así como también los días y las horas en las que más se presentan emergencias durante la semana, sin olvidar el centro que mayor atención presta a los hechos ocurridos en el Estado. En tal sentido, se recomienda la creación de una planilla diseñada por un experto, que permita una extracción de información de mayor calidad para ser usada en análisis futuros. Asimismo, otorgar a cada funcionario un código específico que permita realizar pruebas desde el punto de vista de recursos humanos. Por otra parte, asignar código a cada unidad que forma parte del código general de la variable equipo, por ejemplo: una moto asignada al centro Libertador, con características como color o placa, no debe simplemente estar generalizada bajo el código Halcón, asignado para clasificar la flota de motos con el que cuenta la organización, debe poseer un código específico que permita conocer que esa moto en particular fue usada; esto sería ideal para obtener con detalles una prueba de los equipos utilizados en la atención de emergencias, permitiendo mejorar la gestión al saber con exactitud en qué momento se puede prescindir de un equipo en particular en un centro y asignarlo a otro.

Es necesario recordar que un proyecto de minería de datos centrado en ayudar en la toma de decisiones de una organización, debe considerar el nivel de logro de objetivos como satisfactorios si los resultados obtenidos ayudan a la organización a cumplir sus objetivos o metas establecidas. Tres factores cualitativos que determinan que tan satisfactorio fue el estudio son la precisión, la utilidad y el beneficio obtenido del conocimiento adquirido. Este proyecto basado en la aplicación de minería de datos, que tiene como objetivo realizar la descripción de datos, específicamente caracterizar, colabora como soporte a la toma de decisiones de esta organización, al brindar información que permita optimizar la distribución de equipo y personal, disminuyendo posiblemente el tiempo de espera de una emergencia y mejorando la calidad de atención de estas, al tener a disposición equipos necesarios para el servicio que brinda en presencia de emergencias suscitadas a lo

largo del Estado Mérida. El nivel de precisión es bastante satisfactorio considerando que solo se cuentan con tres años para la realización de este estudio, aun así, ahora INPRADEM cuenta con una nueva forma de ver sus datos, prometiendo beneficios a la solución de una gran variedad de problemas como: planeación económica, distribución de trabajo y equipo, análisis de servicio y prevención en épocas de demanda alta.

Siguiendo la metodología CRISP-DM, su última fase, despliegue de resultados, se refiere a todo lo relacionado a la aplicación del conocimiento adquirido en el estudio, así como el reporte final, pero en el caso particular de este estudio, la información encontrada no puede ser implementada inmediatamente, y la evaluación de su nivel de utilidad debe provenir desde la organización, ya que el desarrollador de este trabajo no forma parte de la institución y la aplicabilidad de esta información depende de las personas que hacen vida en la organización a la que le será entregada una copia de este proyecto.

7. Notas

1. La minería de datos ha aumentado su presencia en los últimos años por ofrecer en un sinfín de campos una gran variedad de aplicaciones. Una de las ramas que ha sacado más provecho de la minería de datos es sin duda la rama empresarial, las organizaciones siempre en la búsqueda de incrementar beneficios y ganancias desean controlar las operaciones y servicios que ofrecen para mejorar de manera continua. Las organizaciones públicas, las cuales son establecidas por el gobierno para proporcionar servicios públicos, comparadas con las empresas privadas, buscan servir y ser de utilidad general a la colectividad a la que pertenecen. En la búsqueda de ese objetivo, una organización pública como INPRADEM, con una trayectoria de compromiso con la población, se beneficiará de la minería de datos mediante la obtención de información para la elaboración de futuros planes, que contribuirán en mejoras en el proceso de gestión y toma de decisiones.

2. Todos los demás resultados junto con los Scripts creados, así como la base de datos con la cual se trabajó, se encuentran en una carpeta pública de Google Drive bajo la siguiente dirección: https://drive.google.com/open?id=1WDJrLKAiTcNVcUcfMs_KYMTld118xR1W.

8. Referencias

- Aránguiz, Alejandro (2012). *Análisis de accidentes de tránsito en zonas urbanas y rurales usando minería de datos difusa*. Tesis de Maestría. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012, 104 pp.
- Chapman, Pete; Clinton, Julian; Kerber, Randy; Khabaza, Thomas; Reinartz, Thomas; Shearer, Colin y Wirth, Rudiger (2000). *CRISP-DM 1.0 Step-by-step Data Mining Guide*. Consultado: 02/04/2017. Disponible (online): <https://the-modeling-agency.com/crisp-dm>.
- García, René; Delgado, Domingo; Díaz, Eduardo y García, René (2012). "Caracterización de la accidentalidad vehicular y análisis de las causas en la provincia de Villa Clara, Cuba". *Dyna*, 79, 175 (octubre, 2012), pp. 191-200. Consultado: 12/04/2017. Disponible (online): <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20038/43525>.
- Emergencia 171 Mérida (2018-2019). *Protección civil*. Consultado: 22/03/2017. Disponible (online): <http://171.merida.gob.ve/proteccion-civil>.
- Govindarajan, Muthukumarasamy y Chandrasekaran, Ramanathan (2011). "Intrusion detection using neural based hybrid classification methods". *Computer networks*, 55, 8 (junio, 2011), pp. 1662-1671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.12.008>.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2013). *Cifras del parque automotor del estado Mérida*. Consultado: 03/04/2017. Disponible (online): <http://www.ine.gov.ve/>.
- Larose, Daniel y Larose, Chantal (2014). *Discovering knowledge in data: an introduction to data mining*. New Jersey: John Wiley y Sons, pp. 336.

- León, Elizabeth (2017). *Módulo minería de datos*. Consultado: 17/05/2017. Disponible (*online*): http://disi.unal.edu.co/~eleonguz/cursos/md/presentaciones/Sesion5_Metodologias.pdf.
- Hassinger, Mark (2015). *Aplicación de técnicas de minería de datos en accidentes de tráfico*. Tesis de maestría. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015, 67 pp. Consultado: 05/04/2017. Disponible (*online*): <https://riunet.upv.es/handle/10251/65082>.
- Salinas, Marcos y Vele, Luis (2014). *Estudio científico de la accidentalidad de tránsito en El Cantón Cuenca*. Tesis de pregrado. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2014, 117 pp. Consultado: 22/03/2017. Disponible (*online*): <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7209>.
- Timarán, Silvio; Hernández, Isabel; Caicedo, Segundo; Hidalgo, Arsenio y Alvarado, Juan (2016). *Descubrimiento de patrones de desempeño académico con árboles de decisión en las competencias genéricas de la formación profesional*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, 193 pp. DOI: 10.16925/9789587600490.
- Villarino, Guillermo (2015). *Metodología de minerías de datos para el estudio de tablas de siniestralidad vial*. Tesis de maestría. Madrid, España: Universidad Complutense, 91 pp.
- Zavala, Francisco (2014). *Buscador de artículos científicos aplicando minería de texto*. Tesis de maestría. México: Instituto Tecnológico de la Paz, 2014, 95 pp. Consultado: 24/04/2017. Disponible (*online*): <https://docplayer.es/3887260-Buscador-de-articulos-cientificos-aplicando-mineria-de-datos-tesis.html>.

Desarrollo, igualdad, política económica y cambio estructural. Una aproximación a la propuesta neoestructuralista*

*Development, equality, economic policy and structural change.
An approach to the neo-structuralist proposal*

Albio Márquez**

Códigos JEL: 010, 011, 020, 040

Recibido: 14/05/2019, Revisado: 25/05/2019, Aceptado: 20/06/2019

Resumen

La perspectiva que se tenga acerca del desarrollo afecta tanto su definición como su evaluación. En otras palabras, la forma en que se conciba al desarrollo determinará qué se entiende por ser desarrollado, de cómo ser desarrollado y dará cuenta de los criterios pertinentes para medir el desempeño de cualquier economía. En este contexto, el artículo pretende construir una aproximación al concepto de desarrollo mediante una revisión documental de la literatura que le vincula con la igualdad de derechos y oportunidades, la política económica y el cambio estructural.

Palabras claves: desarrollo, igualdad de derechos y oportunidades, política económica, cambio estructural.

Abstract

The perspective that one has about development affects both its definition and its evaluation. In other words, the way in which development is conceived will determine what is meant by being developed, how to be developed and it will give an account of the relevant criteria in order to measure the performance of any economy on that subject. In this context, this article aims at building an approach to the concept of development through a review of the literature that links development with equal rights and opportunities, economic policy and structural change.

Key words: development, equal rights and opportunities, economic policy, structural change.

* Este artículo es resultado parcial del proyecto de investigación financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de (CDCHTA). Número E-388-18-09-B.

** MSc. en Administración. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58)274240 10 18. Correo electrónico: amarquez@ula.ve.

1. Introducción

En el marco de la tradición neoestructuralista, el desarrollo económico se concibe como mucho más que el aumento de bienes a disposición de la sociedad o el incremento de la renta disponible de sus miembros. Implica que los ciudadanos gocen cada vez más de la igualdad de derechos y oportunidades y de la expansión de sus libertades fundamentales, fines supremos del desarrollo. Lo cual se logra mediante configuraciones adecuadas de política económica y siguiendo el camino de la mejora continua de las cualidades de la estructura productiva, es decir, mediante un cambio estructural virtuoso.

Basado en esta perspectiva este artículo pretende reconstruir una aproximación al concepto de desarrollo. Para ello mediante los hallazgos arrojados por la revisión documental de la literatura sobre el tema se exponen argumentos que llevan a sustentar la estrecha relación entre el desarrollo económico y sus elementos constitutivos: la igualdad de oportunidades y derechos, la política económica y el cambio estructural.

El artículo se divide en tres secciones. En la primera se exponen argumentos que llevan a considerar a la igualdad de oportunidades y derechos y a la expansión de capacidades fundamentales como el objetivo del desarrollo. Seguidamente, se expone la razón por la cual el desarrollo se concibe como un proceso deliberado guiado por las configuraciones de política pública y, en particular, de política económica. Además, se describen los rasgos esenciales que se hacen presentes en las estrategias de desarrollo neoliberal y dirigista. Una tercera sección aborda los aspectos involucrados con el cambio estructural, es decir, con la transformación de la estructura productiva y los consiguientes cambios en los patrones de inserción comercial y la demanda final de la economía. El artículo concluye enunciando una aproximación al desarrollo que incluye todos y cada uno de los aspectos abordados.

2. La igualdad de oportunidades y derechos, la expansión de las libertades fundamentales y el desarrollo

Dentro de la tradición de la Economía Crítica, Miranda (2017b), insiste en que el desarrollo debe perseguir como objetivos la igualdad de oportunidades y derechos y la expansión de las libertades fundamentales del individuo. Tal convicción lleva a considerar a la igualdad de oportunidades y derechos como un elemento constitutivo del desarrollo.

La igualdad se concibe entonces como un valor primordial que involucra dos dimensiones: la igualdad de oportunidades y la igualdad de derechos. La primera se refiere a la distribución de recursos materiales y simbólicos en la sociedad y alude a la justicia social y a una estructura socioeconómica y política que la fomente. La segunda se refiere a la abolición de privilegios y la consagración de prestaciones a todos los individuos solo por el hecho de ser miembros de la sociedad.

Tener a la igualdad de oportunidades y derechos como elemento constitutivo y como fin primordial del desarrollo supone, por un lado, difundir a lo ancho del tejido social el desarrollo de capacidades, las oportunidades laborales y crear acceso a prestaciones y protección social y, por otro lado, aceptar que la igualdad es una condición de ciudadanía que garantiza el disfrute de los derechos civiles, políticos, sociales y ambientales a la sociedad.

Por otra parte, al aproximarse al concepto de desarrollo no es posible dejar de reconocer que entrado el siglo XXI, tanto en países ricos como pobres, es frecuente ver un mundo de abundante miseria y opresión, de persistente pobreza y necesidades básicas insatisfechas, así como muchos otros problemas que amenazan la vida económica, política y social del individuo. Realidad que obliga a considerar la superación de tales privaciones como parte fundamental del ejercicio del desarrollo, y que lleva a aceptar que así como la procura de la igualdad de oportunidades y derechos es parte constitutiva del desarrollo, también lo es la eliminación de la falta de libertades

fundamentales del hombre –privaciones– (Sen, 2000). Las libertades fundamentales, junto a las libertades socioeconómicas y a las libertades políticas y civiles, conforman la libertad de obrar del individuo. Tal libertad se refiere a los condicionantes (tangibles o físicos) que inciden en las decisiones de los miembros de la sociedad. Las libertades fundamentales o básicas, también llamadas capacidades básicas, “son los elementos primarios que necesitan todos los seres humanos para tener una vida larga, saludable, digna y creativa” (Miranda, 2017a, p. 208). Las libertades socioeconómicas se entienden como “aquellas que permiten el empoderamiento efectivo y la capacidad de influir de los seres humanos en la esfera de lo social y de lo económico que lo rodea” (Miranda, 2017a, p. 209). Y las libertades políticas y civiles se entienden como “el poder que tienen los seres humanos para influir efectivamente en el proceso de toma de decisiones, deliberación y aplicación de políticas a todos los niveles de la esfera pública” (Miranda, 2017a, p. 211).

Enmarcada en la economía crítica, la perspectiva de Sen sobre el desarrollo sostiene que éste tiene como objetivo la expansión de las libertades reales de que disfrutaran los individuos. Además, se postula que las libertades de las cuales gozan los individuos también dependen de instituciones sociales y económicas como la atención médica y la educación, así como de los derechos políticos y humanos. Instituciones, que según Miranda (2017b), no son simples arreglos instrumentales sino construcciones sociales que incorporan normas y valores que son expresiones de las nociones intersubjetivas de lo moral.

Sen (2000) atribuye a la libertad en el desarrollo un papel constitutivo e instrumental. Asignarle un papel constitutivo, implica que el desarrollo estaría llamado a procurar la expansión de libertades vinculadas a capacidades tales como: “evitar privaciones como la inanición, la desnutrición, la morbilidad evitable y la mortalidad prematura, o gozar de libertades relacionadas con la capacidad de leer, escribir y calcular, la participación política y la libertad de expresión” (Sen, 2000, p. 55). Y asignarle un papel

instrumental implica que la libertad pasa a ser el medio o instrumento principal del desarrollo. En este sentido, la atención se centra en la contribución que los diferentes tipos de oportunidades y derechos hacen a la expansión de la libertad del hombre a vivir como le gustaría y, por tanto, a fomentar el desarrollo. Tal planteamiento deja ver que “la expansión de la libertad es tanto el fin primordial del desarrollo como su medio principal” (Sen, 2000, p.16). Concebir a la libertad como fin y medio del desarrollo lleva a comprender que el aumento de las capacidades individuales por medio de la eliminación de las privaciones depende de los sistemas económicos, sociales y políticos; es decir, de los mecanismos institucionales, y que en la creación de estos mecanismos juegan un rol fundamental tipos de libertades como: la libertad política, los servicios económicos, las oportunidades sociales, las garantías de transparencia y la seguridad protectora –seguridad social. Esta perspectiva seniana, en la cual la libertad está en el centro del desarrollo, sugiere que el Estado y la sociedad actúen en pro del reforzamiento y salvaguardia de las capacidades humanas. Capacidades que el individuo debe ser capaz de incrementar al contar con la oportunidad que viene representada por la presencia de las libertades instrumentales. Es acá donde las dimensiones salud y educación juegan un rol constitutivo, pues la salud es la premisa fundamental para vivir una vida larga y saludable y la educación la premisa para que esa vida sea humana, digna y creativa.

Esta aproximación al concepto de desarrollo le considera un proceso inclusivo. El carácter inclusivo lo determina el concebir a la igualdad de oportunidades y derechos y a la libertad como sus objetivos. Pues tales objetivos se tornan valores elevados de la humanidad, y su logro efectivo solo se alcanza si la sociedad se estructura atendiendo al principio republicano de “que la libertad no puede ser solo de unos pocos sino de todos en equitativa intensidad y debe ser garantizada por el razonamiento público y la democracia” (Miranda, 2017b, p. 81). Esto implica concebir al desarrollo como un proceso marcado por la justicia, entendiéndola, según Cejudo (2004)

y Miranda (2017a), como igualdad de libertades fundamentales o capacidades básicas. El carácter inclusivo también se hace presente cuando bajo los argumentos del pensamiento crítico se entiende a los seres humanos como agentes activos en el desarrollo, y a la participación pública como un proceso importante en sí mismo.

A lo dicho habría que añadir que la igualdad de oportunidades y derechos también implica pensar en el desarrollo en términos de sostenibilidad ambiental. Esto se traduce en una concepción del desarrollo en función de un vínculo más humanizado con los otros y más amable con la naturaleza. En este sentido, es fundamental la solidaridad de las generaciones actuales con las venideras, quienes enfrentarán una mayor escasez de recursos naturales, y además significa, abogar por el respeto al principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, respecto a mitigar los efectos del cambio climático. Convencido entonces de que el desarrollo tiene como objetivo la igualdad de oportunidades y derechos, y el aumento de las capacidades básicas del individuo, toca ahora cuestionarse acerca del papel de la política económica en el desarrollo.

3. La política económica como instrumento para alcanzar el desarrollo

Hernández (2015) sugiere que es posible aproximarse al concepto de desarrollo entendiéndolo como el resultado de un proceso donde actores, organismos y medios interactúan en el marco de una estrategia, política o acción pública deliberada para alcanzar metas previamente establecidas que implican mejoras en las condiciones de vida de las personas y en los procesos necesarios para lograrlo. Dicha estrategia, política o acción debe ser un conjunto de políticas públicas que se apliquen con visión de largo plazo en el ámbito productivo, comercial, laboral, territorial y social. Que requiere la existencia de un agente vinculante, dotado de la habilidad de tomar decisiones para el desarrollo, quien junto a la activa participación ciudadana, debe ser capaz de descubrir, reubicar y mezclar las habilidades y recursos ocultos, dispersos o mal utilizados necesarios

para lograr los fines del desarrollo. Una estrategia cuyo diseño se oriente con base en las especificidades del contexto local, es decir, con un elevado sentido idiosincrático del desarrollo. Un conjunto de políticas en cuyo diseño juega un rol importante el aprendizaje que dejan las experiencias de éxito y fracaso (Hirschman, 1958).

Entrado el siglo XXI las estrategias de desarrollo requieren de una nueva articulación entre Estado, mercado y sociedad. Que se oponga a aquella articulación que sugiere disminuir el tamaño del sector público y su grado de intervención en la economía, a la cual se cuestiona por no haber resuelto durante su hegemonía en las décadas finales del siglo pasado los problemas de desigualdad y pobreza en los países en desarrollo. Tal articulación debe sostenerse en el mayor consenso respecto al rol fundamental que el Estado tiene como proveedor de bienes públicos, recaudador fiscal, garante de la protección social y promotor de la productividad y el empleo; a que las instituciones económicas como el mercado estén sujetas a regulación política, y a la incapacidad del mercado para realizar estas tareas. Donde el Estado será garante de los derechos civiles, políticos, sociales y ambientales del ciudadano. La nueva articulación sugerida requiere del Estado y del sector privado la comprensión de que su acción se desenvuelve en un escenario de poder compartido (CEPAL, 2010). En tal sentido, la intervención del Estado en la esfera económica, según el pensamiento crítico, se legitima en función de que su interferencia no sería arbitraria sino correspondiente a los intereses del bien común; pues se busca con dicha interferencia transformar una realidad donde prevalecen intereses no compartidos e injusticias extendidas (Miranda, 2017b).

A grandes rasgos, la literatura sobre el tema sugiere que los fines del desarrollo se pueden lograr mediante una estrategia cuyas políticas se orienten por un enfoque neoliberal o un enfoque dirigista o intervencionista. Los elementos económicos y sociales que caracterizan a cada uno de estos enfoques se exponen a continuación.

3.1. El enfoque neoliberal

La convicción de muchos acerca de que el desarrollo se logra mediante políticas con base en el orden económico liberal está asociada en tiempos recientes al denominado Consenso de Washington. Un término entendido como un conjunto de políticas basadas en una gran fe en los mercados y que proclama la conveniencia de reducir al mínimo el rol del Estado en la economía (Stiglitz, 2004). Este paradigma tuvo sus cimientos en las prescripciones de la contrarrevolución neoclásica de finales de los años 1970, y el denominado enfoque favorable al mercado impulsado por el Banco Mundial a inicios de los años 1990. La contrarrevolución propugnaba la eficacia del mercado como mecanismo de asignación de recursos, no obstante, aceptaban que ante casos inevitables era necesaria la intervención del Estado (Bustelo, 1992). El enfoque orientado al mercado, contenido en el Informe sobre Desarrollo Mundial del año 1991 (World Bank, 1991), sostenía que la experiencia demostraba que un mayor crecimiento económico, y una disminución de la pobreza, era posible mediante una estrategia de desarrollo que reconocía el papel trascendente e irremplazable del mercado y del Estado en el proceso de desarrollo. Donde los mercados sean los mecanismos de organización y distribución de la producción y el Estado el proveedor de un marco jurídico pertinente para la actuación de los agentes económicos privados. Esta postura sugería que el Estado debía encargarse de la promoción de áreas que coadyuvaran con la actividad del sector privado tales como: información, salud, educación, investigación e infraestructura.

Alineadas con las ideas descritas, surge a finales de los años 1980 del siglo pasado, un punto de vista colectivo entre los miembros del Congreso, altos funcionarios de la administración y agencias financieras estadounidense; los tecnócratas de las instituciones financieras internacionales y de connotados académicos con sede en la ciudad de Washington; acerca de las políticas económicas indispensables para que América Latina retomara la senda del crecimiento. Este punto de vista consensuado fue sintetizado por

John Williamson (1990) en lo que se ha conocido desde entonces como el Consenso de Washington. La síntesis de Williamson fue un decálogo de políticas económicas que abarcó los temas de la disciplina presupuestaria, la priorización del gasto público, la reforma fiscal, la liberalización financiera, la procura de un tipo de cambio competitivo, la apertura comercial, la liberalización de la Inversión Extranjera Directa (IED), la privatización de empresas públicas, la desregulación en los mercados de trabajo y productos y el respeto a los derechos de propiedad.

Hacia mediados del decenio de los noventa eran claras las insuficiencias de los resultados prácticos del Consenso. Economías como las de Rusia, Europa Central y Oriental, África y América Latina, sometidas a programas de ajuste estructural de la mano del Fondo Monetario Internacional (FMI), vieron disminuir su actividad económica y, en el mejor de los casos, una recuperación que resultó insuficiente para reducir la pobreza y la desigualdad persistente. A ello habría que añadir que se presentaron episodios recurrentes de crisis financieras –México 1994-1995, Asia 1997-1998, Turquía 2000-2001, Argentina 2001-2002–, que son para algunos manifestaciones de la infrarregulación financiera que acompañó a las recomendaciones del FMI y que formaron parte de un programa de ajuste estructural bajo la modalidad de *big bang* (terapia de choque) sugerida como camino para la estabilización y el desarrollo. Estas circunstancias dieron pie a un conjunto de críticas dirigidas en contra de las reformas inspiradas en el Consenso.

Ante los resultados adversos o exiguos comienza a hablarse de un nuevo Consenso o Post-Consenso, el cual abogaba por un papel complementario del mercado y el Estado en procura del crecimiento y del desarrollo; por el reforzamiento de las capacidades institucionales del Estado, y por reformas centradas en cuestiones sociales y la actuación pública como factor de desarrollo (Bustelo, 2003). Uno de los planteamientos del denominado Post-Consenso fue el de Burki y Perry (1998), quienes sugerían añadir al decálogo del Consenso cuatro aspectos: 1) mejorar la calidad de las inversiones en capital

humano, 2) promover el desarrollo de sistemas financieros sólidos y eficientes, 3) fortalecer el entorno legal y regulatorio, y 4) mejorar la calidad del sector público. Esta versión del Post-Consenso fue criticada por presentar contradicción entre unas medidas y otras (Naín, 2000; Rodrik, 2006). Otra postura la presentan Kuczynski y Williamson (2003), quienes insistieron en la disciplina macroeconómica, las privatizaciones, la desregulación y la apertura comercial; no obstante, señalaron que en América Latina era necesario complementar las reformas originales con medidas que pongan énfasis en la lucha contra la pobreza y la desigualdad, así como en prevenir y combatir las crisis financieras. Además, sugieren la necesidad de someter a controles de capital las entradas de fondos a corto plazo; así como las privatizaciones. Stiglitz es mucho más radical en su crítica al Consenso en su versión inicial. Señalaba que éste “defendía políticas incompletas y en ocasiones contraproducentes y que su objetivo (el mero crecimiento económico) era estrecho” (Stiglitz, 1998, citado en Bustelo, 2003, p. 747). Por ello propone incorporar medidas no contempladas por la ortodoxia como la regulación y supervisión del sistema financiero, la defensa de la competencia y el fomento de la transferencia tecnológica. Afirmaba Stiglitz que la estabilidad macroeconómica no debía fijarse como un objetivo *per se*, consideraba que un déficit presupuestario elevado podía ser sostenible; además, se podía permitir un déficit en cuenta corriente relativamente alto, y se debía evitar la estabilización recesiva. Sugería además que la liberalización de las importaciones debía ser gradual y no indiscriminada.

Esta lista de políticas es según Bustelo (2003) uno de los extremos del espectro de los tipos de estrategias de desarrollo. No obstante, hay estrategias que en menor o mayor medida se alejan de este extremo, dándole continuidad al espectro que contiene las diversas configuraciones de política económica que podrían ser implementadas para ir en procura del desarrollo. Ellas han sido agrupadas bajo la categoría de enfoque dirigista.

3.2. El enfoque dirigista

Como enfoque dirigista o paradigma económico alternativo se entienden aquellas estrategias de desarrollo en las cuales el Estado debe encauzar un proceso continuado, socialmente equilibrado y armonioso de desarrollo económico y social, mediante políticas públicas intervencionistas. Un enfoque donde la activa intervención del Estado en la economía podría tomar, según Biersteker (1990), alguna de las siguientes modalidades, e incluso, ser una combinación de éstas: influir de manera positiva sobre la conducta de los empresarios mediante la política fiscal y monetaria; regular la conducta o canalizar las actividades del sector privado mediante políticas para proteger el medio ambiente, los programas de seguridad social o la legislación del trabajo; ser mediador entre el capital y el trabajo; redistribuir el producto social y privado mediante subvenciones o por la política industrial; la producción interna de bienes y servicios, y la planificación. Este paradigma económico alternativo ve justificada su existencia en el principio del nacionalismo económico, y en el hecho de que los ciudadanos promedio de muchos de los países donde se aplicaron reformas orientadas por el Consenso de Washington no han gozado de los frutos del desarrollo (Stiglitz, 1998).

Pero estas configuraciones se alejan de política económica como la industrialización dirigida por el Estado¹; la transformación productiva con equidad y el neoestructuralismo cepalista; el modelo asiático de promoción de exportaciones, y el nuevo estructuralismo económico son manifestaciones de este enfoque alternativo acerca de cómo alcanzar el desarrollo. Todas estas configuraciones, en mayor o menor medida, sugieren acciones propias del enfoque neoliberal como son: llegar a un sistema tributario simple con pocas pero amplias bases imponibles; una mayor apertura de la economía al comercio internacional; priorización del gasto público con énfasis en la infraestructura, la educación y la salud; formar, capacitar y re-adiestrar a los trabajadores, y una semblanza de los derechos de propiedad.

Pero se alejan de dicho enfoque cuando sugieren la ampliación de la esfera de acción del Estado en la economía mediante una política industrial activa que retome y contribuya a superar el desafío industrializador en torno a generar un proceso endógeno de acumulación, absorción y generación de progreso técnico, dirigiendo la atención sobre las demandas de los mercados internos y externos donde los países de la región gocen o puedan llegar a gozar de una verdadera competitividad. Recomiendan la transformación productiva que favorezca los efectos de derrame y los encadenamientos productivos. Sugiere además una expansión acelerada de las exportaciones y una expansión selectiva y moderada de las importaciones, reforzadas por un tipo de cambio real elevado y estable. Considera inconveniente la desregulación financiera amplia dejando excluido en ocasiones a los mercados de capital. Respecto a la inversión extranjera directa se sugería una apertura menos intensa y restricciones respecto a sectores y momentos en el tiempo. Invita a valorizar la integración regional como instrumento capaz de crear una simbiosis entre la demanda externa y la demanda regional, además de contribuir con la innovación, el aprendizaje y la difusión de tecnologías. Aboga por adoptar políticas nacionales autónomas de fuertes componentes anticíclicos, con miras a mitigar los efectos de las fluctuaciones de las corrientes internacionales de capital. Por otro lado, en procura de un nivel alto de inversión se proponía una gestión macroeconómica, que incluía, en procura de un balance fiscal, medidas como: reprimir la demanda de consumo; restringir los préstamos al consumo otorgados por los bancos; fuertes impuestos al consumo de bienes de lujo, mucho más fuertes cuando implicaban el gasto de divisas. A lo anterior habría que añadir, y con marcado énfasis, el papel crucial que juega en el enfoque dirigista la presencia de burocracias e instituciones de alta calidad. Ejemplo de ello es el Estado Desarrollista (*Developmental state*)² (Chang, 2003; Rodrik, 2003; Pérez, 2008; Bielschowsky, 2009; Lin, 2012; Márquez, 2017; Zerpa, 2017).

Las posturas más recientes dentro del enfoque dirigista, como es el caso del nuevo estructuralismo económico, según los planteamientos de Lin (2012), proponen prestar gran atención al cambio estructural y a su corolario, el mejoramiento industrial, así como dar al mercado la tarea de asignar los recursos y al Estado la de coordinar las inversiones para el mejoramiento industrial y la diversificación, así como compensar a los agentes económicos ante las externalidades generadas por el proceso de crecimiento económico. Así, el desarrollo económico es considerado un proceso dinámico que implica cambio estructural, que envuelve avances en la estructura industrial y mejoras en la infraestructura correspondiente a cada nivel de desarrollo.

Para el logro del cambio estructural el nuevo estructuralismo económico sugiere, respecto a política fiscal, que en los países en desarrollo el Estado invierta en infraestructura física que reduzca los obstáculos a la mejora y diversificación industrial, para de esta manera hacer crecer la productividad de las inversiones. En materia de política comercial se plantea la conveniencia de una liberalización gradual del comercio. Durante la transición el Estado puede, en una estrategia pragmática dual, dar protección temporal a las industrias nacionales que no sean consistentes con las ventajas comparativas, mientras liberaliza la entrada a otros sectores industriales más competitivos que estuvieron controlados y represados en el pasado. En cuanto a la política tecnológica se sugiere que los países con atraso en este aspecto tomen prestado o adopten tecnologías que ya hayan madurado en economías más ricas. En cuanto al desarrollo financiero se propone: adelantar una liberalización financiera gradual y tomar a los bancos locales pequeños como columna vertebral del sistema financiero. En lo concerniente al capital extranjero, el nuevo estructuralismo prefiere la promoción y liberalización de la IED. Con base en la convicción de que el capital humano aumenta la capacidad de los trabajadores para enfrentar el riesgo y la incertidumbre, se recomienda que en commensurabilidad con la acumulación de capital físico y la mejora de la industria, se

planifique y se invierta en educación y capacitación en el trabajo antes de que la economía requiera de las habilidades y competencias asociadas a nuevas industrias y tecnologías.

Las configuraciones de política económica contenidas en cada uno de los enfoques estratégicos descritos modelan el camino para alcanzar el desarrollo, es decir, el cambio estructural. Entonces, ¿cómo debe entenderse el cambio estructural? y ¿en qué caso puede considerársele favorable al desarrollo?

4. El cambio estructural: camino hacia el crecimiento y el desarrollo económico

En esta aproximación sobre el desarrollo se sostiene que el camino para alcanzarlo es el cambio estructural. Esto implica prestar especial atención a los cambios cualitativos de la producción, la demanda y el comercio exterior que acompañan al desarrollo y que a su vez lo determinan. El cambio estructural es un hecho que acompaña al incremento sostenido del producto per cápita y al incremento de la población. Un hecho que formó parte de las características agregativas, estructurales e internacionales del crecimiento económico de las naciones desarrolladas a lo largo de la época económica que va desde mediados del siglo XVIII a mediados del siglo XX (Kuznets, 1973).

En los términos expuestos por Kuznets (1973, 1974), el crecimiento económico moderno se asocia a tendencias de cambio en la estructura industrial, es decir, en las contribuciones cambiantes de los principales sectores –agricultura, industria y servicios– al producto agregado, y sus posiciones cambiantes de participación en la fuerza laboral y demás factores productivos. También identifica ciertos cambios en las tendencias de los componentes de la demanda: consumo, ahorro e inversión y saldo neto exterior.

Chenery y Syrquin (1975) definen el cambio estructural, sinónimo para ellos de patrón de desarrollo, como las variaciones sistemáticas en cualquiera de los aspectos significativos de la estructura

económica o social asociados al incremento de los niveles de ingreso, y asoman como manifestaciones de éste: variaciones en la demanda de consumo ante incrementos en el ingreso per cápita, dominado por una declinación de la participación de los bienes alimenticios y un incremento en la participación de los bienes manufacturados; la acumulación de capital físico y humano a una tasa mayor que la del crecimiento de la fuerza laboral; el acceso de todos los países a similar tecnología; y el acceso al comercio internacional y a flujos de capital.

Syrquin (1984; 1986), en términos más amplios, define al cambio estructural como cambios persistentes de largo plazo en la composición de un agregado y, de manera más específica, en particular para el campo del desarrollo y la historia económica, como cambios en la importancia relativa de los sectores en la economía y a cambios en la ubicación de la actividad económica y otros aspectos concomitantes de la industrialización. Afirma el autor que es un proceso conflictivo que requiere de la adaptación individual y social y de una extensa relocalización de la población de regiones tradicionalmente rurales hacia centros urbanos modernos. Exigiendo del Estado en muchas ocasiones actuar como árbitro entre los grupos de interés y como mitigador de los efectos adversos del cambio económico.

Al observar el proceso de desarrollo de los países hoy industrializados, o la experiencia de postguerra de aquellas economías que han transitado el camino que las lleva de los bajos ingresos, el atraso tecnológico y el predominio de lo rural a economías ricas, tecnológicamente avanzadas y urbanas, es posible identificar un conjunto de asociaciones muy robustas entre el cambio estructural y el crecimiento. En lo que se refiere a la demanda, el cambio estructural se asocia con un incremento de los ingresos destinados a la inversión y una declinación de la participación del consumo de alimentos en relación con el consumo total. Por el lado del comercio, la exportación de bienes primarios cede participación a la exportación de manufacturas. En

cuanto a crecimiento de la productividad, el sector manufacturero muestra una productividad total de factores mayor que la del agrícola; no obstante, ésta última casi siempre crece de forma significativa. Los cambios en la demanda, el comercio y la productividad se combinan y producen un cambio más pronunciado en la estructura de la producción y en el empleo de la fuerza laboral.

Para Vera (2009), McMillan y Rodrik (2011) y Rodrik (2013a) el cambio estructural guarda relación con el desplazamiento de mano de obra de sectores de baja productividad a sectores de alta productividad, y representa un motor clave del desarrollo. Para los autores, a medida que la mano de obra y otros recursos productivos se desplazan de la agricultura a actividades económicas modernas, la productividad general aumenta y los ingresos aumentan; de esta manera, los países logran salir de la pobreza y hacerse ricos mediante la diversificación y la salida de la agricultura y otros productos tradicionales.

Por tanto, el cambio estructural está asociado a cómo garantizar el rápido flujo de recursos desde los sectores tradicionales de baja productividad hacia los sectores modernos de alta productividad, así como fomentar las condiciones para el nacimiento y la expansión de nuevas industrias de alta productividad. Tal dinámica va estrechamente unida a lo que Dani Rodrik (2013b) llama dinámica de las capacidades fundamentales, la cual se asocia con cómo acumular las habilidades y capacidades institucionales necesarias para generar crecimiento sostenido de la productividad, no solo en unos cuantos sectores industriales, sino a lo largo de toda la economía, incluyendo actividades de servicios y otras actividades de bienes no transables. El incremento de habilidades y capacidades se relaciona con el aumento de los niveles de educación, salud, mejor gobernanza y mejoras en los regímenes legales; en otras palabras, en la calidad institucional y el capital humano.

Para la CEPAL y otros pensadores de tendencia neoestructuralista (CEPAL, 2004; Cimoli, 2005; Ocampo, 2005; CEPAL, 2007; CEPAL, 2014; Bárcena y Prado, 2015), la categoría cambio estructural

se asocia, en principio, a la idea de que el desarrollo implica la reasignación de los factores de producción, en particular la mano de obra, hacia sectores de alta productividad en los que prevalecen los retornos crecientes. Retornos que están sustentados en “los efectos de derrame, los encadenamientos hacia atrás y hacia delante, y las externalidades pecuniarias y tecnológicas” (Cimoli, Novick y Palomino, 2007, p. 17). Además, se sostiene que la transformación en la estructura productiva trae consigo una gradual transformación del patrón de inserción externa.

Las aproximaciones a la noción de cambio estructural invitan a entender al desarrollo económico no solo como el proceso caracterizado por altas tasas de crecimiento, sino también por cambios cualitativos en la estructura productiva y, particularmente en economías abiertas, como cambios en el patrón de especialización e inserción en los mercados mundiales. Esto permite argumentar que la estructura productiva importa y que sus desplazamientos, en gran medida, definen la posición y desempeño de un país o región en la economía internacional.

Es primordial para ir hacia el desarrollo que el cambio estructural fortalezca sectores dinámicos tanto en lo tecnológico como en la demanda. Lo que implica que para lograr un crecimiento sostenido en el largo plazo se requiere un cambio estructural hacia sectores con mayor intensidad de conocimiento y mayor dinamismo de la demanda. La reasignación de recursos hacia estos sectores genera una estructura productiva con mayor eficiencia schumpeteriana y keynesiana (o de crecimiento). La eficiencia *schumpeteriana* se refiere a la introducción de “nuevas combinaciones”, que en los términos utilizados por Schumpeter (1944) actúan en favor del desarrollo económico, contribuyendo a alcanzar tasas más altas de aprendizaje, innovación y de difusión de las innovaciones. Ello sugiere la existencia de sectores que son líderes en el proceso de innovación y capaces de difundir conocimientos y capacidades hacia los demás sectores y hacia la sociedad. Por su parte, la eficiencia keynesiana, se refiere a la conformación de un patrón de especialización enfocado

en sectores con alta tasa de crecimiento de la demanda interna y externa, con efectos positivos sobre la producción y el empleo, lo que hace posible que los aumentos de productividad tengan como contrapartida el correspondiente incremento de la demanda, tanto en el mercado interno como en el externo (CEPAL, 2014).

Así pues, el cambio estructural se entiende en esta oportunidad en términos similares a los planteados por Vera:

no solo [como] variaciones en la composición de la producción y el empleo por sectores productivos, sino además [como] cambios en los patrones de comercio, en los arreglos tecnológicos, en la productividad de los factores (especialmente el trabajo) y en la estructura del consumo y de la demanda final (2009, p.92).

Para que el cambio estructural resulte virtuoso, es decir, que contribuya a insertar a la economía en una senda de elevado crecimiento de largo plazo, debe estar caracterizado por tres dimensiones relacionadas entre sí. Debe en primer lugar reasignar factores productivos de las actividades de baja productividad a actividades de alta productividad. Debe procurar el aumento de la participación en la producción y el comercio de los sectores más intensivos en conocimiento, haciendo a la matriz productiva más clara y diversificada, trayendo consigo trayectorias de crecimiento de la productividad más dinámicas, y derrames y externalidades que benefician a la economía como un todo –eficiencia schumpeteriana-. Por último, debe conducir a la inserción en mercados de rápido crecimiento, para fortalecer la demanda agregada y expandir la producción y la generación de empleo, con los consecuentes efectos positivos sobre la distribución del ingreso –eficiencia Keynesiana– (Syrquin, 1984; Vera, 2009; McMillan y Rodrik, 2011).

Las virtudes del cambio estructural favorable al desarrollo se vinculan a varios hechos. En primer lugar, una estructura productiva diversificada y orientada hacia mercados mundiales de rápido crecimiento ayudaría a que las economías generen, mediante el comercio, las divisas necesarias para sus crecientes importaciones y pagos de factores. En segundo lugar, contribuiría con una reducción

de la desigualdad y un mejor acceso a los factores de producción, lo que no será un resultado automático, sino que exigirá el fortalecimiento de instituciones económicas, políticas y sociales que aseguren una amplia distribución de los frutos del progreso técnico. En tercer lugar, la creación de nuevos sectores y la difusión de tecnología, implícitos en el cambio estructural virtuoso, generan oportunidades de empleo en sectores de mayor productividad, provocan la caída del desempleo y del empleo informal de subsistencia.

Pero el cambio estructural también puede acarrear retardos o estancamientos en el proceso de desarrollo. Pues es posible que dominen las “fuerzas destructivas”, dando paso a un “círculo vicioso” de reducción de la productividad y del crecimiento económico, un descenso de las inversiones y un aumento de la heterogeneidad estructural a medida que la mano de obra excedente se suma a actividades de baja productividad, asociada a una pérdida de experiencia productiva que amplía la brecha tecnológica respecto a los países industrializados (CEPAL, 2004; Cimoli, 2005; CEPAL, 2007; CEPAL, 2014; Bárcena y Prado, 2015).

La posibilidad de que el cambio estructural actué a favor o en contra del desarrollo queda en evidencia en estudios como el de McMillan y Rodrik (2011). Por un lado, se demuestra que el éxito en materia de crecimiento alcanzado por países del Asia durante los años 1990 se debe en buena medida a un cambio estructural que fomentó el crecimiento. Por otro lado, se demuestra que para este mismo periodo en África y América Latina ocurrió un cambio estructural que redujo la productividad total, lo cual vinculan al hecho de que el factor trabajo se desplazó de actividades de alta productividad a de baja productividad, e incluso, informalidad, y ello en un contexto de mayor liberalización comercial y mayores flujos de inversión extranjera directa hacia tales regiones.

Lo argumentado sugiere que el cambio estructural supone salir de un modelo de eficiencia estática (ricardiana)³ hacia otro de alta eficiencia dinámica. El cambio estructural virtuoso no solo debe impulsar a las grandes empresas del sector exportador, sino

también al conjunto de la economía por medio de encadenamientos hacia atrás y hacia delante (CEPAL, 2014). Dando lugar a una matriz productiva más densa con una distribución más homogénea de las actividades de media y alta productividad. Moreno-Brid (2015) se refiere a ello en términos de una fuerte complementariedad a la cual denomina eficiencia hirschmaniana. Ésta tiene que ver con hacer más densos los encadenamientos internos en la estructura productiva de una economía, que se traduce en el incremento de la capacidad de arrastre de unos sectores respecto a la economía en su conjunto. Se crean nuevos sectores y actividades que absorben a los trabajadores, tradicionalmente con muy baja productividad, en trabajos más productivos, de mayor calidad y mejor remunerados (CEPAL, 2014).

5. Conclusión

En definitiva, se entiende al desarrollo como un proceso que tiene como objetivos la igualdad de oportunidades y derechos de todos los miembros de la sociedad y el aumento de sus libertades fundamentales. Un proceso que en el marco de una estrategia deliberada, caracterizada por una nueva articulación Estado, mercado y sociedad es inclusivo, en el cual las condiciones iniciales de los países y sus historias económicas, políticas, institucionales y socioculturales inciden sobre el mismo, y que requiere para el logro de sus propósitos del aumento de las libertades políticas, económicas y sociales del hombre y del cambio estructural. Un proceso que se concibe en función de un vínculo más humanizado entre los miembros de la sociedad y más amable con la naturaleza. Un proceso en el cual, la estrategia de desarrollo escogida debe procurar una reforma estructural que reduzca las brechas de productividad intersectoriales, donde cada vez más participen los sectores intensivos en conocimiento, que haga más densa la estructura productiva mediante el fortalecimiento de los encadenamientos hacia atrás y hacia delante, y promueva la inserción en mercados de demanda muy dinámica. En

otras palabras, que vaya en búsqueda de la eficiencia schumpeteriana, hirschmaniana y keynesiana.

6. Notas

1. Categoría sugerida por Bértola y Ocampo (2010).
2. El Estado Desarrollista se entiende como las configuraciones de institucionalidad pública vinculadas a la calidad y autonomía estatal y a una amplia batería de instrumentos de apoyo público, que caracterizó a los gobiernos del Asia en la segunda mitad del siglo XX. Configuraciones que le permitía al Estado condicionar el otorgamiento de incentivos públicos al desempeño alcanzado (Johnson, 1982).
3. La eficiencia ricardiana induce un aumento en el PIB en un momento dado debido a una mejor asignación de recursos sobre la base de la dotación de factores en aquel momento (CEPAL, 2014).

7. Referencias

- Bárcena, Alicia y Antonio, Prado (eds.) (2015). *Neoestructuralismo y corrientes heterodoxas en América Latina y el Caribe a inicios del siglo XXI*. Santiago de Chile: CEPAL, 447 pp.
- Bértola, Luis y Ocampo, José (2010). *Desarrollo, vaivenes y desigualdad. Una historia económica de América Latina desde la independencia*. Madrid: Secretaría General Iberoamericana, 313 pp.
- Bielschowsky, Ricardo (2009). "Sesenta años de la CEPAL: estructuralismo y neoestructuralismo." *Revista CEPAL*, 97, (abril, 2009), pp. 178-185.
- Biersteker, Thomas (1990). "Reducing the role of the State in the economy: a conceptual exploration of IMF and World Bank prescriptions." *International Studies Quarterly*, 34, 4 (diciembre, 1990), pp. 477-492.

- Burki, Sahid y Guillermo, Perry (1998). *Beyond the Washington Consensus: Institutions matter*. Washington, D.C: The World Bank, 17 pp.
- Bustelo, Pablo (1992). *Economía del desarrollo. Un análisis histórico*. Madrid: Editorial Complutense, 98 pp.
- Bustelo, Pablo (2003). "Desarrollo económico: del Consenso al Post-Consenso de Washington y más allá", pp. 741 – 756, en Universidad Complutense (ed.) (2003).
- Bustelo, Pablo (ed.) (2003). *Estudios de historia y pensamiento económico: homenaje al profesor Francisco Bustelo*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 776 pp.
- Cejudo, Rafael (2004). *Libertad como capacidad: un análisis filosófico del enfoque de las capacidades de Amartya Sen con implicaciones sociales y educativas*. Tesis doctoral. España: Universidad de Córdoba, 2004, 639 pp.
- Chang, Ha-Joon (2003). "The East Asian development experience," pp. 107-124, en: Chang (ed.) (2003).
- Chang, Ha-Joon (ed.) (2003). *Rethinking development economics*. Anthem Press, 544 pp.
- Chenery, Holis y Moshe, Syrquin (1975). *Patterns of development, 1950-1970*. London: World Bank-Oxford University Press, 234 pp.
- Cimoli, Mario (2005). *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL, 161 pp.
- Cimoli, Mario; Novick, Marta y Palomino, Héctor (2007). "Estudios estratégicos sobre el trabajo y el empleo para la formulación de políticas", pp. 13-44, en Novick y Palomino (Coord.) (2007).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2004). *Desarrollo productivo en economías abiertas*. Santiago de Chile: CEPAL, 71 pp.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL, 140 pp.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2010). *La hora de la igualdad. Brechas por cerrar, caminos por abrir*. Santiago de Chile: CEPAL, 289 pp.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2014). *Cambio estructural para la igualdad. Una visión integrada del desarrollo*. Santiago de Chile: CEPAL, 389 pp.
- Hernández, René (2015). "Transformación del Estado y paradigmas de desarrollo en América Latina," pp. 315-355, en: Bárcena y Prado (eds.).
- Hirschman, Albert (1958). *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 211 pp.
- Johnson, Chalmers (1982). *MITI and the Japanese Miracle. The growth of industrial policy, 1925-1975*. Stanford, California: Stanford University Press, 412 pp.
- Kuczynski, Pedro y John, Williamson (eds.) (2003). *After the Washington Consensus: Restarting growth and reform in Latin America*. Washington, D.C.: Institute for International Economics, 400 pp.
- Kuznets, Simon (1973). *Crecimiento económico moderno*. Madrid: Aguilar, S.A. de ediciones, 533 pp.
- Kuznets, Simon (1974). *Crecimiento económico y estructura económica*. Barcelona: Ariel, 434 pp.
- Lin, Justin (2012). *New Structural Economics. A framework for rethinking development and policy*. Washington, D.C.: The World Bank, 371 pp.
- Márquez, Albio (2017). "Prebisch, la CEPAL y la integración económica en tiempos del regionalismo autonómico dirigista." *Cuadernos sobre Relaciones Internacionales, Regionalismo y desarrollo*. 12, 23 (enero-junio, 2017), pp. 183-212.
- McMillan, Margaret y Rodrik, Dani (2011). "Globalization, structural change and productivity growth." *National Bureau of Economic Research, Working paper 17143*, (junio 2011), pp. 1-32.

- Miranda, Rafael (2017a). "La libertad como desarrollo y democracia." *Nómadas. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, 51, 2 (2017), pp. 203-220.
- Miranda, Rafael (2017b). "Economía crítica latinoamericana. Elementos filosóficos, teóricos y evidencia empírica." *Iberoamérica*, 3, (2017), pp. 75-98.
- Moreno-Brid, Juan (2015). "Desarrollo y macroeconomía: reflexiones a partir del caso mexicano," pp. 375-399, en: Bárcena y Prado (eds.) (2015).
- Naín, Moisés (2000). "Washington Consensus or Washington confusion?" *Foreign Policy*, 118, (Spring, 2000), pp. 86-103.
- Ocampo, José (2005). "La búsqueda de la eficiencia dinámica: dinámica estructural y crecimiento económico en los países en desarrollo," pp. 3-50, en Ocampo, José (ed.) (2005).
- Ocampo, José (ed.) (2005). *Más allá de las reformas: dinámica estructural y vulnerabilidad macroeconómica*. Bogotá: CEPAL/Alfaomega, 64 pp.
- Pérez, Esteban (2008). "The Concept and Evolution of the Developmental State." *International Journal of Political Economy*, 37, 3 (September, 2008), pp. 27-53. DOI: 10.2753/IJP08911916370302.
- Rodrik, Dani (2003). "Growth Strategies." *National Bureau of Economic Research*, Working paper 10050, (October, 2003), pp. 1-39.
- Rodrik, Dani (2006). "Goodbye Washington Consensus, hello Washington confusion? A review of the World Bank's economic growth in the 1990s: Learning from a decade of reform." *Journal of economic literature*, XLIV, (December, 2006), pp. 973-987.
- Rodrik, Dani (2013a). "The past, present and future of economic growth." *Global Citizen Education*, Working paper 1, (junio, 2013), pp. 2-63.
- Rodrik, Dani (2013b). "Structural change, fundamentals, and growth: An overview". (septiembre, 2013), pp. 1-23.
- Schumpeter, Joseph (1944). *Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 255 pp.

- Sen, Amartya (2000). *Desarrollo y libertad*. Barcelona, España: Editorial Planeta S.A., 440 pp.
- Stiglitz, Joseph (1998). "More instruments and broader goals: moving toward the Post-Washington Consensus." *UBU-WIDER*, (January, 1998), 9 pp.
- Stiglitz, Joseph (2004). "El consenso post-consenso de Washington". In *From the Washington Consensus towards a new global governance*. Barcelona, España: Foundation CIDOB and the Initiative for Policy Dialogue.
- Syrquin, Moshe (1986). "Productivity growth and factor reallocation," pp. 229-262, en: Chenery, Robinson y Syrquin (eds.) (1986).
- Syrquin, Moshe (1984). "Resource reallocation and productivity growth," pp. 75-101, en: Syrquin, Taylor y Westphal (eds.) (1984).
- Syrquin, Moshe; Lance, Taylor y Larry, Westphal (eds.) (1984). *Economic structure and performance. Essays in honor of Holis B. Chenery*. Orlando, Florida: Academic Press, INC, 584 pp.
- Vera, Leonardo (2009). "Cambio estructural, desindustrialización y pérdidas de productividad: evidencia para Venezuela." *Cuadernos del CENDES*, 26, 71 (mayo-agosto, 2009), pp. 89-115.
- Williamson, John (1990). "What Washington means by policy reform," pp. 5-20, in Williamson (ed.) (1990).
- Williamson, John (ed.) (1990). *Latin American adjustment: How much has happened?* Washington D.C.: Institute for International Economics, 445 pp.
- World Bank (1991). *World development report. The challenge of development*. Oxford: Oxford University Press, 289 pp.
- Zerpa, Sadcidi (2017). "Regionalismo abierto en CAN y MERCOSUR. Balance de experiencia al servicio de la transformación productiva con equidad." *Cuaderno sobre Relaciones Internacionales, Regionalismo y Desarrollo*, 12, 23 (enero-junio, 2017), pp. 213-244.

Escenarios futuros de la industria petrolera venezolana PDVSA en un horizonte 2010-2040*

Future scenarios of the Venezuelan oil industry PDVSA within a 2010-2040 horizon

Gladys Cáceres** y Francisco García***

Códigos JEL: Q3, Q4

Recibido: 17/05/2019, Revisado: 25/05/2019, Aceptado: 28/06/2019

Resumen

Venezuela necesita examinar las tendencias futuras del mercado de hidrocarburos a objeto de visualizar los cambios en la configuración tecnológica, las políticas de seguridad y eficiencia energética y su papel en la OPEP. Se examina la visión prospectiva de PDVSA del siglo XXI, en un horizonte 2010-2040. El método prospectivo, se utilizó como una herramienta para identificar y describir los escenarios futuros. Uno de los efectos futuros es el papel de las energías renovables, el crecimiento económico derivado de los avances tecnológicos en petróleo y gas no convencionales, y las alianzas entre los países OPEP y no OPEP. Se obtuvo tres escenarios: desarrollo y crecimiento económico; eficiencia energética y ambiente; geopolítica y transición y seguridad energética.

Palabras claves: petróleo, prospectiva, eficiencia energética, geopolítica.

Abstract

Venezuela needs to examine the future trends of the hydrocarbon market, in order to visualize the changes in the technological configuration, the security and energy efficiency policies and its role in The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). A prospective view of the 21st century PDVSA is examined, within a 2010-2040 horizon. The prospective method was used as a tool to identify and describe future scenarios. One of the future effects is the role of renewable energies, the economic growth derived from technological advances in unconventional gas and oil, and the alliances between OPEC and non-OPEC countries. Three scenarios were obtained: economic growth and development; energy efficiency and environment; geopolitics, and energy security and transition.

Key words: oil, prospective, energy efficiency, geopolitics.

* Proyecto financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de (CDCHTA). Número E-327-13-09-A.

** Dra. en Socioeconomía del Desarrollo. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58)4166251212. Correo electrónico: gladysca29@gmail.com.

*** Dr. en Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58)416674471. Correo electrónico: gsfran@ula.ve.

1. Introducción

Venezuela como país petrolero, dependiente de una renta internacional, está obligada a examinar con detalle, las tendencias de transición energética en el mundo, a objeto de visualizar los cambios en la configuración tecnológica, así como, las nuevas necesidades energéticas, es el caso de la aceleración del empleo de tecnologías de bajo carbono, como el uso de automóviles eléctricos y la implementación de políticas, que mejoren la eficiencia energética en todos los sectores de la economía. A pesar que los combustibles fósiles (gas y petróleo), seguirán siendo el fundamento del sistema energético mundial, durante varias décadas; es necesario diseñar políticas energéticas que visualicen modelos y estrategias ante los inminentes escenarios futuros. Un ejemplo de estas nuevas tendencias, es el compromiso asumido por 187 países en 2015, de cambiar sus sistemas de producción y consumo a partir del 2020, para evitar un aumento de las emisiones de carbono y de la temperatura global mayor a los 2 °C.

Al hacer retrospectiva, en los años cincuenta, el modelo de desarrollo de distribución de la renta se formaliza en Venezuela, reconociendo que la renta petrolera depende de una demanda internacional y forma parte del ingreso nacional administrado por el Estado; cuya principal labor era transformar un país atrasado, a un país urbano, alfabetizado y culturalmente ávido de la influencia occidental. Es decir, con una estructura económica compuesta por la iniciativa privada y el sector público, tal vez con diferentes objetivos pero concordantes en el interés del crecimiento económico del país, en este sentido, tal como lo expresa Maza “El crecimiento económico tiene que sustentarse en la diversificación de las actividades económicas, la inversión real, el equilibrio entre oferta y demanda de la producción interna y el consumo” (2009, p. 212). En otras palabras, el propósito de este impulso económico era principalmente el desarrollo del país, a través de la generación de empleo, reactivación de la agricultura e industria,

construcción de obras de infraestructura, subsidios y aranceles en los artículos importados, ampliación del mercado e incremento de las instituciones educativas, salud, electricidad, aguas, carreteras entre otras; servicios fundamentales para el progreso del país.

Ahora bien, este modelo distributivo, comienza a valorar las divisas provenientes de la exportación petrolera, que son generadas sin el esfuerzo productivo, tal como lo señala Baptista (1997), convirtiéndose en un país altamente dependiente de las importaciones de insumos, tecnología y bienes de consumo final. Estos mecanismos de distribución van colapsando la economía del país, creando una estructura capitalista poco competitiva entre los diferentes sectores. La desigualdad en la distribución de la riqueza petrolera no se identifica, ya que se solapa con la exagerada distribución de subsidios, que acallan una sociedad que no tiene los criterios para controlar o evaluar el gasto público.

Para la década de los años setenta, con el alza del precio mundial del petróleo y la nacionalización de la industria petrolera, nace la empresa Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA), con un nivel de responsabilidad gerencial exitosa, en lo que concierne la comercialización, investigación y negocios internacionales; no obstante, para las siguientes décadas, bajan los precios del petróleo y se tiene que asumir los servicios de deuda y la baja del ingreso petrolero.

De igual manera, los gobiernos correspondientes continúan endeudándose, ya con menos posibilidades de crecimiento rentístico, sobre todo por el pago de intereses y amortizaciones de deuda, cuya salida inmediata es una política monetaria de devaluación del bolívar, generando inflación, fuga de capitales, desempleo, y disminución del nivel de vida; contrastándose con el surgimiento de empresarios que se benefician directamente de los privilegios gubernamentales, pero desligados de un incremento de la productividad y eficiencia en sus emprendimientos. No obstante, esta problemática hoy en día se ha acentuado, al punto que la actual

PDVSA, si continua con la baja producción, sin políticas gerenciales claras en muy corto plazo puede llegar a un importante colapso.

El presente artículo examina la visión prospectiva de PDVSA del siglo XXI, su actual desempeño y cuáles escenarios podrían desarrollarse en un horizonte de tiempo 2010-2040. Esta investigación proviene de un proyecto mucho más amplio denominado “Escenarios de la Industria Petrolera Mundial al 2030, a partir del Método de Prospectiva Energética”, desarrollado con el financiamiento del CDCHTA de la Universidad de Los Andes¹.

Para este estudio, se consideró la prospectiva o estudios del futuro, como una herramienta metodológica que anticipa y explora en forma estructurada, interactiva y participativa visiones estratégicas del futuro (Medina y Ortegón, 2006). Gaston Berger, el fundador de la prospectiva, señala que este método toma en cuenta el devenir en las decisiones humanas, relacionando saber y poder, finalidades y medios, y asignando al hombre político, la posibilidad de transformar su visión de futuro en acciones y sus sueños en proyectos (citado por Godet, 2011). El resultado de la consulta a expertos, se contrastó con estudios de prospectiva energética en el mundo, con la finalidad de identificar los desafíos que se impondrán al sector petrolero venezolano en el periodo considerado.

2. Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) en el siglo XXI

Hoy en día el desempeño gerencial de PDVSA, es altamente cuestionable ya que para el año 1998, año que comienza el periodo presidencial de Hugo Chávez, con una producción de 3,17 millones de barriles diarios (MMbd) de petróleo crudo, con mercados competitivos de primeros lugares en ranking internacionales de empresas petroleras (*Energy Information Administration (EIA)*, 2001); doce años más tarde, para el 2010, su producción disminuye a 2,35 MMbd, con un leve incremento en el 2012, equivalente a 2,8 MMbd, cerrando en 1,6 MMbd, en diciembre del 2017 y en octubre 2018, la

producción se ubicó en 1,197 MMbd; es decir en 9 meses, Venezuela pierde 548.000 Bpd, una caída acumulada equivalente a 21%, que en términos de ingresos de caja de PDVSA, representan \$ 1,038 millardos, según informe de la *Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC, 2017). Esta situación repercute gravemente en los ingresos por las exportaciones de petróleo y obviamente afecta la participación en los mercados internacionales, provocando que socios extranjeros continúen reduciendo sus actividades en el sector petrolero.

Por otro lado, a pesar del incremento de los precios del petróleo, principalmente desde el 2008 el precio promedio, fijado por la OPEP era de 94,1 dólares por barril, en 2011 llega a 107,46 dólares por barril, y continua cotizándose por encima de los 100 dólares hasta el 2014 (Sevilla, 21/10/2019), sin embargo, la gestión de PDVSA era poco competitiva, tanto en la producción de crudos convencionales y no convencionales, dominada por la crisis del financiamiento, acceso a tecnología de punta y personal capacitado, además de la desviación de recursos dirigidos a incrementar el gasto público.

Al observar la producción y el comportamiento de los precios, desde hace más de dos décadas, la caída de la producción petrolera es una constante. Esta situación alarma aún más las finanzas de la petrolera, ya que la nación depende en un 96% de los ingresos en divisas, esta caída continuará hasta finales de 2019, según la Agencia Internacional de Energía (2017).

Estas alarmas se extienden, ya que la producción retrocedió a la década de los años cincuenta del siglo XX, donde se produjo en promedio 1,5 MMbd, para un país con apenas cinco millones de habitantes, equivalentes a 99,7 barriles por persona al año (Monaldi, 2012), en contraste, si se calcula para el 2018, con 31,82 millones de habitantes, la industria produce apenas 1,197 MMbd, los cuales equivalen a 13,73 barriles por persona, es decir, un aproximado en 86% menos de renta petrolera, distribuidos en la población venezolana.

Todos estos elementos se enmarcan en una disminución de la productividad en las plataformas disponibles, tal es el caso del número de taladros activos; para el cierre del 2011, las perforaciones se llevaban a cabo con 60 taladros activos, cifras menores en relación a la década de los años 90, en la cual oscilaban alrededor de 90; ya para el primer trimestre del 2016, eran cerca de 70 taladros mientras que para el último trimestre 2017 apenas 43. Por otro lado, se cuestiona la política petrolera en cuanto la administración prospectiva de las reservas, aparentemente es el país que tiene mayores reservas, pero paradójicamente una mayor pobreza; Venezuela reportó en 2011 reservas probadas por 297.000 millones de barriles; para obtener la cifra oficial de reservas, el gobierno venezolano utilizó un factor de recobro² de 20% de los recursos de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO); este factor no se ha logrado en la explotación de crudos extra pesados en el país, debido a que no ha superado el 10%; con este factor de recobro, las reservas probadas, equivaldrían a 185.000 millones de barriles (Monaldi, 2012).

Por otro lado, los socios internacionales que conforman las empresas mixtas, contemplan el estancamiento de la producción y la actitud de PDVSA, cada vez más reacia a invertir el 60% de su compromiso adquirido, generando problemas operativos entre ellos. La excesiva indiferencia del gobierno, más la deuda de la empresa, no dan seguridad a los inversionistas, de ahí unas de las razones del estancamiento de la producción. En resumen, de no concretarse los compromisos entre las partes, las inversiones disminuirán, ya que no hay credibilidad en las políticas y efectividad en las operaciones.

3. Metodología de la investigación

El tipo de metodología utilizada, fue descriptiva, documental, y de campo (aplicación de una encuesta a expertos en el área de planificación), cuantitativa y cualitativa, en lo que se refiere al

análisis necesario de estadísticas del sector y herramientas del método prospectivo, pertinentes para identificar y describir escenarios posibles, o que definan o describan algunas estrategias de acción para lograr un eficiente desempeño en el futuro.

Los escenarios identificados son de carácter exploratorio que según Godet (2007), se definen como aquellos, que partiendo de las tendencias pasadas y presentes, conducen a predicciones verosímiles. Así mismo, son tendenciales cuyo objeto es identificar un futuro posible, evaluar los impactos, y se caracterizan porque asumen la permanencia y la predominancia de las tendencias más fuertes, es decir, examinan la continuidad de las tendencias en el futuro (González Sampayo, 2007).

En este orden de ideas, en el proyecto de investigación “Escenarios de la industria petrolera mundial al 2030”, se aplicó un instrumento, el cual consistió en la selección de un grupo de expertos a los que se les consultó su opinión sobre cuestiones referidas a los acontecimientos relacionados con el desarrollo y la estructura del mercado petrolero. A los efectos de esta investigación, se tomaron algunos resultados derivados del instrumento que permitieron analizar la problemática de la industria petrolera.

De igual manera en esta investigación, se analizan estudios de prospectiva energética que abordan las políticas energéticas en sus respectivos países, y empresas petroleras estatales, tales como: la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), Consejo Mundial de Energía (WEC), Agencia Internacional de Energía (AIE), la Administración de Información de Energía de Estados Unidos (EIA), entre otros.

Los documentos seleccionados corresponden a estudios sistémicos, que incluyen en sus análisis la interrelación de factores económicos, sociales, políticos, tecnológicos, estadísticas históricas, proyecciones, evoluciones de las variables cuantitativas y cualitativas, y los comportamientos de los actores implicados para determinar los escenarios o futuros posibles.

Los objetivos de cada documento varían según su procedencia, así como en su ámbito: local, nacional, regional o global, donde la mayoría establece el horizonte en el año 2030, aunque algunos, se extienden a 2032, 2035, 2040 o 2050. La lectura de los respectivos pronósticos, permite analizar la incidencia de distintos factores: declinación de las reservas del petróleo (cenit de producción o *peakoil*), el aumento de población, el crecimiento de las economías emergentes, los avances tecnológicos, el desarrollo de recursos energéticos alternativos y el establecimiento de regulaciones ambientales más rigurosas; cuyo propósito es identificar la participación del petróleo y la crisis energética, vinculada a los combustibles fósiles; una mayor participación de recursos renovables, relacionados con la eficiencia energética y seguridad energética.

La muestra de actores se constituyó en un conjunto de individuos de carácter heterogéneo, que pueden percibir los problemas de manera distinta, en este sentido, se les hizo la consulta respectiva, a organismos internacionales, nacionales y empresas petroleras: se aplicó el instrumento a expertos en Petróleos Mexicanos, la empresa francesa Total, Banco Central de Venezuela, Universidad de Los Andes, Geostock Holding S. A., diferentes países productores de la OPEP en Viena, Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales en París, PDVSA, expertos en prospectiva como Michel Godet y en petróleo como Bernard Mommer, Asdrúbal Baptista, Carlos Mendoza Potellá, José Luis Cordeiro, Rafael Quiroz, Faisal Zeidan, entre otros.

Por último, el propósito del estudio fue el de construir diferentes escenarios de la industria petrolera venezolana en un horizonte de tiempo 2010-2040. Para ello se utilizó el método prospectivo: escenarios posibles, método basado en la experiencia y en compartir el conocimiento, a través de la consulta a expertos y planificadores nacionales, regionales, e internacionales. Los resultados de la consulta se contrastan con estudios de prospectiva energética en el mundo, con la finalidad de identificar los desafíos

que enfrentará el sector petrolero venezolano en el periodo considerado.

4. Análisis de los resultados

Para la presente investigación se seleccionaron algunas respuestas que se obtuvieron de las interrogantes contempladas en la encuesta de percepción³ del trabajo de investigación: “Escenarios de la industria petrolera mundial al 2030”. Para tal fin, se agruparon en diferentes áreas relacionadas: desempeño económico de la industria petrolera mundial; evaluación del consumo y la producción de petróleo y otras energías; oferta mundial de la OPEP y seguridad energética.

a) *Desempeño económico de la industria petrolera mundial*

Según los estudios prospectivos energéticos seleccionados, se observa que la evolución de la economía mundial continuará creciendo en los próximos 25 años, tanto en los países productores y consumidores de petróleo, impulsada por el aumento de la productividad (es decir, el PIB por persona), y a su vez por el crecimiento de la población mundial, la cual aumentará alrededor de 1.700 millones para llegar a casi 9.200 millones de personas en 2040. Lo significativo de notar en esta expansión de la producción mundial, es que un 80% pertenece a las economías emergentes, donde China e India representan más de la mitad de esta expansión según informe de British Petroleum (BP p.l.c., 2018).

Al cotejar los resultados emanados de la aplicación de la encuesta de percepción, los planificadores y expertos, indican que el mayor porcentaje en importancia, lo ocupa el crecimiento sostenido de las economías emergentes y el mayor crecimiento económico en los países en vías de desarrollo. Estas respuestas coinciden con los estudios prospectivos energéticos seleccionados; en otras palabras, la demanda seguirá creciendo y el consumo mundial de energía aumentará alrededor de un tercio en 2040. Principalmente, por los

significativos avances tecnológicos en el incremento de la capacidad de producir energía en petróleo y gas no convencionales, así como, en energías renovables como el viento y la energía solar (BP p.l.c., 2018).

De igual manera, cuando se consulta, si el crecimiento de la población y el aumento del ingreso serán las principales fuerzas que impulsan el desarrollo económico y el crecimiento de la demanda de la energía en los próximos 20 años; los expertos y planificadores señalan que “Sí”, debido al crecimiento tecnológico y el incremento del uso de los hidrocarburos; el bloque de China, Brasil, India y Rusia, harán efectivo el impulso al crecimiento de la demanda de energía, por su parte los países en vías de desarrollo abonarán ese crecimiento. Mientras que los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), su política, es la del ahorro de energía.

Otras respuestas, señalan que la población viene creciendo 10 veces por la vía de los países emergentes y de los países en vías de desarrollo, existe muy poco control demográfico, a mayor población mayor demanda, no obstante, los avances tecnológicos para suministro y sustitución de energía llegan con retraso. Sin embargo, algunos pronósticos señalan que en los próximos 20 años se van originar importantes cambios, la tendencia indica que la población disminuirá, ya que se puede llegar a perder hasta 200 millones de habitantes. Esta hipótesis permitiría aumentar los ingresos y estabilizar la distribución de los mismos. En otras palabras, aumentaría el consumo energético, no por la demografía, sino por el crecimiento económico (BP p.l.c., 2018).

b) Evaluación del consumo y la producción de petróleo y de otras energías alternativas en los países industrializados, emergentes y en vías de desarrollo

La percepción que tuvieron los planificadores y expertos sobre la tendencia en los próximos 20 años, del papel de los hidrocarburos y las energías alternativas en el mundo, es la necesidad de tomar

en cuenta el enfoque en la eficiencia energética, la fiabilidad y la disciplina del capital, como premisas importantes en la nueva ola de la transición energética. El continuo y rápido crecimiento de las energías renovables, está conduciendo a la mezcla de combustibles más diversificada con abundantes suministros de energía, desafiando el mercado y reafirmando que los precios del petróleo ya no son tan determinantes.

En este orden de ideas, se planteó la interrogante sobre la relación del consumo de energía primaria y los efectos sobre el cambio climático, un 55% de planificadores y expertos afirmó que los efectos globales del cambio climático, afectarán de manera significativa el consumo de energía primaria en los próximos 20 años a partir del 2010. Al contrastar la opinión de los planificadores y expertos con los informes prospectivos, sobre el consumo de energía primaria, se constata que dicha energía continuará ocupando un papel importante, como por ejemplo el Acuerdo de París COP21, celebrado en el año 2015. Este acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, donde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, después de reunir las condiciones donde al menos 55 países responsables de un 55% de las emisiones mundiales, se comprometieron a mantener el calentamiento del planeta por debajo de los dos grados centígrados, a partir del 2020 (Consejo de la Unión Europea, 2016). Esto significa que la tendencia de los países consumidores de petróleo, va hacia una reducción del carbón y del petróleo.

El cumplimiento de estos acuerdos a partir del 2020, significan que la mayoría de los países comprenden la gravedad sobre los efectos de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía de hidrocarburos, no obstante, algunos pronósticos señalan que las emisiones de CO₂ anuales totales, aumentarán de 33,3 millones de toneladas en 2015, a 40,6 aproximadamente en 2040. Estos datos expresan que a pesar del rápido aumento de los combustibles no fósiles, los combustibles fósiles seguirán siendo las principales fuentes de energía (OPEC, 2017).

La idea es mejorar la eficiencia energética al disminuir el CO₂, es decir, a medida que crece la población y el PIB, significará un acontecimiento importante para el 2040. Por ejemplo, las emisiones de CO₂ disminuyeron en los países de la OCDE desde 1990, cuyo propósito es reducir las emisiones en un 20% para 2040. Sin embargo, con respecto a las economías emergentes, las emisiones aumentaron alrededor del 50% desde 1990, y es probable que aumente un 50% para 2040, a pesar del esfuerzo en el incremento de la eficiencia energética (ExxonMobil; 2017, 2018).

Al cotejar estos resultados, con los escenarios de transición energética, el consumo de carbón de China disminuye drásticamente, compensado por un gran aumento de las energías renovables, junto con las nucleares y las hidroeléctricas, representando más del 80% del aumento de la demanda de energía al 2040, implicando desaceleración del crecimiento de la demanda y reducción de las emisiones de carbono (BP p.l.c., 2018).

Por el contrario, la participación del carbón en la India y otras economías emergentes de Asia, se mantiene prácticamente inalterada. La India se perfila como el mercado de mayor crecimiento para la energía mundial, respaldado por un sólido crecimiento económico, parcialmente compensado por disminuciones más rápidas en la intensidad energética (relación entre el consumo energético y el producto interno de un país). En cuanto a los países industrializados, EE.UU. y la UE comienzan la perspectiva con mezclas de combustibles diversas y comparten trayectorias similares de disminución de las inversiones en carbón y petróleo, compensadas por el uso creciente de energías renovables y el gas natural licuado (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017).

Estas premisas coinciden con la opinión de planificadores y expertos que piensan que el petróleo seguirá siendo en los próximos 20 años la fuente de energía primaria, otorgándole un 37% seguido del gas con un 20%, y el carbón con un 17%. Al respecto, los expertos opinan que la energía biomasa, eólica y solar serán las fuentes de energías de más alto crecimiento, sin embargo, opinan también que

las mayores inversiones se efectuarán en las fuentes energéticas solar, seguida de la eólica y la geotérmica.

Con respecto a la interrogante sobre en qué proporción los biocombustibles sustituirían a los combustibles fósiles en los próximos 20 años, los expertos estimaron un promedio de 10%, aunque algunos opinaron que la proporción era ninguna o muy poca. Al respecto, las proyecciones sobre la importancia de los cultivos energéticos, es decir, aquellos cultivos existentes para la industria alimentaria (cereales, caña de azúcar y remolacha) destinados para la producción de biocombustibles, suponen que aumentará la producción, un ejemplo de ello es la UE que es el mayor importador de etanol y biodiesel; en este sentido, la legislación de la UE para 2020, establece que los combustibles renovables deben proporcionar el 10% de la energía utilizada en el sector del transporte, a partir de materias primas derivadas de los cultivos agrícolas (El Sitio Avícola, 2011).

Respecto a la interrogante sobre la oferta predominante en cuanto a combustibles se refiere, un grupo de expertos (66,7%), le dio predominio al gas natural licuado, seguido de los combustibles convencionales y en menor cuantía los no convencionales. No hay duda que los pronósticos apuntan a un mayor uso del gas como combustible, sin embargo, el Banco Interamericano de Desarrollo, ofrece una cartera de proyectos de infraestructura, cuyo objetivo es la sostenibilidad energética con el uso de energías renovables, mejoras en la eficiencia energética e implementación de medidas consistentes hacia la adaptación al cambio climático (BID, 2015).

En cuanto a la interrogante de la sustitución del motor a combustión por fuentes energéticas alternas en los próximos 30 años, la mayoría de los expertos (54,5%), opinó que aun predominaría el motor a combustión, mientras un 36,4% piensa que si se dará un cambio. Al respecto, existe una polémica de visiones diferentes, algunos pronósticos indican la disminución del uso de las energías fósiles, principalmente el petróleo para el sector transporte. Las proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (AIE) estiman

que hacia el 2030 la venta de los carros eléctricos continuará incrementándose. En 2018, el parque mundial de automóviles eléctricos superó los 5,1 millones, es decir hubo un crecimiento de dos millones respecto al año anterior (Global EV, 2019). Las razones más importantes son las políticas de incentivos y obligatoriedad en un porcentaje de la producción que usan los países para fomentar el uso y producción de este tipo de autos (Bloomberg News, 2018).

Estas tendencias de transición energética en el mundo, se visualizan con cambios en la configuración tecnológica, que promueven comportamientos que se adaptan a las nuevas necesidades energéticas; sin embargo, a pesar de las estimaciones, donde los automóviles eléctricos aumentarán, los combustibles fósiles (gas y petróleo), seguirán siendo el fundamento del sistema energético mundial durante varias décadas. Los niveles de consumo de petróleo aumentarán de 92,5 MMbd (2015) a 103,5 MMbd (2040), lo que provocará un incremento anual promedio de 0,5% de las emisiones de carbono a la atmósfera. Por lo tanto, acelerar el empleo de tecnologías de bajo carbono, como el uso de automóviles eléctricos y la implementación de medidas que mejoren la eficiencia energética en todos los sectores, son necesarias para evitar un aumento en la temperatura global (Agencia Internacional de Energía; 2016, 2017).

c) *Oferta mundial de la OPEP y Seguridad Energética*

Ante las preguntas, sobre cuáles países miembros de la OPEP, contribuirán a satisfacer la demanda futura del petróleo y si la OPEP continuará ejerciendo el rol predominante en la oferta de petróleo, los expertos consideran que Arabia Saudita, Emiratos Árabes, Qatar, Irán e Irak son los principales países que van a cumplir la oferta futura. De igual modo, algunos respondieron que en términos de mayores reservas: Venezuela y Arabia Saudita son las más fortalecidas, sin embargo este potencial no es suficiente, si no existe la capacidad de gestión principalmente de Venezuela, para reponer la certidumbre de cuanto se tiene en prospección.

Por otro lado, los expertos también perciben que la OPEP, continuará ocupando un importante papel en el mercado petrolero, ya que poseen el mayor control de reservas de petróleo (85% de los miembros de la OPEP, lo poseen en reservas probadas), muy a pesar del boom del *shale oil*. De igual manera, afirman que esta organización ha regulado el precio internacional y la tendencia es mantener su empoderamiento. Otros opinan, que la producción petrolera de los países OPEP, ya está comprometida para las próximas décadas, mientras que un menor porcentaje aseguran que van a perder el poder.

En fin, no hay duda que el consumo mundial del petróleo, ha continuado su ascenso a saber, para el año 2006 era de 85 MMbd; 2011, 89 MMbd; 2015, 94,9 MMbd; 2016, 96,2 MMbd; 2018, 99,2 MMbd y para 2019, se estima 100,6 MMbd (Sevilla, 18/09/2019). Esta tendencia se basa principalmente, en poner en marcha la estrategia de formalización de la cooperación entre los países OPEP y algunos países productores no OPEP.

En este sentido, las decisiones del grupo de la OPEP con Rusia y otros países que no son parte del grupo, acordaron volver al 100 por ciento de cumplimiento con los recortes del bombeo, que comenzaron en enero de 2017, tras meses de caída en la producción en Venezuela y otras naciones; Arabia Saudita compensó esa caída con el aumento de su producción, alrededor de 1 millón de Bpd (Lewler, 30/07/2018).

Estas medidas ayudan a una menor volatilidad en los mercados, se prefiere un escenario de precios más estables; pero las fluctuaciones continuarán mientras no haya un plan a largo plazo para la producción. El presidente de la OPEP señala que los países OPEP y no OPEP están trabajando en este plan a largo plazo para la estabilidad del mercado (Krishna, 11/07/2018). En noticias recientes, publicadas en RT (15/09/2019), señala que los principales operadores, pronostican el alza del precio del crudo por encima de los 100 dólares, debido a los ataques contra las plantas de refinerías de Saudi Aramco; por otro lado, otras fuentes agregan que la

Reserva Federal de los EE.UU. recortó las tasas de interés para ayudar a mantener su expansión económica (Ibañez, 19/09/2019).

En relación a la inversión tecnológica para la exploración y explotación de la industria petrolera mundial, principalmente los países OPEP, según opinión del secretario general de la OPEP, Mohammad Barkindo, la industria mundial de crudo debería aumentar gradualmente las inversiones, con proyectos a largo plazo, lo suficientemente sólidos, para ser la base del suministro y el futuro de la industria, a objeto, de reequilibrar el mercado y ofrecer confianza con el futuro de la oferta (citado en Bagirova, 30/05/2018).

De igual manera, Barkindo estima que la inversión requerida para el sector petrolero, para el 2040 oscila alrededor de 10,5 billones de dólares, cifra que permitirá satisfacer la demanda futura, con un estimado de 111 millones de Bpd. No hay duda, que ya existen países, con graves problemas de suministro como es el caso de Venezuela, que en abril del 2018, la producción cayó a 1,50 millones de Bpd, así como, Angola, afectada por declives naturales (citado en Bagirova, 30/05/2018).

En relación a la seguridad energética, los Jefes de Estado de los países miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA), reconocen que el acceso a la energía sostenible es indispensable para la seguridad energética y el desarrollo social y económico de la región. Para tal propósito, se crea la Alianza para el Uso Sostenible de la Energía, donde se propone un fortalecimiento de los mercados regionales para el uso de una energía más limpia y renovable. La estructura del mercado energético en la región es compleja, entre los países productores y países consumidores; para los países productores de energía son las restricciones de inversión, los mercados de deuda y de capitales, aspectos que hacen más difícil las inversiones en suministro energético, para los países consumidores, sobre todo los más pobres, se limita la capacidad para solventar los costos de los servicios energéticos (OEA, 2010).

Igualmente, en la región siguen predominando los combustibles fósiles como fuente predominante: petróleo, gas natural y carbón, tanto para la exportación, como fuente de divisas, así como, para el consumo interno; por otra parte, la Agencia Internacional de Energía, estima que América Latina tendrá que invertir para el 2030, no menos de 1,5% de su PIB, para satisfacer la demanda energética; la región exige un suministro energético cada vez mayor para sostener el crecimiento y desarrollo económico (OEA, 2010).

En particular, la geopolítica energética de Venezuela debe tomar en consideración todos los aspectos de la seguridad energética, así como las políticas relacionadas con la transición energética, es decir, cooperación regional, diversificación de la energía, incentivos a la inversión, investigación y desarrollo en temas relacionados con la energía y uso de tecnologías sustentables, capaces de optimizar la eficiencia energética.

El desafío es suministrar energía respondiendo a los objetivos del desarrollo sostenible, que atenúen las emisiones de CO₂, que a su vez, permitan ir solucionando todas las dimensiones de los objetivos de desarrollo sostenible a través de diferentes acciones: investigación y desarrollo para incorporar energías renovables, programas de educación e incentivos para el uso de tecnologías y de empresas sostenibles, uso eficiente a las tecnologías de información y la comunicación, cooperación regional en el financiamiento de la elaboración de proyectos, entre otros.

Este breve examen del comportamiento del petróleo en el largo plazo invita al diseño de los escenarios posibles, con un sistema de gerencia estratégica para la empresa estatal, eficiente y comprometida a mejorar su cadena de valor, en toda la gestión de la cadena de suministro. La investigación se basa en proponer al Estado venezolano los aspectos relevantes de una futura política energética relacionada con el comportamiento del mercado petrolero mundial al 2040. Estos resultados ayudarían a una acertada toma de decisiones, no obstante, la empresa estatal

venezolana PDVSA, enfrenta serios problemas internos, en cuanto al uso del conocimiento técnico y gerencial, ineficiente disciplina en la inversión de equipos, mantenimiento y continuidad en proyectos técnicamente viables, rentables y sustentables, desviación de recursos con fines distintos a la misión de la empresa, pérdida de personal profesional; en otras palabras, PDVSA en el 2002, contaba con 40.000 personas y producía 3,6 MMbd; para el 2018, pasó a 140.000 personas para una producción de 1,6 MMbd (Toro, 2018).

5. Formulación de escenarios

Los escenarios contextualizan formas de transición del presente hacia el futuro, es decir, describen y analizan variables, eventos, tendencias, estabilidad de los procesos, causa-efecto, rupturas factibles, factores imprescindibles para la toma de decisiones. Igualmente estos escenarios deben estar acompañados de estrategias que visualicen de como orientar los planes y proyectos de largo plazo. En la presente investigación la formulación de estos escenarios se elabora con base en el resultado de la consulta a expertos y planificadores seleccionados, contrastados con la revisión de informes institucionales prospectivos, en un horizonte 2010-2040. De igual manera, el diseño de estos escenarios responde a una visión complementaria entre ellos y no excluyente.

La propuesta de escenarios es pertinente en el arte de gobernar de toda institución u organización, es cuando utiliza el empleo eficiente de recursos y líneas de mando, con estrategias de largo plazo, que sirvan de guía para interpretar las diferentes opciones que orienten el rumbo de la organización, en otras palabras, la prospectiva estratégica “implica un diálogo continuo con el futuro”. La sola formulación de escenarios no es suficiente, debe activarse un equipo para la administración, seguimiento y control de las estrategias en vigencia, y pueden ser susceptibles de ajustes, ante cambios importantes o significativos de los entornos. De allí se deriva que la planificación estratégica es el marco de

referencia que organiza las metas, políticas y los planes de acción (Peñaloza, 2008).

Para abordar los lineamientos estratégicos generales, que permitirán ordenar los escenarios propuestos, relacionada con la consulta realizada a los expertos y los documentos consultados en el área petrolera, se proponen tres escenarios enmarcados en las temáticas abordadas: el primero es Desarrollo y Crecimiento Económico; el segundo, Eficiencia Energética y Ambiente y por último, Geopolítica, Transición y Seguridad Energética, aplicando tres dimensiones para cada escenario: modelo de gestión, estructura del mercado y políticas.

a) Escenario Desarrollo y Crecimiento Económico

Definición. Este escenario pone énfasis en el mejoramiento de la calidad de vida, a través de un consenso nacional para resolver los problemas políticos, económicos y ambientales. Una visión gerencial en el manejo de la cadena productiva del sector petrolero venezolano; con fuentes de inversión en tecnologías que mejoren la productividad económica y financiera, empleo eficiente de recursos y líneas de mando, con estrategias de largo plazo, activación de equipos y tecnologías para la integración de la cadena de suministro de la empresa petrolera venezolana.

Dimensiones:

Modelo de gestión: este modelo estará alineado con la visión, misión, valores y la formulación de estrategias de la empresa estatal PDVSA, cuyo propósito se basa en tres pilares de toda la cadena productiva del petróleo y gas: procesos, talento humano y tecnología. En este escenario, el papel de Venezuela es comprender el comportamiento de los mercados de países industrializados, emergentes y países en desarrollo, en este sentido, el crecimiento de la población mundial va a exigir un mayor uso tecnológico y por ende un crecimiento de la demanda energética. No obstante, a nivel

mundial se prevé una reducción del consumo de los hidrocarburos (principalmente carbón y petróleo), la empresa estatal venezolana PDVSA, debe enfocarse en el desarrollo de la cadena productiva del gas y de energías renovables, debido a la tendencia del incremento del consumo de este recurso en algunos países de Europa y Asia.

Estructura del mercado: conformada por la oferta y la demanda de petróleo en el mercado internacional; la empresa estatal PDVSA, debe recuperar su posicionamiento en el mercado de la OPEP, incrementando su producción interna e invirtiendo en infraestructuras, equipamientos y medios tecnológicos, plantas de generación, producción, extracción y transformación, medios de almacenamiento, transporte, distribución y terminales de acceso; establecer alianzas de cooperación con otros países productores de la región y con otros países del mundo. Es preciso considerar que el mercado del petróleo, actualmente va dirigido no a la quema de combustibles, sino más bien a productos derivados de la petroquímica, es decir, se perfila una disminución del consumo de combustibles fósiles producto de una mayor eficiencia energética en el sector transporte.

Políticas: PDVSA debe considerar alianzas con inversionistas, ajustar estrategias en cuanto a costos de exploración, producción y precios de mercado, asegurar el crecimiento futuro de la oferta, en cuanto a la inversión tecnológica, para la exploración y explotación de la industria petrolera, con proyectos a largo plazo, para ser la base del suministro y el futuro de la industria. Desarrollar la industria del gas como recurso energético, para satisfacer las necesidades internas, su uso en los procesos de conversión profunda de los crudos extra pesados de la Faja del Orinoco y su exportación como gas natural licuado. Establecer políticas en cuanto a las reservas con una plataforma institucional, que estime diferentes índices de explotación de reservas y productividades en los diferentes yacimientos, a objeto de esclarecer los riesgos y más transparencia en el diálogo con los países consumidores y las corporaciones.

b) Escenario Eficiencia Energética y Ambiente

Definición: en este escenario, el reto es perseguir la sostenibilidad energética, a pesar del incremento de una tensión geopolítica internacional, originada por el manejo arbitrario entre países productores y países consumidores de los recursos naturales. De igual manera, es preciso considerar el dictado del mercado energético que apunta a un mayor uso del gas y biocombustibles; en este sentido, es importante examinar el futuro de las reservas de los hidrocarburos frente a los inminentes cambios en el sector energético tales como: innovadores sistemas gerenciales en las empresas relacionadas con la producción de energía, incremento de siembras de cultivos agrícolas destinados a la producción de combustibles (biodiesel, etanol...), desarrollo de fuentes energéticas renovables, entre otros.

Dimensiones:

Modelo de gestión: esta dimensión debe aprovechar la disminución de los costos de las energías renovables en el mundo, en este sentido, es preciso incentivar las inversiones en las organizaciones tanto públicas como privadas para producir energías, con importantes avances tecnológicos, principalmente en petróleo, gas y energías renovables como el viento y la energía solar. De hecho, el continuo y rápido crecimiento de las energías renovables está conduciendo a la mezcla de combustible más diversificada, jamás vista. Abundantes y diversificados suministros de energía harán un mercado desafiante; algunos pronósticos anuncian, que así aumenten los precios del petróleo, el enfoque en la eficiencia, fiabilidad y disciplina del capital, es en este momento, un hecho ineludible.

Estructura del mercado: en esta dimensión Venezuela tiene que observar el comportamiento del mercado de China, con un gran aumento de las energías renovables, cuya estructura contrasta con los últimos 20 años, el cual utilizó abundante energía, para impulsar la rápida industrialización. Es más, se prevé que la

demanda de energía de China crecerá solo un 1,5% p.a. hasta el 2040, implicando desaceleración del crecimiento de la demanda y reducción de las emisiones de carbono. En cuanto a los países industrializados, EE.UU. y la UE comienzan la perspectiva con mezclas de combustibles diversas y comparten trayectorias similares de disminución de las inversiones de carbón y petróleo, compensadas por el uso creciente de energías renovables y el gas natural. Además, en esta dimensión se toma en cuenta, los problemas relacionados con el cambio climático, la disminución de los automóviles de combustión, el incremento del diseño y producción masiva de carros eléctricos, entre otros.

Política: Venezuela tiene que estar atenta, respecto a las políticas del sector energético mundial: los gobiernos de 187 países, firmaron la Convención de Cambio Climático de Naciones Unidas, comprometiéndose a no sobrepasar los dos grados de temperatura del planeta, a partir del 2020. Hay países que son contundentes, por ejemplo Noruega, aplicará políticas de prohibir todo tipo de autos de combustión en el centro de su capital para el 2019, dejar de vender autos con gasolina o diesel, para el 2025. Mientras que China, ha establecido que el 10% de la producción de autos sea eléctrica, cifra que subirá a 12% en 2020 y aplicando un sistema de cuotas en 2019, con carácter de obligatoriedad. En 2040 se estima que existirá una flota de 150 millones de carros eléctricos, en este sentido, se le recomienda a la industria de hidrocarburos venezolana, que las tendencias de sus políticas sea el de acelerar el empleo de tecnologías de bajo carbono, para mejorar la eficiencia energética en todos los sectores y evitar un aumento en la temperatura global.

c) Escenario Geopolítica, Transición y Seguridad Energética

Definición: para afrontar la transición energética en el mundo, Venezuela necesita un plan estratégico de Geopolítica Energética de largo plazo, cuyo propósito es desarrollar el negocio petrolero y gasífero, visualizando cambios en la configuración tecnológica

e intensificando la industria petroquímica; además de establecer un marco legal que propicie la participación efectiva de los inversionistas privados, nacionales o foráneos por igual. Las reservas, de Venezuela y Arabia Saudita son las más fortalecidas, sin embargo, este potencial no es suficiente si Venezuela no asume la capacidad de gestión, para planificar y administrar el manejo de sus reservas, además de reponer la certidumbre de cuánto se tiene en prospección. En relación al posicionamiento del mercado petrolero, la OPEP, continuará ocupando un importante papel ya que poseen el mayor control de reservas de petróleo; en este sentido, los países productores OPEP y no OPEP, actualmente, trabajan conjuntamente con un plan a largo plazo, para la estabilidad del mercado, ya que se prefiere un escenario de precios más estables.

Dimensiones:

Modelo de gestión: encauzar la economía venezolana hacia un mercado abierto y de libre competencia, capaz de atender la creciente demanda industrial mundial de productos no quemados, productos con alto valor agregado. Es decir PDVSA, tal como lo señala Peñaloza (2008), tiene que priorizar las inversiones extranjeras y privadas nacionales, producir insumos e infraestructura a precios competitivos con proyectos rentables y sostenibles. Igualmente, promoverse con empresas comercializadoras de alcance internacional, en la colocación de productos de la industria, a objeto de establecer programas de evaluación de los sistemas de control y calidad, apoyo técnico al fabricante, normalización corporativa, eliminando al mismo tiempo la vulnerabilidad en la producción, ante la dependencia de insumos importados.

Políticas: Venezuela debe considerar en sus políticas gubernamentales, la seguridad energética, a objeto de formular planes y programas más específicos, a saber: energías fósiles, biocombustibles, energías renovables (hidráulica, eólica, solar, geotérmica, entre otras). Así como, la identificación de algunos

factores que inciden en la seguridad energética, por ejemplo en el factor tecnológico, debe incluir el *know-how*, patentes y la I+D; en lo jurídico, seguridad jurídica, transparencia de las contrataciones y en lo político, desarrollar competencias institucionales y líneas de gobierno con el sector externo, mediante tratados internacionales y manejo de conflictos. En cuanto a las políticas ambientales, la energía renovable es la fuente de energía de más rápido crecimiento, representa más del 40% del aumento en el suministro de energía y la mayor contribución de cualquier fuente de energía. Este pronóstico debe ser considerado por PDVSA, en donde el incremento en la proporción de las energías renovables es un hecho importante, principalmente por el incremento de las emisiones de CO₂ y la reducción de los costos de producción de las renovables.

6. Conclusiones

El desempeño gerencial de PDVSA ha sido muy cuestionado, poco competitivo y dominado por la crisis de financiamiento, acceso a la tecnología y personal capacitado. En este sentido, el propósito de la investigación fue la de visualizar el futuro de la empresa, consultando a expertos petroleros y contrastándolos con estudios prospectivos energéticos de instituciones relacionadas. A tal efecto, se diseñaron escenarios que orienten a la industria, para una estratégica toma de decisiones.

El primer escenario, se denominó *desarrollo y crecimiento económico*, cuyo propósito es mejorar la calidad de vida a través de un consenso para resolver problemas políticos, económicos y ambientales. Siendo el petróleo un recurso dinamizador de la economía, es pertinente optimizar su cadena productiva, no obstante, a nivel mundial se prevé una reducción del consumo de los hidrocarburos (principalmente carbón y petróleo), de tal manera que PDVSA, debe enfocarse también en el desarrollo de la cadena productiva del gas y de energías renovables.

El segundo escenario, se tituló *eficiencia energética y ambiente*, el cual señala que cada vez más los países del mundo, y entre ellos los miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA), apuntan hacia la sostenibilidad energética, indispensable para la seguridad energética y el desarrollo social y económico de la región. Los pronósticos indican un mayor uso del gas y biocombustibles, fortalecimiento de las instituciones e implementación de marcos normativos en el uso de energías renovables (eólica y solar) y mejoras en la eficiencia energética. Venezuela debe estar vigilante ante las tendencias de estas políticas con el empleo de tecnologías de bajo carbono.

El tercer escenario, se denomina *geopolítica, transición y seguridad energética*, tiene como propósito afrontar la transición energética en el mundo, para ello Venezuela necesita un plan estratégico de geopolítica energética de largo plazo, desarrollando el negocio petrolero y gasífero, intensificando la tecnología, sobre todo en la industria petroquímica. Además, debe mantener el posicionamiento del mercado petrolero, puesto que la OPEP continuará ocupando un importante papel en la estabilidad del mercado petrolero.

Por último, la transición energética en el mundo es un hecho. Venezuela ante los cambios de políticas y tecnologías, debe incluir un modelo de empresa energética que gestione su desempeño con criterios de sustentabilidad, en ahorro de costos y mejora de la competitividad, reducción de riesgos, valoración del conocimiento, retornando el valor al mérito, confianza a los inversionistas, claridad, disciplina y constancia en el cumplimiento de las contrataciones, motivación a los empleados y seguridad jurídica.

7. Notas

1. Proyecto disponible en <https://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/investigación>

2. El factor de recobro representa el porcentaje de la totalidad del petróleo bajo tierra en un área determinada, extraíble, con rentabilidad económica y en uso de la tecnología más adecuada, por lo tanto, reserva no es el petróleo por debajo de la superficie sino el extraíble o recuperable. Disponible en: <http://www.correodelorinoco.gob.ve/factor-recobro-opinion/>
3. Encuesta disponible en <https://webdelprofesor.ula.ve/economía/gsfran/investigacion>

8. Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente (2017). *La energía en Europa: situación actual*. Consultado: 12/05/2018. Disponible (online): <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-en-europa-situacion-actual>.
- Agencia Internacional de Energía (2016). *World Energy Outlook 2016*. Consultado: 02/08/2018. Disponible (online): <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>. DOI: 10.1787/weo-2016-en.
- Agencia Internacional de Energía (2017). *World Energy Outlook 2017*. Consultado: 02/08/2018. Disponible (online): https://www.oecd.org/about/publishing/Corrigendum_EnergyOutlook2017.pdf. DOI: 10.1787/weo-2017-en.
- Bagirova, Nailia (2018). *Jefe de la OPEP advierte sobre bajo nivel de inversión en la industria petrolera mundial*. Reuters. Consultado: 28/10/2019. Disponible (online): <https://lta.reuters.com/articulo/petroleo-opec-inversiones-idLTAKCN1IV1HH-OUSLT>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2015). "El BID invierte US\$ 4.400 millones en sostenibilidad ambiental y cambio climático". *Diario Sustentable*. Consultado: 16/07/2018. Disponible (online): <https://www.diariosustentable.com/>

- archivo/el-bid-invierte-us4-400-millones-en-sostenibilidad-ambiental-y-cambio-climatico/.
- Baptista, Asdrúbal (1997). *Teoría Económica del Capitalismo Rentístico: economía, petróleo y renta*. Caracas: Ediciones IESA, 166 pp.
- Bloomberg News (2018). "Los carros eléctricos se triplicarán en dos años en todo el mundo". *El Espectador*. Consultado: 09/09/2018. Disponible (online): <https://www.elespectador.com/economia/los-carros-electricos-se-triplicaran-en-dos-anos-en-todo-el-mundo-articulo-791555>.
- British Petroleum (BP p.l.c.) (2018). *BP Energy Outlook – 2018*. Consultado: 13/04/2018. Disponible (online): <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>.
- Consejo de la Unión Europea (2016). *Acuerdo de París sobre el cambio climático*. Consultado: 13/04/2018. Disponible (online): <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/timeline/>.
- Energy Information Administration (EIA) (2001). *Annual Energy Review 2001*. Consultado: 24/10/2018. Disponible (online): <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/archive/038401.pdf>.
- Exxon Mobil (2017). *Outlook for Energy: A View to 2040*. Consultado: 25/08/2018. Disponible (online): https://cdn.exxonmobil.com/~/_media/global/files/outlook-for-energy/2017/2017-outlook-for-energy.pdf.
- Exxon Mobil (2018). *Outlook for Energy: A View to 2040*. Consultado: 25/08/2018. Disponible (online): https://www.iagc.org/uploads/4/5/0/7/45074397/2018_energy_outlook_-_iagc_annual_conference_final_-_chris_birdsall.pdf.
- El Sitio Avícola (2011). *Proyecciones agrícolas al 2020: biocombustibles*. Consultado: 15/07/2016. Disponible (online): <http://www.elsitioavicola.com/articles/1963/proyecciones-agracolas-al-2020-biocombustibles/>.

- Global EV (2019). *Outlook de la Agencia Internacional de Energía (AIE)*. Consultado: 26/02/2018. Disponible (online): <https://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/>
- Godet, Michel (2007). *Manuel de prospective stratégique: Une indiscipline intellectuelle (Tome 1)*. Paris: Editeur Dunod, 279 pp.
- González, Itzel (2007). *Escenarios Exploratorios: Como herramienta para la evaluación de negocios en marcha*. Consultado: 24/10/2019. Disponible (online): <https://es.scribd.com/document/87111785/escenarios-exploratorios>.
- Ibañez, Rudy (2019). "Precio del petróleo se dispara debido a riesgo de suministro en Arabia Saudita". *Israel Noticias*. Consultado: 24/10/2019. Disponible (online): <https://israelnoticias.com/economia/precio-petrolero-ataque-arabia-saudita/>.
- Krishna, Devika (2018). "OPEP no quiere ver volatilidad en el mercado petrolero, dice su presidente". *Reuters*. Consultado: 24/10/2019. Disponible (online): <https://lta.reuters.com/articulo/businessNews/idLTAKBN1K2017-OUSLB>.
- Lawler, Alex (2018). "Producción OPEP toca máximo 2018 en julio, cifra final impactada por déficit: sondeo Reuters". *Reuters*. Consultado: 24/10/2019. Disponible (online): <https://lta.reuters.com/articulo/businessNews/idLTAKBN1KK1Q6-OUSLB>
- Maza, Domingo (2009). *La década crítica de la economía venezolana 1998-2007*. Caracas: CEC, S.A., 256 pp.
- Medina, Javier y Ortegón, Edgar (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: Bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), 439 pp.
- Monaldi, Francisco (2012). "La Industria Petrolera Venezolana: una nueva oportunidad histórica". *Revista Debates IESA*, XVII, 2 (abril-junio), pp. 10-17.

- Organización de Estados Americanos (OEA) (2010). *Seguridad energética para el desarrollo sostenible para las Américas*. Consultado: 21/06/2019. Disponible (online): http://www.summit-americas.org/GA09_CD/add_ini_pb_energy_sec_sust_sp.pdf.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2017). *World Oil Outlook 2040*. Consultado: 12/10/2018. Disponible (online): https://www.opec.org/opec_web/flipbook/WOO2017/WOO2017/assets/common/downloads/WOO%202017.pdf.
- Peñaloza, Humberto (2008). *Estrategia petrolera venezolana a largo plazo (2030)*. Consultado: 19/12/2016. Disponible (online): https://www.svip.org/files/Estrategia_Petrolera_a_largo_plazo.pdf.
- RT (2019). "La bolsa saudita se desploma y los analistas predicen que el precio del petróleo "va a saltar" contra los ataques de drones de Saudi Aramco". *RT*. Consultado: 23/10/2019. Disponible (online): <https://actualidad.rt.com/actualidad/327160-bolsa-saudita-desploma-precio-petroleo-saltar-ataque-aramco>.
- Sevilla, Beatriz (2019). *Precio medio del crudo fijado por la OPEP. Etatista*. Consultado: 24/10/2019. Disponible (online): <https://es.statista.com/estadisticas/635114/precio-medio-del-crudo-fijado-por-la-opep/>.
- Toro, José (2018). *PDVSA es la causa del empobrecimiento de Venezuela*. Consultado: 11/09/2018. Disponible (online): <https://es.panampost.com/sabrina-martin/2018/03/28/pdvsa-empobrecimiento-venezuela/>.

El criptoactivo venezolano Petro y su valoración como criptomoneda e instrumento financiero

The Venezuelan crypto asset Petro and its assessment as cryptocurrency and financial instrument

José del Carmen Hernández Jaimes*

Códigos JEL: E49, H41, H69, K29

Recibido: 15/05/2019, Revisado: 18/06/2019, Aceptado: 30/06/2019

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar la funcionalidad, vigencia y repercusión del criptoactivo Petro en el actual contexto venezolano y su proyección en el mundo financiero, buscando evaluar si este criptoactivo venezolano representa a un instrumento mercantil. El tipo de investigación fue documental, explicativo, ya que se llevó a cabo una revisión sistemática, rigurosa y profunda de las fuentes documentales existentes, impresas o digitales, con énfasis en las notas de prensa, opiniones y análisis que especialistas en la materia han publicado al respecto. Concluyendo que el Petro no representa un activo digital fuerte en la consumación de captación de capitales como títulos de crédito, menos aún como herramienta de intercambio comercial debido a su realidad técnica, financiera y jurídica.

Palabras claves: criptoactivo, Petro, títulos de crédito, tecnología.

Abstract

The objective of the present study was to analyze the functionality, validity and impact of the crypto asset Petro in the current Venezuelan context and its projection in the financial world, in order to assess if this Venezuelan crypto asset in fact represents a commercial instrument. The type of research was documentary, explanatory, given that a systematic, thorough and profound review of the existing documentary sources (printed or digital) was carried out, particularly of the press releases, opinions and analysis published by experts on the subject. The study arrived to the conclusion that the Petro does not represent a strong digital asset in the fulfillment of raising capital as negotiable instruments, let alone as a commercial exchange tool due to its technical, financial and legal reality.

Key words: crypto asset, Petro, negotiable instrument, technology.

* MSc. En Ciencias de la Educación por la Universidad Valle del Mombuy. Subsistema de Educación Media General, MPPPE. Mérida, Venezuela. Teléfono: (58) 04147400270. Correo electrónico: jaimesagrohistoria@gmail.com.

1. Introducción

Las criptomonedas nacen como sistemas descentralizados ajenos al control económico de las diferentes instituciones financieras y Estados, sin embargo, motivado al creciente boom que han experimentado las monedas digitales, que están en su mejor momento, ha llevado a algunos gobiernos a ver con buenos ojos la creación de criptomonedas estatales. Países como China, Estonia, Irán, Rusia, Suecia, Suiza, Israel, Canadá y Venezuela, entre otros, han analizado para sus economías esta opción evaluando sus ventajas y desventajas, lo que ha llevado a muchas de estas naciones a manifestar su intención de desarrollar este tipo de activos, al punto incluso de llegar a emitir sus propias monedas virtuales o algún tipo de criptoactivo, convirtiéndose así en una tendencia mundial pese a los cuestionamientos que reciben.

China representa un caso emblemático al respecto, es un país que ha registrado en los últimos años una creciente dinámica en las operaciones con monedas virtuales, situación que ha obligado al gigante asiático a fijar una postura en torno a esta actividad financiera, propiciando posiciones encontradas. En el 2017 el Banco Popular de China, restringió las transacciones con criptomonedas, básicamente, por el elevado consumo de energía eléctrica que demandan, por encontrarse fuera de la regulación internacional, por no estar contempladas en el sistema jurídico local y por la facilidad y relativa independencia en que se efectúan sus operaciones que permitirían en cierta forma ser aprovechadas como plataforma para actividades ilícitas, no obstante, a esta misma institución bancaria se han asociado informaciones recientes que llevarían a pensar que su gobierno está planeando lanzar una criptomoneda propia, lo que podría convertirle en el primer banco central en emitir moneda digital (Aguedo, 2019).

Cabe destacar, que las intenciones para acoger estos proyectos por parte de los gobiernos son diversas, van desde evadir sanciones o restricciones internacionales, recibir inversión

o financiamiento extranjero, reemplazar el uso de dinero efectivo, hasta ponerse a la vanguardia en tecnología financiera. En este contexto, el Estado Venezolano ha presentado al mundo financiero un proyecto que pudiera ser calificado, por algunos, de novedoso y esperanzador convirtiéndose en un elemento estabilizador de la economía que neutralice la influencia del dólar paralelo y ponga fin a la devaluación y la especulación, y por otros, de absurdo e irracional, tan fracasado como el devaluado bolívar (Bs). Nos referimos a la implementación del criptoactivo llamado Petro, instrumento financiero que busca emular la suerte de sus numerosos predecesores, y convertirse en un activo digital para la obtención de capitales y el pago e intercambio comercial, lo cual ha despertado, por múltiples razones, la curiosidad de propios y extraños, entendidos o no en la materia.

Desde su origen, es preciso señalar que goza de una corta vida expuesta a un sinfín de avatares, en la retórica discursiva oficialista ha recibido un importante impulso mediático, que la presentó al público en sus inicios como una notable herramienta de referencia en cuanto al precio de operaciones administrativas estatales, de bienes y servicios, o el pago del salario legal mínimo, sin embargo, a un año de la promulgación de su plan de ejecución, el mencionado criptoactivo ha desaparecido sorpresivamente del discurso oficial, ni el gobierno, ni entidad alguna se pronuncian al respecto, menos aún ofrecen balances de su financiamiento, se ha convertido en todo un misterio, por tanto, su adquisición es casi ilusoria, bien por el poco tiempo que tiene en circulación y sus respectivas trabas burocráticas, o bien por su extraño desempeño como criptomoneda, su escasa credibilidad y por el reducido interés económico que despierta en sus potenciales consumidores.

A pesar de las ofertas del gobierno venezolano en lograr que el Petro sirva para pagar desde impuestos, importaciones, inmuebles, hospedaje en hoteles, hasta pasajes aéreos internacionales, es un hecho, que la criptomoneda no es usada en la práctica para adquirir bienes y servicios, ni en el país, ni mucho menos fuera de él.

En este contexto, cobra importancia evaluar si la aplicación de este criptoactivo como instrumento de obtención de capitales, pago e intercambio comercial es realmente funcional y redituable en el tiempo, y cuáles son las intenciones reales que persigue el gobierno venezolano con su creación, contemplando para ello las especificaciones técnicas, económicas y jurídicas que reviste su funcionamiento, entendiendo que el Petro no califica como criptomoneda, que es el recurrente calificativo dado por el gobierno y ampliamente promocionado, por esta razón, la presente investigación procura como objetivo analizar la funcionalidad, vigencia y repercusión del criptoactivo Petro en el actual contexto venezolano y su proyección en el mundo financiero, buscando ofrecer una respuesta congruente a la pregunta de si este criptoactivo venezolano realmente encarna a un instrumento financiero o comercial eficiente.

Con referencia a lo anterior, a los efectos de materializar tal pretensión el estudio a realizar se circunscribió metodológicamente en una investigación de tipo documental, en su nivel explicativo, que permitió al investigador analizar en el ámbito tecnológico, económico y jurídico la puesta en marcha de la moneda virtual Petro como instrumento de pago e intercambio comercial, con el fin de valorar su viabilidad e implicaciones reales como herramienta financiera, tanto en el plano local como internacional, durante los catorce (14) meses que lleva de funcionamiento. En consecuencia, el diseño de la misma se ubicó dentro de una investigación documental, en cuanto a que se llevó a cabo una revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental existente de cualquier clase, impreso o digital, muy especialmente las notas de prensa, opiniones y análisis que especialistas en la materia han publicado al respecto, siendo recopilada, seleccionada y analizada toda la información posible que se desprendió del mismo vinculante a la temática, para alcanzar resultados coherentes que permitieron su conocimiento y una ajustada comprensión.

De manera que, se ha estructurado el contenido del artículo, para la disertación de ideas, en cuatro apartados, en primer lugar, se expondrán algunas consideraciones iniciales acerca de las criptomonedas, conceptualizando, describiendo y caracterizando todo lo referente al mundo de estos activos digitales; en segundo lugar, se identificarán las regulaciones existentes que la norman para su creación y uso en el contexto internacional y muy especialmente en el plano local en lo que refiere al Petro; en tercer lugar, se analizarán las discrepancias técnicas y funcionales existentes con respecto a este criptoactivo, precisando su naturaleza técnica y financiera, ubicándolo en el lugar que le corresponde, con sus respectivas derivaciones, dentro del creciente mundo de negocios que representa esta alternativa económica; y finalmente, descrito el contexto bajo el cual opera este criptoactivo se hace necesario evaluar su funcionalidad, utilidad y vigencia, para someter sus efectos reales a comprobación como herramienta financiera.

2. Consideraciones iniciales acerca de las criptomonedas

En los últimos años, en materia financiera internacional se ha incorporado un nuevo concepto, un tanto ajeno para los venezolanos, y latinoamericanos en general, por su escasa funcionalidad, pero de relativa importancia en las transacciones comerciales y de transferencias de activos como lo son las monedas virtuales, que surgen como divisa alternativa a las monedas nacionales oficiales o dinero fiduciario aquel que los Estados históricamente han usado, individual o conjuntamente, como unidad de cuenta de medición de valor de cambio para sus transacciones económicas locales u actos financieros en los distintos niveles de su economía, ya sea privada o estatal, a pequeña o a gran escala, de las cuales poseen el monopolio de su emisión, estando caracterizadas por no poseer valor intrínseco alguno, si no fuera declarado dinero de curso legal.

Nos referimos específicamente a las Criptomonedas o Criptodivisas, ejemplo de ellas el *bitcoin*, *cash*, *litecoin*, *ripple*, *dogecoin*

y *dash*, existe una gran variedad, unas con mayor capitalización que otras, las cuales gozan por su naturaleza descentralizada de la particularidad de encontrarse fuera del control de los gobiernos, bancos centrales o instituciones financieras, conformando un incipiente mercado en el que cada vez más se invierte y se utiliza para gestiones económicas, ya que pueden ser intercambiadas y operadas como cualquier otra divisa tradicional para comerciar bienes y servicios, claro está, respetando sus propias tecnologías, características, protocolos y aplicaciones, encontrándose en consecuencia su valor no vinculado exclusivamente al comportamiento de una economía concreta, depende más bien del compromiso de sus usuarios por mantener su precio, ya que “carecen de valor intrínseco y la única razón para poseerlas es el convencimiento de que en algún momento se podrán intercambiar por bienes o servicios” (Bech y Garratt, 2017, p. 3).

El Banco Central Europeo en referencia a las criptodivisas, en su informe de febrero de 2015 sobre monedas virtuales, las define como: “La representación digital de valor, no emitida por ninguna autoridad bancaria central, institución de crédito o emisor de dinero electrónico reconocido, que, en ciertas ocasiones, puede ser utilizada como medio de pago alternativo al dinero” (Banco Central Europeo, 2015, p. 25) posibilitando la adquisición de bienes y servicios. En tal sentido una criptomoneda:

Se almacena en un monedero electrónico, que le permite realizar las operaciones de compra y venta a que haya lugar. La tasa de cambio está dada por la percepción de valor que le dan los usuarios que las utilizan como mecanismo de transacción, ya que no existe un ente que determine su precio (Sarmiento y Garcés, 2016, p. 153).

Por consiguiente, son habitualmente tratadas como una materia prima, una inversión cuyo retorno proviene de la especulación en torno a las alzas y bajas en su cotización, considerándose activos digitales cuyo valor depende de lo que los usuarios estén dispuestos a pagar por ellas. Dichos activos integran la expresión

de monedas virtuales, confundidas ocasionalmente con el término de moneda digital, “que en realidad es un género (que incluye también la representación digital del dinero *fiat* conocido como *e-money* o moneda electrónica), del cual las monedas virtuales son una especie” (Lepervanche, 2018, pp. 347-348), en otras palabras, las monedas digitales abarcan tanto las monedas virtuales como a las electrónicas.

La esencia de estas monedas virtuales gravita en “su desempeño en el mercado, de la competencia libre, que en el juego de la oferta y la demanda permite que emerja su precio” (Abarca, 2018, p. 1), no siendo amparadas por institución financiera alguna o en activos físicos de ningún tipo “la mayoría de las denominadas criptomonedas no son obligaciones reconocidas legalmente por una persona jurídica o institución que las respalde y que responda por cualquier fraude o falla en sus esquemas” (Arango, Bernal, Barrera y Boada, 2017, p. 2). Por tanto, la confianza que despierta en los agentes económicos, deriva de la robustez y transparencia que permite la tecnología que las patrocina y las operaciones que efectúa, y es este nivel de confianza el que determina su valor, el cual está expuesto permanentemente a fluctuaciones.

Generalmente, todo proyecto de marketing, negocios o tecnología basado en criptomonedas inicia con la conformación de su libro blanco (*White Paper* en inglés) que representa el documento explicativo génesis contentivo de toda la información técnica y financiera sobre el proyecto en cuestión, constituyéndose en una oportunidad para que el emisor exponga todas las condiciones de su creación y funcionamiento, con el objeto de ganar confianza en los futuros usuarios informando y persuadiendo sobre detalles acerca de la criptomoneda.

De acuerdo a estos razonamientos, es posible identificar inicialmente algunas de sus características:

- a) Como cualquier otra divisa, permite ser cambiada por bienes y servicios igual que hacemos con las monedas tradicionales que son su valor de referencia, incluso existe un mercado -no

- oficial- de criptomonedas y casas de intercambio (*exchanges* en inglés) que generan transacciones rápidas y de bajo costo.
- b) Son un tipo de moneda digital, no la podemos tocar, por tanto, para realizar pagos con ellas es necesario tener una billetera, cuenta o monedero virtual (*wallets* en inglés) que las contenga y pueda ser manejado por medio de una computadora o de aplicaciones en teléfonos celulares.
 - c) Son divisas globales o de acceso universal, ajenas a la economía o políticas de un país concreto, todo el mundo puede acceder a ellas sin intermediarios y transferir instantáneamente a cualquier persona en cualquier lugar del mundo.
 - d) Son de carácter anónimo o pseudoanónimo, no es necesario revelar la identidad al hacer negocios, preservándose así la privacidad de sus usuarios.
 - e) Son descentralizadas y privadas, pues no dependen de una autoridad monetaria que realice la emisión, es creada por particulares, lo que hace que reciban poca influencia de políticas monetarias y que no goce de respaldos en activos físicos.
 - f) Finalmente, son volátiles, suelen experimentar significativos movimientos de precio de manera repentina, por esta razón se limita su emisión para incentivar su acumulación, ya que su escasez relativa acumula valor.

Conviene destacar, que estos medios digitales de intercambio, en conjunto superan las 1000 criptomonedas, tienen una circulación superior a los 100 mil millones de dólares y son ofertadas previamente a una velocidad también definida con anterioridad y conocida públicamente (Cámara Argentina de Comercio y Servicios, 2017). En concreto, para enero de 2018 ya existían más de 1.384 diferentes criptomonedas, para abril del mismo año había más de 1.500 y esa lista sigue en aumento (Bouveret y Haksar, 2018; Zhao, 2018). Sorprende, cómo en tan corto tiempo se han multiplicado a razón de una (01) moneda cada dos (02) días, ya que su origen está relacionado al nacimiento del bitcoin a principios del

2009 primera criptodivisa que es lanzada al mercado, a partir de su creación nacieron “múltiples criptodivisas que se conocen como *altcoins*, término que se usa para acuñar la abreviatura de “bitcoin alternativas”. La mayoría de *altcoins* esperan sustituir o mejorar de una u otra forma al menos un componente bitcoin” (Sarmiento y Garcés, 2016, p. 153).

Significa entonces, que el uso de las criptomonedas se encuentra en franco auge y han llegado a reconfigurar la forma de comercializar los productos y servicios, especialmente en los países de primer mundo donde las opciones para comprar con monedas digitales se multiplican exponencialmente a través de tiendas *online*, es posible hoy pagar salarios, servicios de telefonía e internet, solicitar asesoría legal o adquirir pizzas y zapatos, las grandes compañías del mundo digital como Microsoft o Dell han dado un voto de confianza a esta forma de pago y ya la contemplan a la hora de facturar sus productos, se abren más posibilidades para el consumidor, manifestándose así como una importante innovación en el manejo del dinero electrónico. Dicho de otro modo, “el uso tradicional del dinero físico es uno de los elementos en donde la tecnología comienza a modificar el campo de juego” (Oglietti y Kucher, 2018, p. 61).

De tal modo, es posible afirmar que la moneda virtual es una nueva herramienta que funcionará de forma complementaria a la banca móvil en reemplazo del dinero físico, aunque parece improbable que desplacen a las monedas soberanas, que cada día va ganando más fuerza en el mercado internacional, claro que con un cierto grado de incertidumbre y escepticismo, pero al final todo nuevo método tiene un cierto porcentaje de desconfianza hasta que se pueda definitivamente adaptar o ser rechazada por la sociedad (López, 2018), dado que, pese al furor que experimentan “aún no cumplen [plenamente] las funciones básicas del dinero como reserva de valor, medio de intercambio y unidad de cuenta” (Bouveret y Haksar, 2018, p. 27).

En este punto, resulta oportuno recalcar el conjunto de procesos que son necesarios para validar y procesar las transacciones que se llevan a cabo con las criptomonedas, es decir la minería de criptomonedas u oferta de criptoactivos, que funciona como mercado auxiliar en la obtención de estas monedas virtuales y como mecanismo de vigilancia de sus operaciones, cada una actuando a su manera bajo técnicas criptográficas (de ahí el término cripto-moneda), para verificar y ofrecer nuevas unidades a partir de la resolución de algoritmos matemáticos que tienen como objetivo cifrar información, utilizando un registro de contabilidad público de todas las unidades de una criptomoneda que hay en el mercado, y de todas las operaciones y transacciones realizadas (pagos y cobros) dentro de una red de miles de ordenadores o base de datos (llamado *blockchain* en inglés, o cadena de bloques en español) para así, lograr que cada transacción que se realice sea segura y privada.

De manera que, el propósito de los mineros es recopilar las últimas transacciones en bloques o conjuntos de transacciones verificadas y encontrar una solución a un complejo algoritmo, garantizando la seguridad informática del sistema manteniéndolo aislado de la posibilidad de hackeos, con lo cual logran conseguir una retribución en criptomonedas, en cantidad fija y variable según el criptoactivo que los ocupe, operación que conlleva a un proceso continuo condicionado a los resultados alcanzados en los algoritmos anteriores para efectuar el siguiente cálculo y de la disposición de un conjunto de recursos tecnológicos (computadoras especializadas con potentes procesadores y acceso a la web) que permiten llevar a la práctica esta actividad tecnológica.

Ahora bien, originalmente los futuros emprendedores de criptomonedas que no disponen de sus propias tecnologías (*exchanges, wallets* o plataformas basadas en el *blockchain*) impulsan sus proyectos a través de otros mecanismos de oferta, es decir previo a la dinámica de sus mercados y a la actividad de minería recurren a una preventa o al proceso de Oferta Inicial de Monedas (ICO por

sus siglas en inglés) para impulsar la participación de inversores y la recaudación de fondos para su financiación, utilizando plataformas alternativas como el *blockchain* de *Ethereum*, de manera que, las criptomonedas pre emergentes o en desarrollo son vendidas en una etapa inicial bajo la modalidad de “tokens”, otra clase de criptoactivo, como futuras unidades de la moneda, las cuales son cambiadas por dinero fiduciario u otras criptomonedas, a partir de la esperanza y la expectativa que el proyecto pueda generar, pues desarrollada la plataforma tecnológica prometida, estos “tokens” servirán como una especie de fichas, pseudomonedas o vales para ser cambiados por algún recurso o función especial que ofrezca la nueva plataforma, incluso en algunos casos se obtienen acciones en el proyecto o derecho de participación de los ingresos futuros. Como puede observarse las ICO son consideradas inversiones a futuro altamente riesgosas por la escasa garantía que ofrecen, de hecho buena parte de ellas no sobreviven después de algunos meses de la oferta, sin embargo son mecanismos de financiación que desde el nacimiento del bitcoin han generado miles de criptomonedas alternativas.

Por consiguiente, en cuanto a los actores que intervienen en el sistema, es posible distinguir básicamente dos tipos de participantes, los usuarios normales, quienes compran y pagan bienes y servicios utilizando criptomonedas; y los mineros, que son usuarios especiales que dedican conocimiento y facultades de cómputo a validar nuevas transacciones, creando lo que se conoce como bloques de transacciones, quienes son recompensados por los cálculos que realizan (Instituto Nacional de Ciberseguridad, 2014).

Visto de esta forma, el mundo financiero evidencia la existencia de una clase de activo digital representado en las criptomonedas, personificadas por el bitcoin como su mejor prototipo y otras monedas designadas genéricamente como *altcoins* que utilizan la misma tecnología. Considerando sus características y el proceso bajo el cual funcionan, es preciso subrayar la existencia de variantes, tipos de monedas virtuales que operan bajo protocolos tecnológicos

similares que en esencia conservan la taxonomía del dinero pero lo hacen bajo preceptos un tanto distantes a sus predecesoras, surgen así, por ejemplo, criptomonedas en manos de bancos centrales o por iniciativas de gobierno, respaldadas en activos físicos, que pueden ser de acceso universal o restringido, totalmente centralizadas, dirigidas al público en general o exclusivamente a instituciones financieras, con lo cual se configura una realidad monetaria digital bastante diversa, que dejaría abierta la posibilidad de calificarlas o no de criptomonedas en sentido estricto, por lo ya descrito hasta el momento. En todo caso, “las criptomonedas y las “cadenas de bloques” (*blockchain*) son, por esencia, tecnologías distribuidas y descentralizadas (...) cualquier tipo de centralización la desvirtúa o limita sus posibilidades” (Gómez, 2018, p. 55).

3. Regulaciones de las criptomonedas y del denominado criptoactivo Petro

Es notorio, que la incipiente regulación internacional de las criptodivisas las han hecho receptoras de numerosas polémicas en cuanto a su posible utilización para realizar operaciones ilegales, lo que ha llevado a algunos países a prohibirlas, no obstante, integran la categoría de instrumentos monetarios y como puede observarse empresas e inversores de todo el mundo las están utilizando, lo que ha llevado de manera progresiva a su creciente uso, aceptación y a establecer regulaciones sobre ellas, en tanto que su adopción no está exenta de posicionamientos e intentos de control por parte de gobiernos y autoridades.

En este propósito, a partir de “la creación del bitcoin en el 2009, el uso y la masificación de las criptodivisas ha ido en aumento, por tal razón, algunas naciones ya se han pronunciado al respecto con el ánimo de tomar alguna posición legal frente al tema” (Sarmiento y Garcés, 2016, p. 154). Significa entonces, que su aceptación dependerá de cada país, en tanto que, a nivel jurídico ciertamente están expuestas a un vacío normativo por no estar

reguladas, aunque cada vez se suman más países que imponen regulaciones a su comercio, en ocasiones descontextualizadas por desconocer a profundidad este nascente ecosistema financiero, muchas veces han impuesto medidas inadecuadas, tan solo por la premura de hacer pasar los negocios de criptomonedas por el tamiz centralizador de las regulaciones (Gómez, 2018).

No obstante, son escasas las experiencias que evidencien la existencia de un cuerpo legal que norme su creación, distribución y uso, básicamente los legisladores se han comportado indiferentes frente a este tema, en el mejor de los casos algunos gobiernos en forma tácita las aprueban y legalizan, otros las aceptan con ciertas restricciones, o sencillamente las prohíben buscando proteger sus propias operaciones financieras y a sus usuarios.

Entre las razones que exponen para vetarla, se encuentran varias explicaciones:

- a) Su carácter de descentralización que la convierte en huérfana de entidad financiera alguna, encontrándose sin respaldo, vigilancia y control por parte del Estado.
- b) Su privacidad que alienta el anonimato de sus transacciones y la evasión de impuestos y delitos informáticos.
- c) Su capacidad para la recaudación ilegal de fondos que posibilita el blanqueo de capitales.
- d) Su volatilidad que genera incertidumbre por su eminente nivel de especulación.
- e) El alto consumo de recursos, que demanda un elevadísimo gasto de electricidad.
- f) Finalmente, su naturaleza competitiva frente al dinero fiduciario, o digital que algunos sistemas financieros nacionales procuran implementar.

Por ende, diversos gobiernos han promulgado instrumentos legales para controlar la circulación de criptomonedas no emitidas o reguladas por Estados, tipificándolas de monedas ilícitas, prohibiendo su uso como método de pago y su compra y venta como mercancía a través de entidades financieras oficiales, incluso

suspenden la importación de equipos de criptominería y de sus actividades conexas, penalizando cualquier acción vinculante a las monedas virtuales, tal es el caso de Bolivia, Ecuador, Brasil, Perú, China, Islandia, Rusia, Tailandia, Bangladesh, India o Vietnam, por citar algunos. Bolivia por ejemplo, es el primer país latinoamericano en expresar su rechazo al uso del Bitcoin, prohibiéndola legalmente en el 2014 y estableciendo que cualquier transacción efectuada con criptomonedas será considerada como ilegal (Sarmiento y Garcés, 2016).

No obstante, a pesar de que estos países han emitido prohibiciones para la adquisición legal de monedas virtuales mediante sus sistemas financieros, sus ciudadanos, diestros en el manejo y operatividad de las criptomonedas, pueden operar en segundo plano y seguir invirtiendo en ellas de manera individual por medio de los portales web calificados a nivel mundial, por no poseer restricciones o bloqueos en su acceso, realizando transacciones a través de la red con total normalidad. De este modo, China quien registra un gran número de transacciones con monedas virtuales, particularmente en Bitcoin se ha convertido en una área líder para el negocio de intercambio de estas criptodivisas acogiendo la mayor comunidad del mundo de sus mineros, un 70% del minado de Bitcoin se hacía hasta hace poco en el país asiático, animado en parte por las ventajas que ofrece el servicio eléctrico, la mano de obra barata y el liderazgo que representa el hardware de minar que poseen, tendencia que ha disminuido recientemente por las prohibiciones que ha impuesto el Estado (Agencia EFE, 2018). De hecho, pudiera afirmarse que en China confluye una relación ambivalente entre la aceptación y el rechazo de las criptomonedas y la tecnología *blockchain*. Para el 2017 el Banco Popular de China restringió las transacciones con criptomonedas para casas de cambio y entidades bancarias, lo que llevó a muchos inversores a seguir ofreciendo sus servicios a través de mercados paralelos no organizados, informando adicionalmente que realizarían una regulación del suministro eléctrico para la ejecución de la minería (Aguedo, 2019).

Por otra parte, en unos países más que en otros, la criptomoneda se ha convertido en un componente importante de sus mercados financieros, registrando altos volúmenes de comercialización, su proceso de aceptación ha ido en ascenso hasta niveles sin precedentes. De manera que, algunos Estados han aceptado y legalizado las criptomonedas, y le han dado el estatus de monedas de curso legal o medio legal de cambio complementario a su dinero fiduciario, colocándose a la vanguardia como sus principales promotores en materia de regulación para los intercambios con este tipo de monedas digitales, situación, que ubica a sus ciudadanos como sus máximos consumidores; existen otros Estados donde igualmente las criptomonedas son admitidas, lo que ha llevado a su legalización y regulación, pero asumiendo sus operaciones como legales bajo restricciones definiendo requisitos para su uso.

Así se encuentran, en diferentes niveles, países hostiles, promotores o defensores, que las legalizan y regulan, como Japón, Estados Unidos, Corea del Sur o Reino Unido, máximos exponentes en el desarrollo de este nuevo sistema monetario virtual, o países como Venezuela, Argentina, Australia, Ucrania, Francia, Suiza, Finlandia, Malta, Suecia, Alemania, Canada, Eslovenia, Países Bajos o Sudáfrica, quienes han anunciado o decretado algún tipo de normativa favorable para la libre circulación de las criptomonedas, patrocinando con ello a las existentes, estimulando la creación de nuevas o contemplando la emisión de un tipo de moneda digital de carácter estatal, convirtiéndose en consecuencia muchos de ellos en verdaderos paraísos criptográficos.

Japón por ejemplo, a partir del 2017 se convierte en el primer país en reconocer a las criptomonedas, y al bitcoin en especial, como medio de pago legal, y aunque no reciben el estatus de monedas de curso legal son tratadas jurídicamente como un activo más, conformando un marco legal que ha procurado proteger a sus usuarios y prevenir delitos financieros, la Ley de Servicios de Pago o Ley de Monedas Virtuales (Ley 59 del 24 de junio de

2009, modificada el 1 de abril de 2017) es una muestra de ello (Bedecarratz, 2018).

Es indudable que, a pesar del auge y aumento en la valorización de las criptomonedas, existe un vacío en lo que respecta a su legalidad, no existe una regulación fija y uniforme para dichas monedas, cada gobierno a partir de su propia realidad, particularmente económica, ha fijado posición, para prohibirlas o aceptarlas con o sin condiciones, incluso hay una tendencia que se manifiesta indiferente colocándose al margen, en consecuencia, no pudiéramos hablar de criptomonedas legales o ilegales, sino más bien de escenarios jurídicos locales que progresivamente comienzan a contemplarlas y de mercados financieros que en función de su importancia se convierten en destinatarios de estas incipientes leyes o medidas que procuran regular sus operaciones.

Así, desde el punto de vista jurídico las criptomonedas se encuentran en un estado embrionario, ajustadas a la realidad de cada país, lo cual resulta razonable por los pocos años que llevan en funcionamiento, y pese a que las medidas que algunos pudieran asumir implica su prohibición como método de pago de los productos y servicios de manera oficial en sus mercados internos, esto no repercute en la posesión de las mismas, puesto que estamos frente a una red informática de escala planetaria completamente independiente de cualquier organismo.

Cabe aclarar, que en Venezuela antes del 9 de abril de 2018 era ilegal minar criptomonedas, incluso, se llegaron a dismantelar minas de criptomonedas que condujeron a la privación de libertad de sus dueños, sin embargo, a partir de la referida fecha por medio del Decreto de la Asamblea Nacional Constituyente de fecha 4 de abril de 2018, sobre Criptoactivos y la Criptomoneda Soberana Petro, se legaliza la existencia y creación de todo criptoactivo incluyendo al Petro, buscando con ello establecer las bases legales para la creación, circulación, uso e intercambio de estos mecanismos alternativos en la actividad financiera y comercial del país.

A este instrumento legal, se suma el Decreto Constituyente Sobre el Sistema Integral de Criptoactivos de fecha 20 de noviembre de 2018, sobre el Sistema Integral de Criptoactivos, que deroga el Decreto Nro. 3.196 de fecha 8 de diciembre de 2017 (G.O. Nro. 6.346 Extraordinario) y el Decreto Nro. 3.535 de fecha 9 de abril de 2018 (G.O. Nro. 6.371 Extraordinario), con el cual se regula la comercialización de criptomonedas en el país. El nuevo decreto, sustituye las atribuciones de la anterior Superintendencia de Criptoactivos de Venezuela y Actividades Conexas (SUPCACVEN), ahora Superintendencia Nacional de Criptomonedas (SUNACRIP), ente rector de las actividades relacionadas a criptoactivos en Venezuela.

Surge así, un criptoactivo patrocinado por el Estado venezolano conocido como Petro (símbolo bursátil PTR), calificado por el mismo ejecutivo nacional y distintos representantes del gobierno como una criptomoneda que usa las funcionalidades de la famosa tecnología de la cadena de bloques, con la particularidad de estar respaldado en recursos naturales del país, su portal web oficial la define como un criptoactivo emitido y avalado por el Estado, respaldado con parte de sus reservas naturales que permite ahorrar y adquirir bienes y servicios de forma rápida, segura y confiable (SUNACRIP, 2019).

Esta descripción, desentona con la naturaleza ya descrita de las criptomonedas, su creación resulta polémica por las implicaciones técnicas, económicas y legales que tal acción representa, evidenciado en cuatro razones esenciales, porque se trata de una acción tomada por un gobierno; porque es la primera criptomoneda de carácter público, es decir, emitida por un Estado y no por particulares; porque es una moneda que cuenta con un activo subyacente como respaldo (Salas, 2018); y por el escenario jurídico que le da vida.

Justamente, el instrumento legal de naturaleza mercantil que la contempla, por una parte, no surge en el seno del poder legislativo, es promulgado por vía de decreto constituyente, al

calor de una Asamblea Nacional Constituyente cuestionada por su origen, atribuciones y desempeño, los decretos constituyentes no califican como leyes en el sentido requerido por la Constitución; y por otra parte, posee un carácter inconstitucional manifiesto en la aprobatoria de respaldar en reservas petroleras o cualquier otro mineral el criptoactivo, pues viola flagrantemente lo establecido en el artículo 12 de la Constitución Nacional (2000) que estipula:

Los yacimientos mineros y de hidrocarburos, cualquiera que sea su naturaleza, existentes en el territorio nacional, bajo el lecho del mar territorial, en la zona económica exclusiva y en la plataforma continental, pertenecen a la República, son bienes del dominio público y, por tanto, inalienables e imprescriptibles.

De manera que, tal como lo refiere Carmona, “Queda claro que los yacimientos de hidrocarburos no pueden ser legalmente transferidos ni dados en garantía, ni siquiera a otros entes públicos distintos de la República” (2018, p. 48).

En el supuesto de que el respaldo del Petro no sean yacimientos petroleros, bienes del dominio público, sino barriles de petróleo, ciertamente nos encontraríamos frente a un bien susceptible de tráfico comercial, pero sujeto a reserva que no está exento de obstáculos jurídicos, puesto que, para hacer efectivo el derecho adquirido de comercializar lo que se ha recibido en garantía, un barril de crudo o petróleo en estado natural, subsanando la inversión hecha en Petros, se requerirá constituirse en persona jurídica de carácter estatal tal como lo refieren los artículos 27 y 57 de la Ley Orgánica de Hidrocarburos (2006) que señalan conjuntamente que las actividades de comercialización de los hidrocarburos naturales, así como la de los productos derivados que mediante decreto señale el Ejecutivo Nacional, solo podrán ser ejercidas por empresas de exclusiva propiedad del Estado, adoptando para ello las formas jurídicas que considere convenientes; frente a esta situación cabría preguntar cómo podría un particular comercializar su garantía bajo estas condiciones, si sus titulares innatos son PDVSA o sus operadoras y filiales.

Por otra parte, si el Estado venezolano para la adquisición de Petros otorga en garantía reservas petroleras, barriles de petróleo, o cualquier otro mineral, estas serán consideradas operaciones de crédito público que conducen a endeudamiento, en función de la Ley Orgánica de Administración Financiera del Sector Público (2015), en su artículo 80, son consideradas operaciones de crédito público, entre otras, la emisión de títulos valores, la apertura de créditos de cualquier naturaleza, el otorgamiento de garantías o las demás operaciones destinadas a obtener recursos que impliquen financiamiento reembolsable; operaciones que deben necesariamente estar contenidas en el Presupuesto Nacional del año fiscal en curso, representado en el Proyecto de Ley de Presupuesto, el Plan Operativo Anual Nacional y el Proyecto de Ley Especial de Endeudamiento Anual, los cuales deben estar aprobados por la Asamblea Nacional de conformidad con los artículos 187 (parágrafo 6), 311, 312, 313, 314 y 315 de la Constitución Nacional, y los artículos 192 y 197 de la referida Ley Orgánica de Administración Financiera del Sector Público. “De no cumplirse con el procedimiento en cuestión, dichas operaciones serán consideradas nulas y las obligaciones que se pretendan derivar de las mismas no serán oponibles a la República” (Carmona, 2018, p. 51).

Ahora bien, a pesar de su carácter controversial que lo aleja de la naturaleza propia que revisten las criptomonedas y lo hace coquetear fuertemente con la ilegalidad, su creación representa una experiencia palpable de cómo un país procura definir un marco jurídico para la creación, distribución y uso de criptomonedas, legalizándolas y regulándolas, al punto de emitir una moneda virtual bajo su propia tutela sirviendo de referencia a otras naciones que han manifestado intenciones similares, como Ecuador, China, Dubái, Estonia, Irán, Rusia, Suecia, Suiza, Israel o Canadá, Estados que abiertamente han prohibido o aceptado estos instrumentos de intercambio, o se han mostrado indiferentes.

4. Discrepancias técnicas y funcionales del Petro como criptoactivo y sus derivaciones económicas

Existen diferencias conceptuales entre los términos criptoactivo y criptomoneda, aunque suelen emplearse sin distinción. Por criptoactivo se entenderá:

Un tipo de activo que se genera utilizando la tecnología DLT (tecnología de contabilidad, registro o redes distribuidas, o *Distributed Ledger Technology* en inglés). Sus funciones pueden ser variadas e incluyen tanto las de representar un valor, entendido, por ejemplo, como un derecho sobre el patrimonio de su emisor; como las de intentar ser utilizados como un medio de pago y servir funciones similares a las del dinero (Banco Central de Chile, 2018, p. 57).

Significa entonces, que los criptoactivos sirven de denominación al conjunto de criptodivisas, monedas virtuales, bienes y servicios, u otras formas de activos de naturaleza inmaterial registrados digitalmente con el propósito de pagar, ahorrar o invertir para obtener beneficios económicos presentes o futuros, que utiliza la criptografía y por extensión, generalmente, la tecnología *blockchain* para funcionar, como una versión avanzada de la tecnologías DLT que son realmente bajo las cuales operan, ya que emplea ordenadores en red ubicados en cualquier lugar del mundo para compartir datos o transacciones, validándolos, sincronizándolos, compartiéndolos y registrándolos de manera idéntica en forma descentralizada, sin necesidad de acudir a un tercero para que la vigile y administre.

En virtud de esto, es posible reconocer en los criptoactivos, desde el punto de vista técnico, ciertas características comunes:

En primer lugar, son activos que se crean dentro de las redes distribuidas y usan la DLT para funcionar. Es decir, son los activos que permiten registrar el flujo de información dentro de cada sistema; así, para la red Bitcoin, su activo nativo es bitcoin; para la red Ethereum, el activo nativo se llama

ether. En segundo lugar, se construyen sobre redes abiertas con verificación descentralizada, de modo que cualquiera puede participar en la red y actuar como verificador de información circulante sin que exista una autoridad central que regule el sistema. En tercer lugar, debe resaltarse que son criptográficos, dado que usan técnicas para la verificación del flujo de información; de este modo y con la herramienta de la criptografía, el mensaje solo puede ser decodificado por el receptor indicado (Chamorro, 2019, p. 5).

Así encontramos, las criptomonedas o criptodivisas (por ejemplo *bitcoin* o *litecoin*) que hacen referencia, mayormente, a la posibilidad de ser reconocidas como medios de pago, como la categoría más conocida dentro de los criptoactivos, sin embargo, hay otros activos criptográficos que advierten que los criptoactivos incluyen diversas subclases, como los *criptocommodities* (por ejemplo *ether* o *golem*) vinculados a la posibilidad de ofrecer acceso digital a una aplicación, bien o servicio, y los criptotoken (por ejemplo *augur* o *iconomi*) asociados a la posibilidad de ser manejados como títulos (acciones, bonos o derivados).

Dentro de este marco, los recientes instrumentos normativos promulgados en Venezuela, que intentan darle hacedero legal a este sistema financiero, y su *White Paper*, no incluyen enunciados conceptuales claros al respecto, utilizando el término criptoactivo de modo genérico y clasificando al Petro como una criptomoneda que integra el mundo de los criptoactivos. Aunque, hacen referencia a los términos criptoactivos y criptomonedas, los mismos no se exponen con claridad.

Así se evidencia el precitado Decreto Constituyente sobre el Sistema Integral de Criptoactivos de fecha 20 de noviembre de 2018, en su artículo 5, define a los criptoactivos y a los criptoactivos soberanos como, a los primeros, “activos digitales que utiliza a la criptografía y a los registros distribuidos como base para su funcionamiento (...) [y a los segundos] activos digitales emitidos

y respaldados por la República Bolivariana de Venezuela, bajo la denominación específica que a tal efecto se le confiera”.

Por otra parte, el referido Decreto Constituyente de fecha 4 de abril de 2018, sobre Criptoactivos y la Criptomoneda Soberana Petro, en su artículo 5 establece:

La Criptomoneda venezolana “Petro” es de característica criptoactivo soberano, respaldado y emitido por la República Bolivariana de Venezuela sobre una plataforma de cadena de bloques federada, intercambiable por bienes y servicios, y por dinero fiduciario de “exchange” nacionales e internacionales, cuyo lanzamiento busca promover una economía digital independiente, transparente y abierta a la participación directa de los ciudadanos, sobre la base de sus riquezas minerales e hidrocarburos.

Hechos estos señalamientos, lo primero que debe aclararse es que el Petro no es una criptomoneda tradicional, integra sí con ciertas confusiones el renglón de criptoactivos, pero no la categoría de criptodivisas, existen notables diferencias entre ambas, al respecto Carmona (2018) acertadamente señala:

- a) La emisión e intercambio del Petro está centralizada en el Estado venezolano, las criptomonedas se caracterizan por estar descentralizadas.
- b) El Petro está respaldado en yacimientos petroleros, en las criptomonedas no existen tales sustratos, dependiendo su valor exclusivamente de la confianza.
- c) El mercado de criptomonedas gira en torno a las reglas de la libre oferta y demanda sustentadas en la confianza, el mercado del Petro es claramente incidido por el intervencionismo del Estado.
- d) Finalmente, la emisión de criptomonedas es limitada, en tanto existe un número finito de monedas susceptibles de ser emitidas para conservar y estimular su valor, pareciera, que el emisor del Petro tiene una limitación relativa.

Habida cuenta de las diferencias entre las criptomonedas y el Petro, resulta dudosa su calificación como criptomoneda, aspecto que se deriva de la misma inestabilidad e irregularidad que ha caracterizado su tratamiento técnico, económico y regulatorio. Por ende, el Petro no es una criptomoneda, tampoco es un *criptocommodities* que se encuentran como criptoactivos vinculados a un *commodity*, que es un bien o servicio que se vende en los intercambios, ya que los inversores a través de sus operaciones no procuran la compra de los recursos naturales o sus derivados que el Estado venezolano ciertamente ofrece pero en garantía de la inversión.

Efectivamente, este criptoactivo por sus características se asemeja más bien a un activo digital basado en la tecnología de la cadena de bloques que adjudica derechos privados patrimoniales, por tal motivo se encuentra respaldado por activos reales, específicamente por las reservas de varios recursos naturales como petróleo, oro, diamantes y gas, que en el caso concreto del Petro se pone a disposición como respaldo de títulos de valores a sus usuarios.

En esto estriba su particularidad, en que están respaldados por otro activo y son emitidas por el Estado para otorgar una garantía y recibirlos respecto de obligaciones debidas. Esta lógica económica de utilidad de este criptoactivo dentro del sistema financiero digital dista de parecerse con criptomoneda alguna, más bien el Petro guarda similitud a un “contrato financiero [que deriva en títulos de valor] con respaldo en una mercancía, un derivado financiero. Normalmente estos instrumentos se emiten y negocian en mercados formales internacionales, y son mecanismos para levantar capital en el mercado” (Abarca, 2018, p. 2).

Por tanto, la diferencia fundamental se encuentra en el aspecto objetivo o funcional, en este caso los financiadores adquieren no es una moneda, medio de pago, instrumento de almacenamiento de valor o de intercambio de bienes y servicios, sino un derecho o un determinado bien, o más precisamente un criptotoken, token digital, u objeto que representa dicho bien o derecho que solo existen como

archivos informáticos creados a través de la criptografía, generado en una cadena de bloques o *blockchain*. Sin embargo, desde el punto de vista de la tecnología, un token no se distingue con facilidad de una criptomoneda como el bitcoin, pero a partir de su función económica revela notables diferencias, de ahí que, por ejemplo, los bitcoins se equiparan a una moneda y no a un bien (Royo, 2018), y los Petros representen un derecho o un determinado bien y no una moneda.

Situación que desencadena ajustes técnicos, según sea el caso, cualquier criptomoneda describe tres aspectos claves: la creación de un *blockchain*, que es la base de datos donde se puede monitorear conjuntamente entre sus usuarios en tiempo real todas las transacciones realizadas; la existencia de billeteras digitales, que permite contenerlas para su futuro uso; y la presencia de *exchange*, o casas de cambio, nacionales e internacionales, para poder transarlas. En apariencia, el Petro reúne estas características, ya que su *White Paper* contempla “la página web, las *Wallets* (o billeteras digitales), casas de intercambio o *Exchange*, sistemas de pagos masivos y explorador de bloques; [que] permitirá a sus usuarios [entre otras operaciones] adquirir bienes y servicios” (SUNACRIP, 2018, p. 4).

No obstante, el Petro en la actualidad, considerando las inconsistencias sobre sus detalles técnicos, como todo criptoactivo ha respondido únicamente al primer aspecto, con ciertas dificultades hoy solo puede adquirirse, pero no puede ser canjeado por nada, atentando contra su aparente naturaleza como instrumento de almacenamiento de valor o de intercambio de bienes y servicios, a lo sumo los usuarios a través de su compra alcanzan a recibir únicamente un depósito a su cuenta de registro en la web del Petro (www.patria.org.ve) y un certificado de compra, sin posibilidad de acceder al dinero ya que no puede ser extraído, pues son ilusorias las billeteras digitales, lo único existente es una cuenta controlada por la propia SUNACRIP, y no por el usuario, y a pesar de que se han autorizado algunas plataformas locales de intercambio de criptomonedas para empezar a intercambiar el criptoactivo

nacional, como *Amberes Coin* (amberescoin.com), *Afx Trade* (afx.trade), *Bancar* (bancaexchange.io), *Cave Blockchain* (caveblockchain.com), *Criptolago* (criptolago.com.ve) y *Cryptia* (cryptiaexchange.com) (Perdomo, 2018), estas casas de cambio digitales habilitadas por el gobierno no registran un volumen de *trading* (negociación bursátil en español) en este activo digital, hechos que en la práctica exteriorizan al Petro más bien como una operación de ahorro o inversión futura, aunque en la teoría y en el discurso se procuren su forzosa ubicación dentro del ámbito de las criptomonedas.

Así pues, “tenemos en cuenta que al hablar de criptomonedas y tokens estamos hablando de lo que la legislación nacional llama criptoactivos” (Lepervanche, 2018, p. 350), por extensión, se entenderá que el criptoactivo Petro integra la categoría de los criptotoken, los cuales llevan aparejados diversos tipos de derechos para sus inversores, de modo que tienen múltiples formas, y nuevas características emergen casi a diario y la función de cada uno de ellos varía con la misma frecuencia. Desde esta perspectiva, tenemos *payment tokens* (medio de pago), *security tokens* (tokens como valores negociables), *utility tokens* (vales de utilidad), o *asset tokens* (que representan activos). En todo caso, el beneficio que obtienen los usuarios por la adquisición de los tokens variará según su diseño y naturaleza, que en cualquier circunstancia dependerá de la intención del promotor (Biase y Mayor, 2017; Pereyra, 2018; Chamorro, 2019).

Aunque, en sentido amplio pudiera entenderse que las criptomonedas son una clase de *tokens* (especialmente los *payment tokens*), es preciso señalar, que toda criptomoneda como unidad de valor es por definición un token, pero no todo token es criptomoneda, y es por ello que conviven como categorías dentro del mundo de los criptoactivos.

En principio, esta palabra atribuye valor a objetos similares a las monedas que facultan para disfrutar de un derecho o una cantidad determinada de bienes y servicios fungibles, creados por el distribuidor de éstos, su origen los encontramos en el mundo físico,

los *tokens* eran fichas, pseudomonedas o vales, que se utilizaban como sustituto de una moneda real, sin que su emisor se viera necesariamente obligado a cambiarlo por dinero, en la actualidad representan más bien una propiedad, una acción, un crédito, un activo financiero o cualquier cosa del mundo real susceptible de valoración económica. Con esta finalidad, los token no solo incluyen información que hace referencia a su valor, su origen o su intercambio, también poseen información que puede servir para otorgar un derecho y para estipular una obligación.

Esas obligaciones concretas que se adquieren hacen que el Petro, por ejemplo, califique como:

Una promesa unilateral, vertida en un documento -en este caso, desmaterializado-, que otorga al tenedor un derecho de crédito. En consecuencia, el Petro califica como un título valor y, en este caso, como un título valor propio, que otorga a sus tenedores derechos de crédito frente al Estado (...), en consecuencia, su emisión constituye una emisión de crédito público (Lepervanche, 2018, p. 376).

En otras palabras, el Petro conceptúa como tokens de valores o de inversión (*investment* o *security tokens*), diseñados para otorgar a su tenedor un derecho de contenido patrimonial, pues concederían derechos de tipo económico sobre el proyecto en sí, facultándolo a participar en la propiedad del mismo, en sus beneficios, o a obtener un porcentaje proporcional de la ganancia obtenida, participaciones que serían equivalentes a acciones o créditos, entendiendo que las emisiones de Petros como proyecto serán comparadas a operaciones financieras de inversión o de préstamo, donde no existe una sociedad sino un simple registro distribuido de titularidades ante los cuales se asumen obligaciones. Estos tipos de tokens “constituyen una verdadera inversión, ya que la principal razón de los usuarios para adquirirlos se debe a que tienen un interés en participar en las potenciales ganancias futuras que vayan a obtenerse con el desarrollo del proyecto” (Biase y Mayor, 2017, p. 98).

Tal y como se observa, el criptoactivo Petro no se constituye como una criptomoneda como se evidencia en sus aspectos técnicos y en su funcionalidad económica, de acuerdo a su diseño y configuración, se asemeja a ciertos *security tokens*, una subcategoría de tokens, que pueden llegar a considerarse como un valor negociable, donde el Estado venezolano adquiere frente a sus usuarios a partir de sus inversiones, obligaciones de crédito de deuda pública, lo que no es propio de las criptomonedas.

De este modo, el Petro posee serías discrepancias técnicas y financieras como criptomoneda, trazando una delgada línea que busca diferenciarla de los criptotoken, pero pesimamente delineada y fácil de dibujarse, en su *White Paper* se expone que el Petro es una moneda digital transable en divisas que garantiza su usabilidad para comprar *commodities*, materias primas o bienes básicos venezolanos y sus productos procesados; para adquirir bienes y servicios de uso particular en todo el territorio nacional e internacional; para pagar impuestos y servicios públicos; y para el envío de remesas (SUNACRIP, 2018).

Lo antes expuesto, hace suponer la imposición de obligaciones en los hombros del Estado con respecto a las reservas de varios de sus recursos naturales como petróleo, oro, diamantes y gas, o de un barril de petróleo, al mediar como respaldo físico representado por un contrato de compra-venta de ese *commodity* o de cualquier otro que decida la nación, por tanto los usuarios lo que obtienen es un título de valor que lo hace acreedor de un derecho literal sobre el mismo, un instrumento de crédito con posibilidades de ser transferido, para lograr cumplir con sus otros usos, sin que dicha transmisión del título de valor implique la eliminación del derecho y la obligación contraída.

En definitiva, el Petro es un *criptotoken* en tanto que refiere a: Un título valor a través del cual el gobierno financia sus actividades [siendo] un activo que incorpora al mismo tiempo

un valor y el derecho a usar ese activo para el intercambio de bienes y servicios e incluso para el pago de obligaciones con el sector público (...) El hecho de que se trate de un título valor digital cuya transmisión se realiza a través de cadena de bloques no modifica su naturaleza jurídica (Hernández, 2016 citado en Gibs, 2017, pp. 208-209).

5. Funcionalidad, vigencia y balance del financiamiento económico del Petro

Desde su lanzamiento oficial, no hay cifras claras en el país sobre su operatividad ni mucho menos su rentabilidad, a pesar de la promesa monetaria que en el discurso representa, más aun considerando que nuestra divisa tradicional se anclaría a ella y no a las divisas extranjeras como el dólar o el euro, las transacciones en Petros son totalmente desconocidas, no hay documentación que registre operaciones en los mercados primarios, para la adquisición de bienes y servicios a través de las billeteras digitales; ni en los mercados secundarios, para la adquisición de Petros a través de las casas de cambio, o a través de la actividad de minería. Solo existen declaraciones o anuncios por parte de las autoridades gubernamentales donde se comparten estadísticas, poco confiables sin forma de corroborarlas, que someramente permiten valorarla.

En consecuencia, sus operaciones resultan ser un enigma, aparte de los números presentados inicialmente por el gobierno venezolano a través de ruedas de prensa y la propia web oficial de este criptoactivo en su pre-venta de febrero y marzo de 2018 que alcanzó presuntamente un aproximado a finales de abril de 3.338 millones de dólares, como parte de acuerdos con empresas internacionales (Contreras, 2019), no hay estadísticas claras de su comercialización, ni mucho menos de la transferencia de activos

que pueda estar generando actualmente, transitado un año desde su lanzamiento, su evolución es tan opaca como fue su nacimiento

Hasta los momentos, ningún ciudadano venezolano ha visto un solo Petro en la red, más allá de los que a partir de noviembre del mismo año ofrece la Plataforma Patria solo como forma de ahorro (www.patria.org.ve), y la aplicación *online* del Petro. Desde que inicio el proyecto las autoridades venezolanas han anunciado que empezaría a funcionar, aunque en la actualidad no pueda intercambiarse por dinero, bienes u otras criptomonedas, ni siquiera cotizar en casas de cambios. Hoy por hoy, únicamente se adquiere y posteriormente queda inamovible pues aún no puede emplearse como medio de pago, solo puede transferirse entre los usuarios registrados en la página web del criptoactivo (Di Stasio, 2018).

En efecto, hecho el anuncio de su comercialización para el 20 de febrero de 2018 se ofrecen para la venta privada 38,4 millones de unidades, los cuales se venderían en esta etapa sin posibilidad de ser cambiados hasta iniciar la segunda fase, sin embargo, al inicio de la preventa se publica un nuevo documento para los usuarios que modifica algunas de sus especificaciones técnicas, por ejemplo que los tokens a comprar operarían en la plataforma de NEM, mientras que el *White Paper* establecía que funcionaría con Ethereum, incoherencias que fueron progresivamente subsanadas, a pesar de que las autoridades de la SUNACRIP anunciaron que los tokens iniciales ya estaban creados y se encontraban 100 millones de unidades con la abreviatura PTR alojados en el *blockchain* de *Ethereum*, todo conforme a la descripción inicial del *White Paper*, la plataforma es modificada repentinamente sin ofrecer mayores detalles sobre lo ocurrido, reemplazando en la misma proporción estos primeros tokens, lo que condujo a que la primera venta pública iniciara el 20 de marzo del mismo año con una oferta de 44 millones de unidades (Koenig, 2018; SUNACRIP, 2018).

Tal como se observa, el Petro desde su estado embrionario hasta su nacimiento, e incluso en su desarrollo, ha estado plagado de inconsistencias y anomalías, vinculadas esencialmente a su naturaleza técnica, funcionalidad económica e ilegalidad, entorpeciendo seriamente su operatividad, futura vigencia y aprovechamiento financiero. En el imaginario del venezolano y del inversionista en general existen dudas que restan credibilidad a este criptoactivo, por una parte, resulta preocupante que en la teoría se la defina como criptomoneda, pero en la práctica adopte forma de criptotoken; y por otra, a pesar de disponer de su propio *White Paper* para ganar confianza en los futuros usuarios informando y persuadiendo sobre sus más significativos detalles, es alarmante que éste se modifique alegremente, lo cual favorece un ambiente de incertidumbre, contrario a su razón de ser, pues resulta claro que se está ofertando un criptoactivo bajo condiciones determinadas que no se están cumpliendo, las modificaciones iniciales a su *blockchain*, o su inexistente circulación en las casas de cambio o billeteras virtuales son un claro ejemplo de ello.

De la misma manera, es preciso destacar que el gobierno nacional anunciaba en la fase inicial de preventa del Petro, que colocaba para la venta 82,4 millones de unidades de los así llamados “tokens no minables”, del total de 100 millones, que representan una inversión de casi 5 mil millones de dólares, emitidos para personas naturales y jurídicas con el respaldo de 5.342 millones de barriles de crudo de los campos petrolíferos de la faja Ayacucho del Orinoco, estos 82,4 millones de Petros se ofrecerían al mercado en dos etapas, una preventa privada de 38,4 millones de unidades, seguida de una oferta pública de 44 millones, las restantes 17,6 millones estarían reservados para el gobierno o la SUNACRIP (Koenig, 2018; Redacción EDG, 2018; Sánchez, 2018).

En esta fase de preventa, para invertir en Petros se requerían por lo menos 1.000 euros, un poco más de 1.240 dólares, cantidad base que permitía comprar unos 20 Petros, pues cada uno se

cotizaba en promedio en 60 dólares, monto inalcanzable para la mayoría de la población venezolana, lo que circunscribe esta clase de inversiones a un grupo muy reducido de usuarios con capital y alto poder adquisitivo (Villarroel, 2018). Según el gobierno, algunos empresarios lo han usado, pero de ese círculo de inversionistas solo se desprenden nombres ligados a su círculo más próximo, ningún independiente.

Conviene subrayar, a un año de su lanzamiento y preventa oficial, que el Petro bajo la lógica de títulos valores de crédito solo puede adquirirse como inversión, por ello lo improcedente del resto de los usos que se le han adjudicado, bien a través de su compra o empleando la tecnología de minería, disponiendo para ello de un poco menos del 35% de las unidades ofertadas en la preventa, pues más del 65% de los Petros han sido comercializados, si consideramos como cierta la cifra anunciada por el gobierno que fija en 3.338 millones de dólares lo recaudado, de los posibles 5 mil millones de dólares que representan 82,4 millones de unidades de “tokens no minables”, a razón de un valor de 60 dólares cada uno (Koenig, 2018; Redacción EDG, 2018; Sánchez, 2018).

Visto así, esta actividad financiera resultaría ser todo un éxito, sin embargo, no hay afirmación y cifra más alejada de la realidad que esa, que se exhibe incongruente frente a los hechos, ya que las incoherencias técnicas mostradas y la cuantiosa inversión que exige para adquirirlo, la hace ver como una inversión restringida a algunos y altamente riesgosa, de ser real ¿por qué su operatividad es limitada y no se han ofertado nuevas unidades? En todo caso, en la actualidad no hay forma alguna de conocer con exactitud información confiable acerca de la capitalización de este criptoactivo en el mercado, como si ocurre con el resto de los activos digitales, lo que permite inferir que el registro de sus operaciones que vinculan a las acciones o unidades en circulación reciben un tratamiento discrecional por parte del gobierno, y las cifras anunciadas pasan a cumplir es un rol propagandístico más que informativo.

Como se puede suponer, los restantes 17,6 millones de Petros que estarían reservados a la SUNACRIP calificarían como “*tokens* minables”, en la actividad minera se exige alta tecnología, ciertamente algunos algoritmos no son excluyentes así toda criptomoneda puede ser minada con cualquier tipo de procesador, sin embargo, solo el computador más potente generará dividendos. Además, no solo se requiere de equipo especializado, es necesario utilizar un software en específico y un buen acceso a internet para hacer de esta actividad algo realmente operativo, condiciones que se convierten para el venezolano común en dificultades muy difíciles de superar por las grandes sumas de dinero que demanda, eso sin considerar el tema energético que en nada favorece acciones de este tipo, por una parte, se vuelve cuesta arriba la adquisición de la tecnología, y por otra, una vez lograda es poco eficaz si no se cuenta con electricidad e internet de forma estable, situación que reafirma la precaria funcionalidad que posee para los usuarios locales que lo valoran como poco atractivo, ni invierten en el capital ni en tecnología de minería.

Como puede apreciarse, adquirir Petros resulta una inversión exigente, además de peligrosa desde el punto de vista financiero, tecnológico y jurídico, donde su cotización y comercialización están muy influenciadas por factores sociopolíticos relacionados a la estabilidad del gobierno, que vehiculiza este proyecto a través de una institución cuya legitimidad está muy cuestionada, la Asamblea Nacional Constituyente, que dicho sea de paso no existe para solucionar problemas cotidianos como la inflación, la inseguridad, la escasez o la creación de criptomonedas; en un contexto país que cada vez empeora.

Dentro de este marco, a principios de 2018 se ha venido escuchando con fuerza sobre el Petro, una criptomoneda venezolana que nació bajo la tutela del gobierno nacional, convirtiéndose en un elemento retórico del discurso oficialista que la ha utilizado como parte de su argumento para la recuperación económica, efectivamente, parece una retórica fundamentalista sin preceptos

financieros, técnicos y legales sólidos, puesto que este criptoactivo oficialmente no tiene un arranque de transacciones claras, es poco prometedor lo que durante estos meses de funcionamiento ha demostrado su operatividad financiera, generando dudas su proyección o vigencia en el tiempo, y su rentabilidad.

Por otra parte, a la precariedad de condiciones internas descritas que entorpecen su funcionamiento se le suman las restricciones y prohibiciones en el plano internacional, el gobierno norteamericano estableció regulaciones a las transacciones financieras que involucren al Petro, por considerarla una forma de burlar las sanciones económicas impuestas, en su pretensión de captar capitales para sus operaciones internacionales y gasto público, vale recalcar en moneda fiduciaria extranjera, dólares o euros, ya que el gobierno está emitiendo el Petro como una forma para lograr levantar fondos, interna e internacionalmente, tratando de evadir las sanciones financieras impuestas a nivel mundial.

Visto de esta forma, el gobierno de los Estados Unidos, uno de los máximos exponentes en el desarrollo de este nuevo sistema monetario virtual, ha dejado fuera de juego de su mercado financiero cualquier tipo de negocio con el Petro, al dictar el 19 de marzo de 2018 la orden ejecutiva que prohíbe a los “ciudadanos estadounidenses o personas en su territorio la adquisición o negociación de cualquier moneda digital o activo digital emitido por el Gobierno de Venezuela. La medida entró en vigencia de manera retroactiva, desde el 9 de enero de 2018” (Salas, 2018, p. 40). Días después, en mayor o menor grado, algunas casas de cambio declinaron hacer negocios con el Petro. Parece ser entonces, que de puertas hacia dentro comprar Petros goza de una aparente legalidad y operatividad, entre pocos claro, no así de puertas hacia afuera.

Es por esta razón, que el criptoactivo Petro en las actuales circunstancias sólo representa un discurso por parte del gobierno que lo entona con mayor fuerza como moneda y “soberanía económica”, quedando reducido a una mera formalidad en los

documentos públicos, que sustituye el nombre del dólar, del euro o del yuan simplemente, pero en el fondo se ampara el Bolívar en ellos, buscando cuidar formas. Así el Presupuesto Nacional para el año 2019, por ejemplo, era anunciado en Petros, calculado en 424 millones 939 mil 016, o su equivalente en Bolívares 1 billón 529 mil 780 millones, o cualquier otra moneda fiduciaria (Méndez, 2018).

En el mejor de los casos, ha servido como valor de referencia para algunas operaciones de la administración pública, que terminan siendo facturadas o tramitadas en Bolívares, por ejemplo la solicitud de pasaporte o su renovación, cuyos costos son calculados en 2 y 1 Petro, respectivamente, o el valor del salario mínimo, que momentáneamente estuvo de manera irregular anclado a la criptomoneda siendo referenciado en $\frac{1}{2}$ Petro. No obstante, existen diferencias entre su cotización para comprarlo y el costo de referencia que se asume para esas escasas operaciones, pues históricamente su valor inició en 3.600 Bolívares y después de un año alcanzó 80.000 Bolívares, montos designados arbitrariamente por el Banco Central de Venezuela (BCV) y no vinculantes al costo del Petro para su venta, referido al precio del barril de petróleo, hoy (22 de abril de 2019) en 67,87 dólares, equivalente a 346.137 Bolívares, a razón de 5.100 Bolívares cada dólar la cotización de la moneda fiduciaria local, monto superior en más del 430% a dicho valor de referencia (Banco Central de Venezuela, 2019).

Desde esta perspectiva, se condena al fracaso a un interesante mecanismo para la recaudación de fondos, amparado en la tecnología del *blockchain* y la figura del otorgamiento de títulos valor de crédito, motivado a las contrariedades técnicas, financieras y legales que han caracterizado su procreación, nacimiento y desarrollo. Sin duda, no reúne condiciones de idoneidad económica para alcanzar sus fines, por ello ha quedado anclado al discurso y a la retórica oficialista, sin trascendencia nacional, menos aún internacional, en tanto que su aceptación es vista con recelo, despierta más desconfianza e incertidumbre que cualquier otra cosa.

El Petro se ha convertido en un forastero en tierras de criptoactivos, de nacionalidad u origen incierto, fuertemente cuestionado, una clase de activo digital espurio, del cual poco o nada se sabe. Quiénes están detrás de su operatividad más allá del ente regulador; qué operaciones o transacciones se han hecho, qué tipo, en qué cantidad, con qué frecuencia o desde qué lugar; o a cuánto asciende su inversión, son preguntas que resultan frecuentes en este momento, cuyas respuestas, por demás desconocidas pero presumibles, claramente desestimulan el interés de transar con este criptotoken, a lo que se suman el desprestigio mundial que poseen las erróneas políticas económicas implementadas en Venezuela y las recientes regulaciones hechas por el Departamento del Tesoro de los Estados Unidos.

6. Conclusiones

Podría afirmarse que el Petro no representa un proyecto económico con posibilidades reales que facilite la atracción de capitales, dado que ha sido forjado bajo precarios términos financieros que le permitan operar en condiciones adecuadas para alcanzar sus objetivos. Sencillamente, no ha despertado la confianza necesaria en los agentes económicos, quienes observan permanentemente la frágil robustez y poca transparencia de sus operaciones, y es este nivel de desconfianza el que cercena su rentabilidad.

Habida cuenta, por la forma bajo la cual fue concebido este criptoactivo y a los intereses que responde, al tratamiento que ha recibido por parte del Estado, a su funcionalidad económica, a la discrecionalidad y ligereza con la cual el gobierno ha manejado la información sobre su desempeño, a su precaria operatividad, a sus especificaciones técnicas, al camino jurídico que ha transitado, y a las restricciones que posee en el plano internacional, hacen inferir que este criptoactivo no representa, ni representará un activo digital fuerte en la consumación de captación de capitales nacionales y extranjeros como títulos de valor de crédito, menos aún, como

herramienta de intercambio comercial que logre instalarse como respaldo financiero de la economía de la nación. Básicamente, el gobierno venezolano se ha orientado en la dirección equivocada, propiciando un entorno desafiante y poco favorable que ha limitado sus posibilidades.

En definitiva, el nuevo criptotoken irremediablemente estaría condenado al fracaso, no superando siquiera la desconocida diatriba entre criptomoneda y token. En las actuales circunstancias, muy pocos invertirían, más aún, si está condicionada al ejercicio de una gestión de gobierno específica, pues al desaparecer estas, se desvanecen más rápido las ilusorias garantías otorgadas, que presenta como ya se ha hecho mención serias inconsistencias técnicas y financieras, y que jurídicamente se soportan sobre pies de barro, además, frente a los vicios y garantías de una economía caracterizada por el desfalco, la corrupción y la desorganización fiscal, poco representará ganancia o competitividad ante sus similares en el mercado, que muy seguramente lo percibirán como un elemento distractor de los verdaderos problemas financieros de la nación.

Sin embargo, pese a su carácter controversial, a lo restringido de su operatividad y a su notable fracaso, su creación simboliza una experiencia palpable de cómo un Estado procura echar mano de las bondades de estos activos digitales, favoreciendo su creación, distribución y uso, e instituyendo uno propio, ciertamente de diseño y configuración atípica, pero con propósitos económicos claros, erróneamente canalizados, por tanto, sirva la experiencia para proyectar en futuros emprendedores de esta clase de actividades financieras de los desatinos que se deben evitar.

7. Referencias

Abarca, Karelys (2018). *¿El Petro: Cripto-moneda o cripto-deuda?* *Boletín del Observatorio de Gasto Público de cedice* Nro. 47. Consultado: 27/03/2019. Disponible (online): <http://cedice.org.ve/observatoriogp/wp-content/uploads/2018/01/Monitoreo-47.pdf>. 2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-en-europa-situacion-actual.

- Agencia EFE (2018). *China avanza en su intensa lucha contra las criptomonedas, sobre todo contra Bitcoin*. Consultado: 03/11/2019. Disponible (online): <https://www.emol.com/noticias/Economia/2018/02/05/893917/China-avanza-en-su-lucha-contras-las-criptomonedas-sobre-todo-contras-Bitcoin.html>.
- Aguedo, Beatriz (2019). *Apuntes introductorios sobre el riesgo de lavado de activos y financiamiento del terrorismo en las transacciones con criptomonedas*. Consultado: 03/11/2019. Disponible (online): <https://thecryptolegal.com/apuntes-introductorios-sobre-el-riesgo-de-lavado-de-activos-y-financiamiento-del-terrorismo-en-las-transacciones-con-criptomonedas/>.
- Arango, Carlos; Bernal, Joaquín; Barrera, María y Boada, Alberto (2017). *Criptoactivos*. Consultado: 02/04/2019. Disponible (online): http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/documento-tecnico-criptomonedas.pdf.
- Banco Central de Chile (2018). *Informe de estabilidad financiera. Primer trimestre 2018*. Consultado: 03/04/2019. Disponible (online): https://www.bcentral.cl/documents/20143/1024700/IEF1_2018rec4-2criptoactivos.pdf/988cecc2-6e26-66eb-8fda-3649e7db12f1.
- Banco Central Europeo (2015). *Virtual currency schemes - a further analysis*. Consultado: 14/04/2019. Disponible (online): <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemesen.pdf>.
- Banco Central de Venezuela (2019). *Estadísticas*. Consultado: 04/04/2019. Disponible (online): <http://bcv.org.ve/estadisticas/graficos/precios-petro>.
- Bech, Morten y Garratt, Rodney (2017). *Criptomonedas de bancos centrales. Informe Trimestral del BPI, septiembre de 2017*. Consultado: 02/04/2019. Disponible (online): https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1709f_es.pdf.
- Bedecarratz, Francisco (2018). "Riesgos delictivos de las monedas virtuales: Nuevos desafíos para el derecho penal". *Revista chilena de derecho y tecnología*, 7, 1, pp. 79 - 105. DOI: 10.5354/0719-2584.2018.48515.

- Biase, Paula y Mayor, David (2017). *Initial Coin Offerings ("ICOs"): un estudio sobre una nueva forma de financiación en la era digital*. Consultado: 05/04/2019. Disponible (online): http://www.incari.org/upload/Anuario2017/Art04_A2017.pdf.
- Bouveret, Antoine y Haksar, Vikram (2018). "¿Qué son las criptomonedas? La posibilidad de un nuevo tipo de dinero ofrece beneficios y comporta riesgos". *Finanzas y desarrollo*, 55, 2, pp. 26-27.
- Cámara Argentina de Comercio y Servicios (2017). *Informe monedas virtuales. Unidad de estudios y proyectos especiales*. Consultado: 03/04/2019. Disponible (online): http://www.cac.com.ar/data/documentos/38_Informe%20Monedas%20 Virtuales.pdf.
- Carmona, Juan (2018). *Múltiples caras de los criptoactivos. Especial referencia al caso del petro*. Caracas: Academia de Ciencias Políticas y Sociales, 91 pp. Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): <http://www.acienpol.org.ve/cmacionpol/ Recursos/ Noticias/Discurso.pdf>.
- Chamorro, María (2019). *Aspectos jurídicos de las criptomonedas*. Madrid: Blockchain intelligence, 30 pp. Consultado: 10/04/2019. Disponible (online): https://blockchainintelligence.es/wp-content/uploads/2019/04/Art%C3%ADculo-doctrinal_Apectos-jur%C3%ADficos-de-las-criptomonedas-por-M-de-la-Concepci%C3%B3n-Chamorro-Rodr%C3%ADguez.pdf.
- Constitución Nacional. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 5.453. Caracas, Venezuela, 24 de marzo de 2000.
- Contreras, Brian (2019). *Más de un año después de su anuncio, el petro no da pie con bola*. Consultado : 08/04/2019. Disponible (online): <https://talcualdigital.com/index.php/2019/01/02/mas-de-un-ano-despues-de-su-anuncio-el-petro-no-da-pie-con-bola/>.
- Decreto Nro. 3.196. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 6.346 Extraordinario. Caracas, Venezuela, 8 de diciembre de 2017.

- Decreto Constituyente de fecha 4 de abril de 2018, sobre Criptoactivos y la Criptomoneda Soberana Petro. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 6.370 Extraordinario. Caracas, Venezuela, 9 de abril de 2018.
- Decreto Nro. 3.535. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 6.371 Extraordinario. Caracas, Venezuela, 9 de abril de 2018.
- Decreto Constituyente de fecha 20 de noviembre de 2018, sobre el Sistema Integral de Criptoactivos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 41.575. Caracas, Venezuela, 30 de enero de 2019.
- Di Stasio, Alessandro (2018). *El petro tiene un mes en venta pero aún no se puede canjear por nada*. Consultado: 18/04/2019. Disponible (online): <https://efectococuyo.com/economia/el-petro-tiene-un-mes-en-venta-pero-aun-no-se-puede-canjear-por-nada/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ve>.
- Gibbs, Darrin (2017). "La regulación de la criptomoneda en Venezuela (la súbita creación de la "petro" y de la superintendencia de criptomoneda y actividades conexas)". *Revista Electrónica de Derecho Administrativo Venezolano*, 12, pp. 173-213.
- Gómez, Iván (2018). "Todo lo que pueda descentralizarse, será descentralizado: blockchain y la impotencia regulatoria", pp. 55-60 en Martes (ed.) (2018). Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): http://www.elperroylarana.gob.ve/wp-content/uploads/2018/11/el_petro_y_las_criptomonedas_.pdf.
- Instituto Nacional de Ciberseguridad (2014). *Bitcoin una moneda criptográfica. Instituto nacional de tecnologías de la comunicación*. Consultado: 25/03/2019. Disponible (online): https://www.incibe-cert.es/sites/default/files/contenidos/estudios/doc/int_bitcoin.pdf.

- Koenig, Peter (2018). "El petro venezolano: ¿hacia una nueva reserva monetaria mundial?", pp. 130-135 en Martes (ed.) (2018). Consultado: 08/04/2019. Disponible (*online*): http://www.elperroylarana.gob.ve/wp-content/uploads/2018/11/el_petro_y_las_criptomonedas_.pdf.
- Ley Orgánica de Administración Financiera del Sector Público. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 6.210 Extraordinario. Caracas, Venezuela, 30 de diciembre de 2015.
- Ley Orgánica de Hidrocarburos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 38.493. Caracas, Venezuela, 4 de agosto de 2006.
- Lepervanche, Luisa (2018). "Consideraciones Jurídicas sobre Criptoactivos y Petros". *Revista venezolana de derecho mercantil*, 1, pp. 345-387. Consultado: 20/03/2019. Disponible (*online*): <http://fundacioninterjuris.com/wp-content/uploads/2017/01/La-hiper-inflacion-y-sus-efectos-sobre-las-deudas-de-dinero.-Un-enfoque-sobre-la-imprevisio%CC%81n-en-Venezuela.pdf>.
- López, René (2018). "Impacto de las criptomonedas en el sistema financiero del mundo" *Revista CIEG*, 32, pp. 86-94.
- Méndez, Ernesto (2018). *Rodríguez: Presupuesto del año 2019 dispondrá 75,4% para la inversión social*. Consultado: 12/04/2019. Disponible (*online*): <http://www.eluniversal.com/politica/23934/delcy-rodriguez-presenta-el-presupuesto-de-la-nacion-2019-ante-la-anc>.
- Oglietti, Gillermo y Kucher, Federico (2018). "Criptomonedas, criptomoda y criptofuturo. Parte I", pp. 61-68 en Martes (ed.) (2018). Consultado: 08/04/2019. Disponible (*online*): http://www.elperroylarana.gob.ve/wp-content/uploads/2018/11/el_petro_y_las_criptomonedas_.pdf.
- Perdomo, Ligia (2018). *Estas son las casas de intercambio que negociarán el petro*. Consultado: 03/11/2019. Disponible (*online*):

<http://www.bancaynegocios.com/estas-son-las-casas-de-intercambio-que-negociaran-el-petro/>.

- Pereyra, Manuel (2018). *En perspectiva: criptomonedas*. Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): https://www.pwc.com/ve/es/publicaciones/assets/PublicacionesNew/Boletines/En_perspectiva_Criptomonedas_26032018.pdf.
- Redacción EDG (2018). *El Aissami: Inició la preventa del Petro*. Consultado: 15/04/2019. Disponible (online): <https://www.eldiariodeguayana.com.ve/el-aissami-inicio-la-preventa-del-petro/>.
- Royo, Segismundo (2018). "Las ICOs como nueva forma de crowdfunding". *El Notario del siglo XXI, revista del Colegio Notarial de Madrid*, 81, pp. 55-61. Consultado: 12/04/2019. Disponible (online): <http://www.elnotario.es/hemeroteca/revista-81/8908-las-icos-como-nueva-forma-de-crowdfunding>.
- Sánchez, Eleonor (2018). *El Petro, criptomoneda bolivariana que conquistará el mercado*, Coordinación de Prensa del Ministerio del Poder Popular del Despacho de la Presidencia y Seguimiento de la Gestión de Gobierno. Consultado: 15/04/2019. Disponible (online): <http://fnns.gob.ve/index.php/noticias/noticias-fnns/253-el-petro-criptomoneda-bolivariana-que-conquistara-el-mercado>.
- Sarmiento, Jaime y Garcés, José (2016). "Criptodivisas en el entorno global y su incidencia en Colombia". *Revista Le Bret*, 8, pp. 151-171. Consultado: 11/04/2019. Disponible (online): <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/LEBRET/article/view/1691/1306>. DOI: <https://doi.org/10.15332/rl.v0i8.1691>.
- Salas, Luis (2018). "Criptos: entre la utopía y los sueños de la razón", pp. 17-41 en Martes (ed.) (2018). Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): http://www.elperroylarana.gob.ve/wp-content/uploads/2018/11/el_petro_y_las_criptomonedas_.pdf.

- SUNACRIP (2018). *Petro hacia la revolución digital económica*. Consultado: 13/04/2019. Disponible (online): <https://petro.gob.ve/files/petro-whitepaper.pdf>.
- SUNACRIP (2019). Conoce al Petro. Consultado: 13/04/2019. Disponible (online): <https://petro.gob.ve>.
- Villarroel, Astolfo (2018). *La inversión mínima para adquirir petros es de 1.000 euros*. Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): <http://puntodecorte.com/la-inversion-minima-para-adquirir-petros-es-de-1-000-euros/>.
- Zhao, Chi (2018). "Criptomonedas y la nueva oportunidad económica", pp. 42-54 en Martes, D. (ed.) (2018) *El petro y las criptomonedas Un espacio para la discusión*, Caracas: Fundación editorial El perroy la Rana. Consultado: 08/04/2019. Disponible (online): http://www.elperroylarana.gob.ve/wp-content/uploads/2018/11/el_petro_y_las_criptomonedas_.pdf.

Índice acumulado | *Accumulated index*

Nueva etapa

Vol. XII, 1 (1987)

- Altuve Godoy, José Germán: Inter-Relación de los presupuestos operativos financieros
- Cartay, Rafael: Del conocimiento global al parcelario
- Glodsmith, E.: El enfoque ecológico. Carta abierta a Mr. Clausen, presidente del Banco Mundial.
- López, Efraín: Fundamentos matemáticos sobre los números índices
- Ortiz, Ismael: Determinantes de la inflación en Venezuela 1960-1980
- Padrón, David: La evolución del gasto de la Universidad de Los Andes analizada a través de la clasificación económica (Período 1972-1980)
- Rivero M., Luis: Finanzas y crecimiento económico
- Pérez Canales, Benito: La igualdad del aporte de la universidad y la contribución del profesor en los sistemas de jubilaciones del profesorado universitario
- Rodríguez Arias-Bustamante, Lino: Derecho y economía

Vol. XIII, 2 (1988)

- Achong V., Edgar: Un método para hallar la tasa de rentabilidad de proyectos no-simples de inversión
- Contreras, Hugo: Una nota crítica en relación al presupuesto equilibrado
- Garnica de López, Elizabeth: La política económica y las expectativas racionales
- Garnica, Elsy: Una imagen: aplicación del análisis estadístico de correspondencias múltiples
- González M., Pilar: Indicadores sintéticos del rendimiento estudiantil
- McCandless Jr., George: La economía clásica, la economía keynesiana y la economía de oferta
- Mokate, Karen Marie: La evaluación socioeconómica de proyectos de inversión: el estado del arte
- Sánchez, Nicolás: La ciencia del ambiente y el desarrollo económico
- Torres P., José: Reflexión sobre el enfoque de la sociología de la ciencia: hacia una delimitación tentativa
- Torres P., José: Hacia una delineación de los rasgos de los grupos de investigación académica: cotejamiento centro-periferia
- Vela Sosa, Raúl: Hacia una nueva estrategia de desarrollo económico para América latina
- Zavrotsky, A.: Varias definiciones de la estadística

Vol. XIII, 3 (Edición especial, 1988)

- Contreras, Hugo: Efecto de la redistribución del gasto público en Venezuela
- Garnica de López, Elizabeth: El petróleo en Venezuela
- Gutiérrez, Alejandro: La otra cara del milagro agrícola
- Maza Zavala, Domingo F.: Economía y democracia
- Ramírez, Erasmo: Población y democracia
- Rivero, Luis: ¿Y cuál es el papel de la tasa de interés?
- Spinetti, Patrizia y Helio, Varela: La industria en la región de los Andes

Vol. XIV, 4 (1989)

- Contreras, Hugo: La deuda pública venezolana 1979-1988
- Fuller, John W.: La productividad en el transporte urbano
- Goldsmith, Edward: Nuevo enfoque ecológico: «Usted sólo puede ser juzgado por sus acciones», segunda carta abierta al presidente del Banco Mundial, Sr. Conable

- González, Pilar: Aplicación del LISREL al análisis del rendimiento estudiantil
- Grimaldo G., Jaime: Aspectos institucionales y legales de la conservación de cuencas hidrográficas en Venezuela
- Ocaña, Rosa: El costo de los metros en los países en desarrollo: ensayo de análisis y de comparación de los metros de Caracas, Hong Kong, México, Santiago y Sao Paulo
- Rivero, Luis: Las tendencias en la literatura especializada sobre la relación entre finanzas y crecimiento económico
- Sulbarán G., Juan: Aspectos humanos de control
- Vechione de O., Lina: Un modelo del valor del suelo urbano en el área metropolitana de Mérida

Vol. XV, 5 (1990)

- Cartay, Rafael: La construcción de la modernidad: el caso de Carúpano
- Monagas, Antonio José: Planificación del desarrollo científico y tecnológico ¿intervención social o crisis conceptual? (I parte)
- Ramos, Oswaldo: Evolución de la población y proceso de urbanización del estado Mérida período 1941-1981
- Rivero M., Luis: El mercadeo: su concepción moderna y enseñanza
- Toro, Luis: El mercado cambiario en Venezuela

Vol. XVI, 6 (1991)

- Garnica de López, Elizabeth: La economía venezolana, algunos aspectos del programa de ajuste
- Garnica O., Elsy; González, Pilar; Díaz de Pascual, Amelia, y Torres L., Enrique: Análisis discriminante: estudio del rendimiento estudiantil
- Gutiérrez, Alejandro: Situación socioeconómica de las familias del área metropolitana de Mérida
- Monagas, Antonio José: Planificación del desarrollo científico y tecnológico ¿intervención social o crisis conceptual? (II parte)
- Rivero, Luis: Las leyes antimonopolio desde la perspectiva de los economistas
- Urdaneta, Nelson: Relaciones industriales y sociedad industrial

Vol. XVII, 7 (1992)

- Cartay, Rafael: El entorno alimentario mundial
- Gutiérrez, Alejandro: Lineamientos de política científica y tecnológica para el estado Mérida. Área agrícola agroalimentaria
- Márquez P., Juan; Díaz de Pascual, Amelia; y Defives, Gerard: Aplicación del método Statis: factores físico-químicos del agua del embalse Uribante
- Melcher, Dorotea; Mailer, Mattié: Interpretaciones teóricas en torno al «sector informal urbano»
- Mora C., Jesús: Richard Cantillon o la responsabilidad de los propietarios de las tierras en el movimiento económico de la sociedad
- Rivas, Ramón: Del capitalismo de estado a una sociedad de mercado
- Szinetar, Miguel: Industrialización, heterogeneidad y dependencia: un enfoque desde la crisis

Vol. XVIII, 8 (1993)

- Contreras, Hugo: Ingreso y gasto público en los países en vías de desarrollo: Venezuela un caso de estudio

Índice acumulado

- López Añez, Hernán: La investigación y la enseñanza de la economía en Venezuela
- Mattiè, Mailer: El sector informal urbano: trabajadores infantiles en las calles metropolitanas de Mérida
- Mora, Carmen; Pascual, Amelia y Defives, Gerard: Aplicación del método statis: análisis del zooplancton del embalse Uribante
- Mora Contreras, Jesús: La escuela fisiocrática
- Rivero, Luis: La medición del valor del dinero

Vol. XIX, 9 (1994)

- Cartay, Rafael: Control de la cocaína ¿represión o legalización?
- Contreras, Hugo: El presupuesto nacional y la política económica
- Domingo, Carlos; Fargier, María; Mora, Jesús; Rojas, Andrés y Tonella, Giorgio: Viejos y nuevos modelos de Venezuela
- González, Pilar; Díaz, Amelia; Torres, Enrique y Garnica, Elsy: Una aplicación del análisis de componentes principales en el área educativa
- Mattiè, Mailer: El proceso de trabajo: condiciones y medio ambiente en el sector informal urbano en el área metropolitana de Mérida
- Mora Contreras, Jesús: Triple función del petróleo en la sociedad e interrogantes petroleras para Venezuela
- Mora Contreras, Julio: Los trabajadores agrícolas asalariados en una zona de elevado desarrollo urbano, industrial y agrícola

Vol. XX, 10 (1995)

- Defives, Gerard: Análisis de tablas de disimilitudes, representación geométrica de la población
- Garnica Olmos, Elsy: Análisis multivariante sobre la vivienda
- Melcher, Dorotea: La industrialización de Venezuela
- Mora, Julio: Los trabajadores agrícolas asalariados en una zona de elevado desarrollo urbano, industrial y agrícola (parte II)
- Moret Ramírez, Graciela: Aspectos alimentarios del I.N.A.M. en Mérida
- Padrón, Alejandro: La crisis económica y el control de cambio
- Ramos Ojeda, Oswaldo: Estado Mérida: movimiento de la población en el período 1936-1990
- Rivas, Ramón: Venezuela, petróleo y la segunda guerra mundial (1936-1945), un ejemplo histórico para las nuevas generaciones
- Sulbarán, Juan Pedro: El concepto de la responsabilidad social de la empresa

Vol. XXI, 11 (1996)

- Ayesterán, José; J. Ramoni Perazzi; Giampaolo Orlandoni: Crisis y poder: el caso del sistema financiero
- Cartay, Rafael: Aproximaciones a la historia de la gastronomía andina
- Cartay, Rafael: Las crisis económicas y sus repercusiones en la economía venezolana
- Garnica Olmos, Elsy: Análisis de componentes principales en los presupuestos familiares
- Lobo de Delgado, Eva Lina: La integración subregional andina: una estrategia frente al nuevo orden económico internacional
- Mora Contreras, Jesús: Reparto de ingresos petroleros extraordinarios y apertura petrolera en Venezuela: significación
- Orlandoni Merli, Giampaolo: La reingeniería y la dinámica de sistemas

- Rivero, Luis: Los cambios del sistema monetario internacional (1945-1980)
- Rodríguez, Nelson; Gérard, Defives: Zonas y patrones climáticos en la región andina
- Saavedra, Sol: El método de los efectos: una alternativa para la evaluación de proyectos
- Sananes, Marta; Elizabeth, Torres: Un ambiente para análisis de datos

Vol. XXI, 12 (Edición especial, 1996)

- Altuve Godoy, Germán: Alcances de la administración financiera en el último cuarto de siglo
- Araujo, Alice: ¿Qué implica un cambio en el paradigma administrativo?
- Contreras, Ismaira: Un modelo de análisis estratégico para organizaciones sin fines de lucro. Organizaciones agrícolas seleccionadas
- De Abreu Do Reis, Carlos: Readministración
- Márquez, Aura Mayela: El impacto del turismo en Mérida: un estudio del empleo de mano de obra en los establecimientos de alimentos y bebidas
- Paredes, Olga: Los costos y los precios al compás de la crisis económica
- Saavedra, Sol: La administración frente al desarrollo sustentable
- Sulbarán, Juan Pedro: La dimensión ética de la empresa
- Vásquez de Espinosa, Socorro: Por qué transformar y modernizar la carrera de administración y hacia dónde dirigirla

Vol. XXII, 13 (1997)

- Garnica, Ely: El rendimiento estudiantil: una metodología para su medición
- González R. María del S. y Milagros Contreras: Precios y monedas que circulaban en Mérida en el siglo XVI
- Graterol, Adelis: Aspectos teóricos de la deuda externa
- Gutiérrez, Alejandro: El gasto público y la acumulación del capital en la agricultura venezolana
- Maldonado, Fabio: El uso indebido de la teoría de la renta como legitimación del estado rentista
- Orlandoni Merli, Giampaolo: Simulación de dinámica de poblaciones biológicas: un enfoque de dinámica de sistemas
- Ramoni, P. J. y Giampaolo Orlandoni: Sustentabilidad global, comercio internacional y política ambiental
- Rivas, Ramón: El liberalismo económico: una ficción histórica (una respuesta a la concepción estatista de acción democrática)
- Terán, Oswald: Simulación de cambios estructurales y análisis de escenarios
- Torres, Elizabeth: Distribución del índice de acuerdos en diagnósticos

Vol. XXIII, 14 (1998)

- Maldonado, José L.: La estadística como herramienta para el desarrollo de sistemas automáticos reconocedores del habla
- Moreno, Fanny: Efectos de las aplicaciones del programa de ajuste estructural en la industria de alimentos
- Muhern, Alan: La PyMI en Europa y las políticas que le afectan
- Ramos, Oswaldo: Método de Davidovich y migración interna venezolana de la población nativa del siglo XX
- Padrón, Alejandro: Límites de las políticas intervencionistas en Venezuela, Argentina y México
- Ramoni, P. J.: Paridad de intereses: ¿una alternativa para el cálculo del tipo de cambio de equilibrio en Venezuela?
- Sulbarán, Juan P.: El rol de la gerencia en el proceso de cambio

Vol. XXIV, 15 (1999)

- Cartay, Rafael: La filosofía del régimen Perezjimenista: El nuevo ideal nacional
- Domingo, Carlos; Fargier, María; Mora, Jesús; Rojas, Andrés y Tonela, Giorgio: La apertura petrolera en Venezuela dentro del capitalismo rentístico
- Garnica, Elsy: El ingreso como variable estimada
- Ramos, Oswaldo: Leyes de Newton y dinámica migratoria
- Padrón, Alejandro: Las políticas de ajuste estructural (PAE) en Venezuela: rezago social y alternativas para combatir la pobreza
- Ramoni, P.J. y Orlandoni, Giampaolo: Un modelo de consumo de largo plazo para Venezuela
- Toro A., Luis: Venezuela entre el G-3 y el MERCOSUR

Vol. XXV, 16 (2000)

- Añez, Carmen; Roberto Boscán y María C. Useche: Estrategias globalizadoras tendencia histórica del capitalismo
- Cabeza R., María A.: La Industria turística busca nuevos horizontes
- Colmenares L., Gerardo A.: Stratified/Pca: Un método de procesamiento de datos y variables para la construcción de modelos de redes neuronales
- Ponsot B., Ernesto y Víctor Márquez: Modelo de programación lineal de la producción, integrado en un sistema computarizado de producción, inventario y ventas industrial
- Ramoni P., J. y Giampaolo Orlandoni: La demanda de dinero en Venezuela: Un análisis de cointegración (1968-1996).

Vol. XXVI-XXVII, 17-18 (2001-2002)

- Ayesterán José: Análisis costo-beneficio. Una aproximación al análisis de los salarios petroleros colombianos
- Cabeza R. María, Cabrita S. Edgar y Serey S. Raúl: Algunas consideraciones sobre los indicadores de gestión en la educación superior venezolana
- Mora M. José: Análisis comparativo sobre la factibilidad de una unión monetaria suramericana
- Morillo M. Marysela: Sustentabilidad socio-ambiental de la actividad turística receptora. Reflexiones y alternativas
- Rivas Adam y Ramoni P. Josefa: Valoración contingente aplicada al Parque Metropolitano Albarregas (Mérida-Venezuela).
- Rodríguez Armando: Reseña histórica de las innovaciones financieras en Venezuela y el mundo
- Sukhomlin Nikolay: Ley de conservación del precio final en el modelo Black Scholes.

Vol. XXVIII-XXIX, 19-20 (2003-2004)

- Eduardo R. Scarano: Dos concepciones de economía acerca del método: economía sin método versus pluralismo metodológico.
- Wilfredo Toledo: Impulsos de demanda y oferta agregada y las fluctuaciones económicas en Puerto Rico de 1950 a 2002.
- Aquiles Álvarez Valero: Comportamiento del gasto público social en Venezuela. Análisis de conjunto para el período 1980-1998.
- Douglas C. Ramírez Vera: Los modelos de toma de decisión en lo político: armonía y conflicto, y asignación en lo económico: mercado y jerarquía. Elementos para un debate.
- María A. Cabeza y Edwin Corredor: Marco legal de la responsabilidad patronal en la seguridad y salud laboral en Venezuela.

- María de la Fe López, Mercedes Anato y Bertha Rivas: Impacto de los acontecimientos mundiales en el turismo. Casos de estudio

Vol. XXX, 21 (2005)

- Torres Rivas Elizabeth, Salazar Teresa y Rincón Virginia: Aproximación estadística a la violencia familiar en la ciudad de Mérida.
- Lacruz Moreno Félix Fernando: La empresa ambientalmente responsable. Una visión de futuro.
- Quintero de Contreras María Estella: La actividad turística como base económica del desarrollo sustentable de la comunidad de Gavidia ubicada en el parque nacional Sierra Nevada.
- Márquez Pérez Víctor E.: Descripción y caracterización socioeconómica de las familias venezolanas.

Vol. XXXI, 22 (2006)

- Ronald Balza Guanipa: Redondeo, billetes per cápita, efectos psicológicos y reconversión monetaria en Venezuela.
- Marianela Luzardo Briceño: Aplicación de un modelo EWMA para el análisis de control de calidad en la producción de aluminio primario: caso CVG-Venalum.
- Douglas Rivas, José Luciano Maldonado, Rafael Borges y Gerardo Colmenares: Aplicación de los algoritmos genéticos para estimar los parámetros en un modelo de regresión de Cox.
- Álice Araujo Lobo: La mesoempresa como alternativa empresarial para el desarrollo económico local sostenible.

Vol. XXXII, 23 (enero-junio, 2007)

- Gladys Cáceres F. y Helena Hernández V.: La Ley de Asignaciones Económicas Especiales y su papel en la distribución de los ingresos fiscales petroleros (1998-2006).
- María Alejandra Ayala, Rafael Eduardo Borges y Gerardo Colmenares L.: Verificación de los supuestos del modelo de Cox. Caso de estudio: banca comercial venezolana 1996-2004.
- Geniled Pabón Valiente y Josefa Ramoni Perazzi: Diferenciales salariales según sexo en Venezuela (1997-1998): Un enfoque de estimación en dos etapas.
- Juan Pablo Domínguez H.: Costo de capital y riesgo de país: Un análisis econométrico de la tasa de rendimiento esperada en cuatro países latinoamericanos.

Vol. XXXII, 24 (julio-diciembre, 2007)

- Marisol Rodríguez Arrieta y Nilda Bermúdez Briñez. "La iniciativa privada zuliana, motor del empresariado azucarero nacional (1910-1936)", pp. 11-43.
- Ramón Rivas Aguilar. "El proyecto bolivariano: La restitución del ciclo andino y del ciclo octubrista", pp. 45-66.
- Rossana Hernández. "Ideas y creencias en la política económica (1989-1993): Un enfoque teórico y epistemológico", pp. 67-93.
- Josefa Ramoni Perazzi. "The compensating differential principle in the public and private sector: A multivariate statistical analysis approach", pp. 95-112.
- Luis Nava Puente y Surendra P. Sinha, "Medida de acuerdo entre dos clasificaciones de los docentes universitarios", pp. 113-127.
- Milena N. Agostinelli M. "Estimación de los precios latentes de los macronutrientes en un modelo de seguridad alimentaria", pp. 129-146.

Vol. XXXIII, 25 (enero-junio, 2008)

- Carlos Ferrán y Ricardo Salim: Fragilidad pragmática: ¿Las tecnologías informáticas mitigan o se adaptan a deficiencias estructurales del subdesarrollo, pp. 13-45
- Giampaolo Garzarelli: La división del trabajo y la producción voluntaria, pp. 47-60
- José U. Mora: Importancia relativa de los shocks extranjeros y nacionales en la economía venezolana, pp. 61-86
- Melanie Parravano y Luis Enrique Pedauga: Dinámica de participación en el mercado petrolero: Un análisis de cadenas de Markov, pp. 87-115
- Maura Vásquez, Guillermo Ramírez, Alberto Camardiel y Tomás Aluja: Un dispositivo gráfico Biplot para modelar relaciones entre dos conjuntos de variables, pp. 117-130
- Walter Miguel Costa e Inés Küster: La venta relacional: Una aplicación en tiendas de electrodomésticos minoristas en la ciudad de Santa Fe, Argentina, pp. 131-159

Vol. XXXIII, 26 (julio-diciembre, 2008)

- María Luisa Saavedra García: La crisis financiera estadounidense y su impacto en la economía mexicana, pp. 11-41
- Gustavo Marqués y Diego Weisman: La futilidad de criticar el modelo de Simon de elección racional. pp. 43-61
- Eduardo Scarano: La teoría estándar de la racionalidad: Perspectivas metodológicas, pp. 63-92
- Rafael Alexis Acevedo Rueda y José U. Mora: Factores socio-políticos y judiciales como determinantes de la inversión privada en Latinoamérica, pp. 93-118
- José Miguel Sánchez: Valoración contingente y costo de viaje aplicados al área recreativa Laguna de Mucubají, pp. 119-150
- Aura Elena Peña e Hiner Eveli González: Efectos de la producción de la PYME agroindustrial en Mérida, Venezuela: Una respuesta con indicadores ambientales, pp. 151-177
- Marianela Luzardo Briceño: Una metodología híbrida para el modelo de riesgo proporcional de Cox, pp. 179-188
- Milangela del Carmen Morillo Moreno: Hacia una gestión de marketing socialmente responsable: Decisiones de compra y de comunicación, pp. 189-206

Vol. XXXIV, 27 (enero-junio, 2009)

- Verónica Cecilia Gutman: Cambio climático e incentivos a la innovación en tecnologías limpias: ¿Puede más el mercado corregir la mayor falla de mercado de la historia?, pp. 11-35
- Alakh Niranján Singh y AKM Rezaul Hossain: Obligaciones de deuda colateralizadas: Una espada de dos filos del sistema financiero de Estados Unidos, pp. 37-56
- Baudelio Urueña Gutiérrez y Alí Colina Rojas: La eficiencia productiva en las empresas públicas regionales españolas: El caso de las orquestas sinfónicas, pp. 57-86
- Aquiles Álvarez Valero y Fátima León: Debilidades de la globalización y el papel de la responsabilidad social empresarial, pp. 87-119
- Carlos Bustos Flores: La problemática de los desechos sólidos, pp. 121-144
- Nayibe Ablan Bortone y Elías Méndez Vergara: Requerimientos de localización y gestión ambiental de la PYMI en el área metropolitana de Mérida, pp. 145-169
- Mariana Saidón: Biocombustibles: Actores y debates en América Latina, pp. 171-198
- Milángela del Carmen Morillo Moreno: La calidad en el servicio y la satisfacción del usuario en instituciones financieras del municipio Libertador del estado Mérida, pp. 199-223

Vol. XXXIV, 28 (julio-diciembre, 2009)

- Victoria Giarrizzo: Bienestar económico subjetivo: Más allá del crecimiento, pp. 9-34
- Maximiliano Gracia Hernández: Comercio entre México y Chile: Revisión a partir del método estadístico CAN, pp. 35-73

- María Luisa Saavedra García, Teresa de Jesús Vargas Vega y Heriberto Moreno Uribe: Impacto social de una quiebra: Caso de la empresa automotriz mexicana Dina S.A., pp. 75-101
- Mirta H. Vuotto: Algunas referencias sobre la noción de trabajo asociado en el siglo XIX, pp. 103-127
- Josefa Ramoni-Perazzi y Giampaolo Orlandoni-Merli: La relación entre investigación académica y retardo en ascensos: El caso de una universidad venezolana, pp. 129-144
- Cristina Seijo: Los valores desde las principales teorías axiológicas: Cualidades apriorísticas e independientes de las cosas y los actos humanos, pp. 145-160
- Pedro Harmath y Rafael Acevedo: Determinantes económicos de la pobreza total en Venezuela: 1975-2000, pp. 161-189
- Ligia Nathalie García Lobo y María Liliana Quintero Rizzuto: Desarrollo local y nueva ruralidad, pp. 191-212
- Alberto J. Hurtado y Jaime Tinto Arandes: Nueva técnica para medir la pobreza utilizando la teoría de la incertidumbre, pp. 213-237

Vol. XXXV, 29 (enero-junio, 2010)

- Mauricio Nieto Potes, David Ocampo Guzmán e Iván A. Montes Piedrahita: Las lecciones del Tigre Celta para el desarrollo económico y político, pp. 11-36
- Domingo Nevado Peña, José Luis Alfaro Navarro y Víctor Raúl López Ruiz: Relación entre capital intelectual y flujos inmigratorios: Un estudio internacional, pp. 37-56
- Andrés Asiain: Tipo de cambio, precios internacionales y retenciones en un modelo estructuralista de corto plazo, pp. 57-78
- Nilda Tañski, Lucio Báez y Carmen Clérici: Análisis del proceso grupal para la generación de información y conocimiento. Caso de estudio: Empresarios del sector foresto-industrial, pp. 79-108
- Gerardo A. Colmenares Lacruz y Annjolie A. Gil Ruiz: Pronóstico del déficit de viviendas en el estado Mérida, Venezuela mediante redes neuronales artificiales, pp. 109-140
- Armando Rodríguez Zerpa: Innovación y desarrollo local en Venezuela: Oportunidades y dificultades para fomentar la innovación tecnológica, pp. 141-172
- Giuseppe Pulitano y Emmanuel Borgucci: Precio spot y precio futuro de los marcadores Brent y WTI: Comportamiento y determinantes (1998-2008), pp. 173-208
- Sinha Surendra P., Josefa Ramoni P., Elizabeth Torres R. y Giampaolo Orlandoni M.: Modelado del Índice de Capacidad Profesional de profesores universitarios por regresión cuantil: El caso de la Universidad de Los Andes, pp. 209-225

Vol. XXXV, 30 (julio-diciembre, 2010)

- AKM Rezaul Hossain: Elección de localización de sucursales bancarias: ¿Discriminan los pres-tamistas?, pp. 11-48
- Mariana Saidón y Eva L. Bamio: Posibles estrategias comerciales de Argentina frente a las restricciones ambientales externas crecientes, pp. 49-70
- Elena Pisani y Giorgio Franceschetti: Da agrariedade á ruralidade: Novos enfoques á economía, pp. 71-93
- Ruth Guillén y Bernarda Pinilla: Efectos de las fusiones sobre la concentración y eficiencia del sistema bancario venezolano (1998-2005), pp. 95-134
- Blanca De Lima y Marycruz Sánchez: Escenarios del envejecimiento emigratorio en el municipio Tocópero, estado Falcón, Venezuela, pp. 135-162
- Álice J. Araujo Lobo: Conformación de conglomerados de mesoempresas en escenarios económicos e institucionales que contribuyen al desarrollo local, pp. 163-191

Vol. XXXVI, 31 (enero-junio, 2011)

- Nathalie Mathieu-Bolh: Estructura impositiva óptima y restricciones de crédito, pp. 9-53
- Gustavo Marqués y Diego Weisman: Teoría estándar de la decisión y teoría prospectiva: Consideraciones filosóficas respecto al cambio teórico, pp. 55-83
- Osvaldo U. Becerril-Torres, Gabriela Rodríguez Licea y Javier Jesús Ramírez Hernández: Eficiencia técnica del sector agropecuario de México: Una perspectiva de análisis envolvente de datos, pp. 85-110
- Katty Díaz Morales y Nidia Dávila Villarroel: La Zona Libre Científica, Cultural y Tecnológica del Estado Mérida (2000-2006): ¿Una opción para el desarrollo local?, pp. 111-135
- Luis García, Mar Moreno, Edelmira Badillo y Carmen Azcárate: Historia y aplicaciones de la derivada en las ciencias económicas: Consideraciones didácticas, pp. 137-171
- Rossana E. Hernández A.: FEDECÁMARAS: Expresión del cambio institucional en Venezuela (1944), pp. 173-204

Vol. XXXVII, 32 (julio-diciembre, 2011)

- María Luisa Saavedra García y Blanca Tapia Sánchez: Mejores prácticas y factores de competitividad en las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas, pp. 11-36
- Esteban Segundo Martínez Salinas: Contabilidad gubernamental en Colombia: Análisis de las prácticas contables en los fondos locales de salud, pp. 37-66
- Alberto José Hurtado Briceño, Jaime Tinto Arandes y Sadcidi Zerpa: Medición de la calidad de vida en Mérida a través de la lógica difusa, pp. 67-94
- Marysela Coromoto Morillo Moreno y Douglas Rivas: Heterogeneidad de la demanda de servicios de alojamiento turístico en el estado Mérida, Venezuela: Un análisis de clases latentes, pp. 95-115
- Giampaolo Orlandoni Merli, Josefa Ramoni Perazzi, Surendra P. Sinha y Elizabeth Torres Rivas: Factores que inciden en los estímulos monetarios no salariales de los profesores de la Universidad de Los Andes, pp. 117-138
- José Contreras, Nora Guarata y Arturo Reyes: Caracterización de las variables de una matriz de contabilidad social mediante la teoría de la pretopología, pp. 139-167

Vol. XXXVII, 33 (enero-junio, 2012)

- Alí Colina Rojas y Pilar Zarzosa Espina: Análisis de productividad comparada entre empresas de trabajo asociado y empresas capitalistas en España, pp. 11-41
- Elcira Solano Benavides y Gabriel Navarro: Remuneración salarial eficiente en la educación superior en Colombia, pp. 43-63
- Cristhian Villegas Herrera: Economía de género y teoría del crecimiento económico: La relación entre mujeres-madre y agentes consumidores, pp. 65-83
- Elvira del Rosario Velarde López, Ma. Zóchitl Araiza Garza y Eunice Saraí Coronado Rojas: Factores de la empresa y del empresario asociados con las capacidades tecnológicas de algunas Pymes metalmecánicas en México, pp. 85-106
- Pedro Harmath y Josefa Ramoni: Fronteras estocásticas e ineficiencia salarial en Venezuela, pp. 107-142
- Georges Jabbour, Vicente Ramírez y Carely Guada: Comparación del poder adquisitivo del salario mínimo venezolano con el de cuatro países latinoamericanos en 2008, pp. 143-164

Vol. XXXVII, 34 (julio-diciembre, 2012)

- José Reyes Bernal Bellón y Carlos Arturo Meza Carvajalino: La interacción entre el multiplicador y el acelerador: Una aproximación para Colombia, pp. 11-32
- Mariana Saidón: Valoración ambiental del reciclado de residuos: El caso de Quilmes, Argentina, pp. 33-53

- Yasmin Briceño Santafé y Giampaolo Orlandoni Merli: Determinación de indicadores de riesgo bancario y el entorno macroeconómico en Venezuela (1997-2009), pp. 55-88
- Alberto Gregorio Castellano Montiel: La demanda de dinero y la sustitución de monedas y de activos en Venezuela: 1997-2008, pp. 89-120
- José Contreras, Andrés Santeliz y Oscar Carvallo: Patrones de eficiencia técnica en el sector manufacturero venezolano (2007), pp. 121-137
- Agustina Borella: Aislamiento y modelos económicos en el realismo crítico, pp. 139-152

Vol. XXXVIII, 35 (enero-junio, 2013)

- Ismaira Contreras y Alicia Gómez: Impacto en las variables financieras de los prestatarios AVANZAR en Buenos Aires, Argentina. Período 2000-2012, pp. 11-56
- José Miguel Sánchez U.: Valoración contingente y experimentos de elección aplicados en el Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela, pp. 57-100
- Bladimir David Pozo Sulbarán: La equivalencia ricardiana: ¿Una curiosidad teórica? Algunos indicios para el caso venezolano (1950-2010), pp. 101-125
- María Luisa Saavedra García, Máximo Jorge Saavedra García y Deyanira Bernal Domínguez: Proyecto de inversión externa de una firma de autopartes: Opciones reales versus evaluación financiera, pp. 127-156
- Samaria Muñoz de Camacho y Bernarda Pinilla: Segmentación del mercado laboral venezolano desde una perspectiva de género, pp. 157-187
- Yesenia Polanco Pantoja: Repercusiones del Acuerdo de Asociación con la Unión Europea para la economía nicaragüense, pp. 189-215

Vol. XXXVIII, 36 (julio-diciembre, 2013)

- Sadcidi Zerpa de Hurtado, Rita Giacalone y Alberto J. Hurtado: Índice multidimensional para las empresas del sector de bebidas alcohólicas en Venezuela, pp. 9-32
- Felix Fuders, Cristian Mondaca y Mustapha Azungah Haruna: El dilema del Banco Central, la paradoja inflación-deflación y una nueva interpretación de las ondas de Kondratieff, pp. 33-66
- José G. Vargas-Hernández, Deyanira Bernal Domínguez y Rubén Miranda López: Distribución del ingreso en empresas multinacionales por medio de precios de transferencias, pp. 67-84
- José Contreras y Nora Guarata: Inflación y variación de precios relativos en Venezuela, pp. 85-122
- Marysela Coromoto Morillo Moreno y Milángela Del Carmen Morillo Moreno: Mucuposadas: Experiencias de turismo sustentable en el estado Mérida, Venezuela, pp. 123-141

Vol. XXXIX, 37 (enero-junio, 2014)

- José Miguel Sánchez U.: Estimación de costos ambientales del funcionamiento del nuevo sistema teleférico de Mérida, Venezuela, pp. 9-33
- Ligia García Lobo, José Daniel Anido R. y María Isolina López Pérez: Certificación de sistemas de conocimientos agrícolas no certificados mediante el currículum universitario basado en competencias, pp. 35-56
- Carlos Enrique Bustos Flores: La competitividad del sector industrial del estado Mérida, Venezuela, pp. 57-76
- Olivier Mesly, María del Carmen de la Orden de la Cruz y Juan Francisco Núñez Grapain: Las acciones de participación preferente en España. ¿Un caso de depreedación financiera?, pp. 77-99

Índice acumulado

- Víctor Pérez, Daniel Ramírez, Carlos Quintero y Armando Borrero: Disposición de las empresas de la ciudad de Mérida, Venezuela a participar en mercado alternativo bursátil, pp. 101-124

Vol. XXXIX, 38 (julio-diciembre, 2014)

- José Contreras y Nora Guarata: Determinantes de la inflación en Venezuela: Enfoque de sobrecostos, pp. 9-31
- Carlos Eduardo Carrasquero Luces: Trascendiendo la ortodoxia monetaria: La nueva estrategia de la banca central moderna, pp. 33-58
- Iraima C. Meléndez Muñoz y Fabio Maldonado-Veloza: El institucionalismo como factor determinante en el proceso de gobernabilidad, pp. 59-86
- Mariana Saidón: Cambio climático: Percepciones, comportamientos y políticas frente a fenómenos agregados, pp. 87-109
- Marysela Coromoto Morillo Moreno y Milángela Del Carmen Morillo Moreno: Sistema Turístico del Estado Mérida, Venezuela: Elementos de Oferta, pp. 111-142

Vol. XL, 39 (enero-junio, 2015)

- Márcia Cristina Silva Paixão y Jorge Madeira Nogueira: Inversión extranjera directa y medio ambiente: estado del arte en la investigación, pp. 11-36
- Yadira Vega-Ojeda y Diana Bravo-Benavides: Índice ambiental de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales del Ecuador, pp. 37-71
- Juan Carlos Guevara Guevara: Causalidad bidireccional entre el crédito empresarial y al hogar: casos de la Eurozona y Venezuela, pp. 73-118
- Virginia Rondón de Medina: Cambio institucional y política laboral en el período del general Eleazar López Contreras (1936-1941), pp. 119-152
- Albio Márquez: El dilema explicación-comprensión en la ciencia económica, pp. 153-175
- Félix César Mejías Garrido: La jerarquía analítica como herramienta para la toma de decisiones en la gestión pública, pp. 177-197
- María Emilia Guevara Estacio: Competencias Laborales Genéricas del Técnico en Organización Empresarial, desde la Perspectiva de sus Formadores, pp. 199-225

Vol. XL, 40 (julio-diciembre, 2015)

- Marysergia Esther Peña Guerra y Luisa Maribel Rivero de Elcure: Crisis de las hipotecas subprimas y su impacto en la economía venezolana, pp. 11-46
- Nery Roxana Sánchez Guerrero, Luis Enrique Vargas Osorio y Alberto José Hurtado Briceño: Metodología para la construcción de la cuenta satélite de agroindustria: caso Venezuela, pp. 47-66
- Cindy Ovalles y Luz M. Rondón: Análisis socio económico de los nuevos asentamientos informales del municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela, pp. 67-89
- Diego Fernando García Vélez: La pobreza en Ecuador a través del índice P de Amartya Sen: 2006-2014, pp. 91-115
- Adriana Jiménez-Torres y Priscilla Massa-Sánchez: Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador, pp. 117-137
- Carlos T. Salazar Tovar: La caoticidad de los entornos, un reto a los planes de desarrollo sostenible en Venezuela, pp. 139-169
- Armando M. Jiménez y Hermelinda Camirra: Nuevas tendencias del mercadeo internacional: enfoque del branding y su vinculación con el consumidor, pp. 171-186

Vol. XLI, 41 (enero-junio, 2016)

- Alberto Flórez, Víctor Márquez y Ana Flores: Índice de pobreza alimentaria para los hogares venezolanos, pp. 11-41

- Agustín Morales: La política agroalimentaria entre 2002 y 2014: una referencia al caso de los productos lácteos, pp. 43-71
- Santiago Salazar Marroquín: Programas sociales de alimentación y nutrición del Estado ecuatoriano, estrategia nacional en favor de la alimentación saludable, pp. 75-98
- Víctor Julio Jácome Calvache: Economía popular y solidaria en la comuna San José de Cocotog, Quito: estudio de la producción del cuy, pp. 99-130
- Carmen Magaly León Segura y Carmen Mesa León: Aproximación a la evaluación de impactos de los subsidios para construcción de viviendas: caso La Habana Vieja, Cuba, pp. 131-152
- María Barrios, Marlene Peñaloza y Daniel Ramírez: Factores de permanencia y éxito competitivo en la PyMI del municipio Libertador de Mérida, Venezuela, pp. 153-177

Vol. XLI, 42 (julio-diciembre, 2016)

- Sebastián Burgos Dávila y Fernando Cando Ortega: Pobreza multidimensional: índice de Alkire y Foster para Ecuador, pp. 11-52
- Fabricio Zanzzi, Ana Lisbeth Cordero Linzán y Mayra Gabriela Cordero Linzán: Reformas tributarias modeladas con vectores autoregresivos: Caso Ecuador, pp. 53-75
- María A. Márquez S.: Diversificación de la estructura exportadora de la Comunidad Andina: análisis a través del índice Herfindahl-Hirschmann, pp. 77-104
- Hurtado Briceño, Alberto José: Medición del impacto de la Misión Alimentación en Mérida a través de la lógica difusa, pp. 105-132
- Katty M. Díaz Morales y Ángel G. Hernández: Seguridad alimentaria y nutricional en Venezuela: análisis desde el enfoque de las capacidades y el desarrollo humano, pp. 133-158
- Wolfgang José Meneses Vivas: Comentarios sobre el marco jurídico de las inversiones extranjeras en Venezuela, 159-188

Vol. XLII, 43 (enero-junio, 2017)

- Teresa de J. Vargas Vega, Zeus S. Hernández Veleros y Eleazar Villegas González: El crecimiento económico y el desarrollo financiero: evidencia para tres países de América del Norte, pp. 11-50
- José G. Vargas-Hernández y Víctor Manuel Castillo Girón: El liberalismo económico de la escuela de Salamanca y su influencia en el desarrollo institucional y organizacional, pp. 51-84
- Yulien Herrera Díaz, Antonieta Madeley Guerrero Veliz y Alexandra Maribel Bautista Segovia: Estudio sobre arreglos productivos locales en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador, pp. 85-111
- Alberto David Martínez Castillo: La intervención del Estado venezolano en la economía 1936-2016: alcances y límites, pp. 113-139
- Marysela Coromoto Morillo Moreno y Milángela Del Carmen Morillo Moreno: Determinación de precios en el marco de la Ley Orgánica de Precios Justos en Venezuela, pp. 141-174
- Ángel Pérez: Aproximación a la economía social y solidaria: cooperativismo venezolano, pp. 175-210

Vol. XLII, 44 (julio-diciembre, 2017)

- Verónica Gutman: Economía y Cambio Climático: Un análisis económico de las decisiones de mitigación en América Latina, pp. 11-36
- Alejandro Gutiérrez y Maritza Rosales: Elasticidades de corto y largo plazo de las importaciones agroalimentarias en Venezuela, pp. 37-54
- Víctor E. Márquez Pérez, Franklin Camacho, Miguel Manzanilla y Ana Ides Chacón: Patrones de consumo alimenticios del venezolano usando Análisis de Componentes Principales, pp. 55-73

Índice acumulado

- Dyanna Ruíz, Jhonathan Carrero, Miguel Márquez y José Torres: Matriz FODA aplicada al corredor fronterizo San Antonio, Venezuela - Cúcuta, Colombia, pp. 75-97
- Odalis Morales Morales: El sistema de control interno en las posadas turísticas del estado Mérida, Venezuela, pp. 99-127
- Jaime Tinto Arandes, Kléber Antonio Luna Altamirano, William Henry Sarmiento Espinoza y Diego Patricio Cisneros Quintanilla: Modelo de creatividad STIM12 para el diseño de calzado de dama bajo el enfoque de subconjuntos borrosos, pp. 129-152

Vol. XLIII, 45 (enero-junio, 2018)

- José Contreras, Karelys Medina: Dinámica de la estructura productiva venezolana: 1950-2012, pp. 11-48
- José Carrión Pesantez, Diego Ochoa-Jiménez: Endogeneidad de la tasa natural de crecimiento económico en el Ecuador: 1970-2014, pp. 49-71
- José Miguel Sánchez: Fallas de mercado, percepción y lógica de los comunes. Caso: Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela, pp. 73-103
- Priscilla Massa Sánchez, Kevin Jiménez, Gabriela Jaramillo Loaiza: Minería a gran escala en el sur de Ecuador. Los beneficios locales del proyecto minero Mirador, pp. 105-123
- Carlos Humberto Monsalve López, Néstor Moreno Meza: Project finance en países en desarrollo: estudio de casos del sector energético en Colombia, pp. 125-145
- Jean-Denis Rosales Gutiérrez: Reflexiones sobre la Asamblea Nacional Constituyente y la Constitución Económica, pp. 147-178
-

Vol. XLIII, 46 (julio-diciembre, 2018)

- Bryan X. Calderón y Diego García-Vélez: La pobreza multidimensional en Ecuador: ponderación de dimensiones, pp. 11-30
- Natalia Chaparro Cediell y Heivar Yesid Rodríguez Pinzón: Efecto de la tasa de interés de intervención en los establecimientos de crédito en Colombia, pp. 31-63
- José Mora: Modelo teórico de oferta y demanda agregada para la economía venezolana, pp. 65-100
- Carlos Peña: Relación infraestructura-crecimiento económico en Venezuela, 1950-2008, pp. 101-124
- Ángel Pérez: Conociendo a los precursores del capital humano, pp. 125-164
- Luz Marina Rondón de Delgado: Marco regulatorio del mercado de suelo y de la vivienda en Venezuela, pp. 165-202

Vol. XLIV, 47 (enero-junio, 2019)

- Ismaira Contreras de Ussher y Alejandro Gutiérrez: Desempeño financiero de las cajas rurales del estado Mérida, Venezuela, pp. 9-45
- Alicia Játem Lásser y Trigal Perdomo Játem: Ecología Industrial: ¿Un enfoque sistémico ambientalista para una aproximación a la economía sostenible?, pp. 47-74
- Cristian Rabanal: Convergencia económica regional: una aproximación al caso de Argentina y Brasil, pp. 75-100
- Luis Ramón Cázares Sánchez, María Luisa Saavedra García y Blanca Tapia Sánchez: Creación de valor en la industria cervecera artesanal mexicana, pp. 101-130
- Ángel Zambrano y Heiberg Castellanos: Sistemas de información de las MiPYMEs en la provincia de El Oro, Ecuador: diagnóstico y propuestas, pp. 131-148
- Royman Guao Samper: Economía de la información y mercados financieros. Interpretación del pensamiento de Stiglitz, pp. 149-173

Varios | *Various*

Institutos y centros de investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales (IIES)

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 3er. Nivel, Mérida 5101,
Venezuela. Teléfono: 58+274+2401081, Fax: 58+274+2401120. E-mail: iiesula@ula.ve

Instituto de Estadística Aplicada y Computación (IEAC)

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 1er. Nivel, Mérida 5101,
Venezuela. Teléfono: 58+274+2401116, Fax: 58+274+2401115. E-mail: ieac@ula.ve

Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial (CIDE)

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Sección de
Postgrado Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 2do. Nivel, Mérida
5101, Venezuela. Teléfono: 58+274+2401133. Fax: 2401136. E-mail: cide@ula.ve

Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL)

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Sección de
Postgrado Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 2do. Nivel, Mérida
5101, Venezuela. Teléfono y fax: 58+274+2401031. E-mail: ciaalgut@ula.ve

Centros de postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

Doctorado en Estadística

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 1er. Nivel, Mérida Estado
Mérida 5101, Venezuela. Teléfono: 58+274+2401116, Fax : 58+274+2401115.
E-mail: ieac@ula.ve

Doctorado y Maestría en Ciencias Contables

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Núcleo
Universitario Liria, Edificio F, "Juan Carvallo" planta baja, Mérida Estado Mérida 5101,
Venezuela. Teléfono y Fax: 58+274+2401165. E-mail: contaduria@cantv.net

Doctorado en Formación en Empleo y Desarrollo Regional

Convenio Universidad de La Laguna (Tenerife, España). Coordinación de Doctorado
Cooperativo, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" planta baja, Mérida Estado
Mérida 5101, Venezuela. Teléfono y Fax: 58+274+2401061. E-mail: aquilesa@ula.ve

Maestría en Estadística Aplicada

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Núcleo Universitario Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 1er. Nivel, Mérida Estado
Mérida 5101, Venezuela. Teléfono: 58+274+2401116, Fax: 58+274+2401115.
E-mail: ieac@ula.ve

Maestría en Economía

Sección de Estudios de Postgrado de Economía (SEPEC) Universidad de Los Andes,
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Núcleo Universitario Liria, Edificio G,
"Leocadio Hontoria" 3er. Nivel, Mérida Estado Mérida 5101, Venezuela.
Teléfono: 58+274+2401085, Fax: 58+274+2401084. E-mail: possepec@ula.ve

Maestría en Administración

Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial (CIDE) Universidad de Los Andes,
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Sección de Postgrado Núcleo Universitario
Liria, Edificio G, "Leocadio Hontoria" 2do. Nivel, Mérida Estado Mérida 5101, Venezuela.
Teléfono: 58+274+2401135. Fax: 2401136. E-mail: cide@ula.ve