

## **Método Markov-Vacio para el análisis de la gestión de riesgo de mercado**

Vacio, Iván Alejandro, Paredes, Raúl y Antillón, Héctor

I. Vacio, R. Paredes y H. Antillón

Universidad Tecnológica de Hermosillo  
alexvacio@hotmail.com

R. Paredes, N. Peña, I. Vacio (eds.) *La Micro y Pequeña Empresa: Un análisis desde la perspectiva económico-administrativa*. Tópicos Selectos de Micro y Pequeñas Empresas -©ECORFAN-San Juan del Río Querétaro, 2016.

## Resumen

En la presente investigación se examina la propuesta del Método Markov-Vacio como una herramienta para el análisis de la gestión de riesgo de mercado. Para ello fue necesaria la construcción de una maqueta o modelo de competencia entre dos empresas, tomando en cuenta un escenario de desequilibrio de mercado, con desbalance de lealtad. De esta manera y mediante el muestreo estadístico controlado se pudieron simular proyecciones futuras del mercado, a varios periodos, considerando información histórica y desde la perspectiva de alto riesgo de mercado. Al final, se prueba la efectividad del método, sin perder de vista algunas consideraciones.

Cadenas de Markov: Método que utiliza el cálculo matricial para estimar el valor futuro de mercado considerando el mercado actual y la lealtad, de dos o más empresas que compiten entre sí. Matriz de transición: Es la matriz donde se expresa el grado de lealtad y deslealtad de clientes, de dos o más empresas que compiten entre sí. WinQsb: Software conocido por sus siglas en inglés: “Quantitative Systems for Business”, que significa “Sistemas Cuantitativos para Negocios”.

**Palabras clave:** Cadenas de Markov, Matriz de transición, WinQsb.

## Introducción

En el ámbito académico, el tema de las cadenas de markov es un poco controvertido por varias razones. Una de ellas se debe a que en la actualidad es presentado en un número muy breve de publicaciones. En libros de texto, aparece sólo en algunos casos donde se observan temas de probabilidad, estadística y matrices. En los ejercicios prácticos es común que la metodología se muestre utilizando variables bautizadas como “x” o “y”, sin que se pueda figurar una aplicación verdaderamente practica en el mundo de los negocios. Sin dejar de lado el hecho de que en la mayoría de los textos presentan una metodología un tanto rebuscada en cuanto a la lógica matemática (o esta viene presentada de forma parcial), generándose un aura de mística, cuando en realidad no es una metodología tan complicada.

En Latinoamérica, los artículos de investigación y en textos de formato libre que hablan sobre el tema, vienen centrados en su mayoría, en temas sobre Ingeniería, procesos industriales, agronomía y minería. En el área de negocios presentan una aplicación casi nula (con excepción de un problema del “supermercado”, que se ha replicado en la mayoría de los textos de formato libre que hablan de cadenas aplicadas a negocios). Tal vez por eso, en México, las cadenas de Markov es un tema que muchos académicos y estudiantes desconocemos, no sólo del área de ingeniería, sino también del área de administración.

En otros países, el modelo de Markov es un tema un poco más accesible, sobre todo en estados unidos, donde, desde finales de los 60’s (Armstrong y Farley, 1969) su campo de aplicación dejó de ser exclusivo del área industrial y se extendió al área de los negocios, a predecir aspectos como tasa de mercado y lealtad de los clientes hacia un producto o servicio. Todavía a finales de los 70’s, la teoría sobre cadenas de markov y su uso en la mercadotecnia apenas se menciona (Lee y Chor 2002), tomando un poco de más fuerza durante la década de los 80’s. Es a partir de los 90’s donde el uso de las cadenas de Markov aplicada en la mercadotecnia, es más notable.

Es hasta 2016 cuando Vacio (2016) prueba la efectividad del método, encontrando que el modelo si es efectivo en un 97.75% para detectar cambios en el mercado futuro (en el tercer periodo), cuando no se cuentan con datos históricos (lealtad, transición de clientes y mercado), tanto de la empresa para la que se realiza el estudio, como de la competencia. Esto nos llevó a pensar en la propuesta de un nuevo método de proyección de mercados futuros que considere datos históricos (de nosotros y de la competencia) y que entregue resultados en una perspectiva de alto riesgo de mercado (para la empresa que se realiza el estudio). Que nos muestre el peor escenario posible y eso nos mueva a ser más competitivos. Como se había comentado con anterioridad (Vacio et. al., 2016) a pesar de que en las últimas tres décadas el uso de las cadenas de Markov ha comenzado permear en el área de los negocios, el número de aportaciones o investigaciones sobre el tema, en general, siguen siendo escasos.

Si bien algunos autores tales como: Pfeifer y Carraway (2000); Uslu y Cam (2000); Netzer, Lattin y Srinivasan (2008); Youn, Song, y MacLachlan (2008); Clement, Festus y Caleb (2012); Umoh, Awa y Ebitu (2013); Lee y Chor (2002); y García y Domínguez (2012) aplican cadenas de markov en cada uno de sus casos de manera ejemplar, no hacen mención o referencia (personal o de otros autores), que aporte, cuestione, o al menos de señales de la necesidad de un análisis de la efectividad del método, en su uso enfocado a los negocios, específicamente a predecir la lealtad y mercado.

Es en (Vacio et. al., 2016) donde se realiza el estudio de la efectividad, revelando que las cadenas de Markov son efectivas para predecir mercados futuros, detectando cambios en la lealtad y en el mercado del 97.75%, en los siguientes tres periodos proyectados. Esto sin contar con la necesidad de información histórica (de la lealtad y el mercado) ya que el modelo de markov no lo considera.

Esto nos lleva a pensar:

- a) ¿Qué pasaría si se contara con información histórica?

Pfeifer y Carraway (2000); Uslu y Cam (2000); Netzer, Lattin y Srinivasan (2008); Youn, Song, y MacLachlan (2008); Clement, Festus y Caleb (2012); Umoh, Awa y Ebitu (2013); Lee y Chor (2002); y García y Domínguez (2012) aplican cadenas de markov en cada uno de sus casos de manera ejemplar, sin embargo el modelo de markov tradicional, el cual no maneja información histórica sobre el mercado y la lealtad.

- b) ¿Qué pasaría si esta información aunque existiera fuera escasa (De los últimos 3 meses o 3 años?)

Debido a que las empresas que van empezando a operar o que son nuevas en el tema contarían con poca información histórica para echar a andar el modelo.

- c) Además como lograr que este modelo pueda reflejar el peor escenario posible, para que la empresa pueda actuar anticipadamente y bajo mayor presión.

Esto bajo una nueva perspectiva de gestión de riesgos de mercado.

Objetivo general.

“Conocer un modelo para predecir el comportamiento del mercado con respecto al tiempo, considerando información histórica en un escenario de alto riesgo.”

Hipótesis de investigación.

Hi: “El método de cadenas de Markov-Vacio si es efectivo como herramienta para la gestión de riesgo de mercado.”

### **Pregunta de investigación**

- 1.- ¿El método markov-vacio puede predecir el comportamiento del mercado con respecto al tiempo, considerando información histórica en un escenario de alto riesgo?
- 2.- ¿El método de Markov-Vacio es efectivo para presentar proyecciones futuras de alto riesgo, para mercados alcistas y a la baja?
- 3.- ¿El método de Markov-Vacio podría ser una herramienta esencial en la Gestión de Riesgo de Mercado?

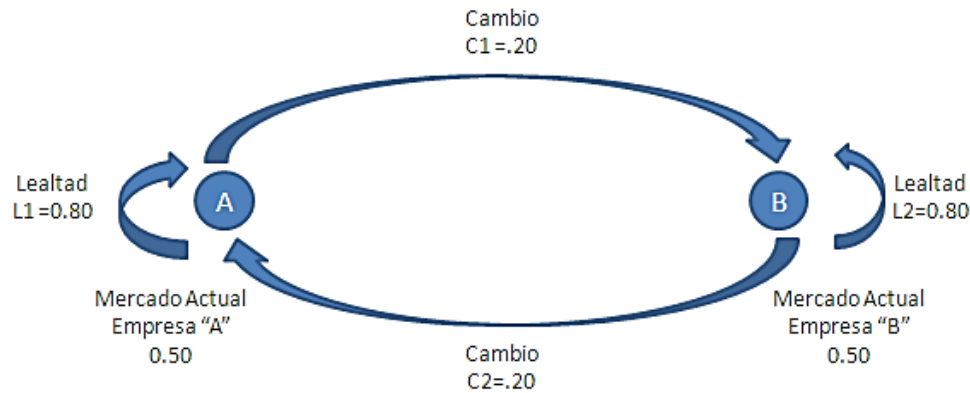
Antecedentes de Investigación.

En cuanto al origen del método, Blanco (2004) ubica los inicios de las cadenas de Markov a comienzos del Siglo XX cuando un grupo de matemáticos famosos, tales como Cardano, Fermat Bernoulli, Laplace, Poisson y Gauss trabajaban en temas entorno a resolver problemas probabilísticos, en una época donde la teoría de probabilidad no era reconocida dentro del ámbito académico como una “disciplina matemática” y francamente se discutía si más bien podría ser una disciplina empírica.

Johnson et. al. (2000) explica que Andrey Andreyevich Markov nació en 1856 y vivió gran parte de su vida en San Petersburgo, cuando esta era la capital en la época del zar Nicolás II. Estudio Matemáticas en la Universidad de San Petersburgo, donde obtuvo sus grados de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Impartió también clases en la misma universidad, cuando en ese entonces el reconocido matemático y estadístico Pafnuty Lvovich Chebyshev (autor del teorema de probabilidad empírica), era jefe del departamento de matemáticas, del cual Markov era seguidor en cuanto a ideas y postulados. A principios de 1900, y posterior a la abdicación del zar, solicitó a la universidad ser transferido a enseñar a un pequeño poblado de la Rusia media. Después de un invierno de hambre Andrey Markov regreso a San Petersburgo, donde su salud se debilitó y falleció.

### **Método de Markov**

En teoría, Chung (1983) describe la cadena de Markov como una partícula que viaja a través de una serie de pasos a lo largo de una recta. Aplicado a los negocios, el análisis de Markov toma como base el porcentaje del mercado que tienen dos empresas (pueden ser más) que compiten entre sí, así como el grado de lealtad que tienen sus clientes en relación a cada una de ellas:

**Figura 1** Empresas a y b en “equilibrio de mercado” (50/50) y balance de lealtad

La tasa de transición se refiere, como se muestra en la Figura 1, que el 80% de los clientes de A y B son leales y el otro 20% (C1 y C2) no lo son y pudieran cambiar sin ningún problema a la competencia; como la cantidad de clientes que se van y se quedan es la misma se pudiera considerar como un balance en la lealtad. También se considera un equilibrio de mercado ya que este se divide 50/50. Más adelante se describen las variables del mercado actual de la empresa a y b como  $X_0$  y  $Y_0$ . García et. al. (2012) describe a las cadenas de markov como un proceso o sucesión aleatoria sin memoria. Esto quiere decir que el estado “futuro” es independiente del “estado pasado”. Sin embargo esto depende de un estado inicial. Esto explica porque el presente del proceso, el futuro y el pasado son independientes (Sarabia, 1996). Si bien una cadena de markov es representada por una sucesión de eventos independientes, estos eventos (tasa de lealtad de la empresa a y empresa b) están representados por una matriz de transición definida por:

$$MT = \begin{pmatrix} L1 & C1 \\ C2 & L2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Donde  $\left\{ \begin{array}{l} L1: \text{ es la probabilidad de mantenerse en el estado actual (leal a la empresa "A")} . \\ L2: \text{ es la probabilidad de mantenerse en el estado actual (leal a la empresa "B")}. \\ C1: \text{ es la probabilidad de cambiar al estado "b" (clientes desleales de "A")} \\ C2: \text{ es la probabilidad de cambiar al estado "a" (clientes desleales de "B")} \end{array} \right.$

Y un estado inicial del sistema o estado actual (como se divide el mercado actual de la empresa “a” ( $X_0$ ), y la empresa “b” ( $Y_0$ ):

$$E_0 = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Donde  $\left\{ \begin{array}{l} X_0; \text{ es el estado actual de a.} \\ Y_0; \text{ es el estado actual de b} \end{array} \right.$

Por lo tanto, para obtener un escenario del primer periodo (año 1) del sistema (estado  $E_1$ ) se realiza la siguiente multiplicación:

$$E_1 = (E_0) (MT) \quad (3)$$

$$E_1 = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L1 & C1 \\ C2 & L2 \end{pmatrix} \tag{4}$$

$$E_1 = [X_0(L1) + Y_0(C2), X_0(C1) + Y_0(L2)] \tag{5}$$

El resultado de  $E_1$  se expresaría de la siguiente manera:

$$E_1 = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{pmatrix} \tag{6}$$

Por lo tanto, para continuar con la sucesión de eventos en el tiempo, para obtener  $E_2$  (año 2), o el estado del período dos, se tendría lo siguiente:

$$E_2 = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L1 & C1 \\ C2 & L2 \end{pmatrix} \tag{7}$$

Es decir:

$$E_2 = [X_1(L1) + Y_1(C2), X_1(C1) + Y_1(L2)] \tag{8}$$

Y así sucesivamente, dependiendo del número de periodos que se desee estimar:

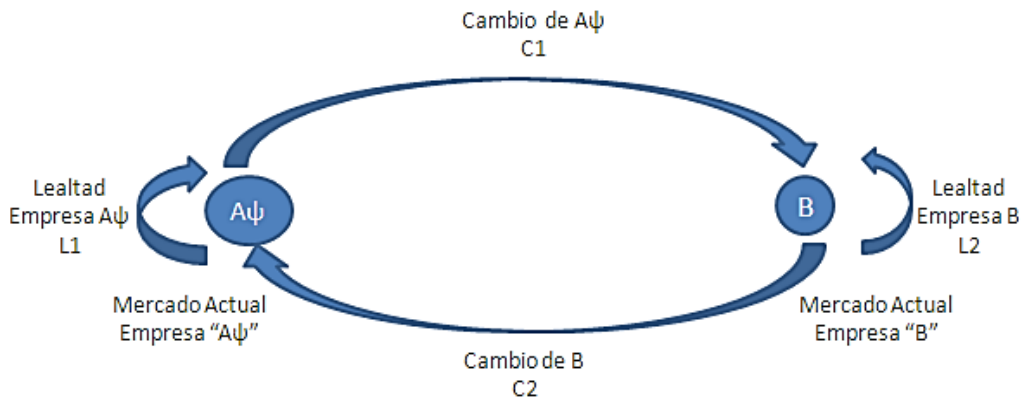
$$E_n = \begin{pmatrix} X_{n-1} \\ \vdots \\ Z_{n-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L1 & \dots & C_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & \dots & L_n \end{pmatrix} \tag{9}$$

El número de variables (o empresas) que se consideren dentro del modelo de Markov puede ser mayor, siempre y cuando haya un balance en el número de renglones del vector del “estado actual” ( $E_n$ ), y el número de columnas y renglones de una matriz cuadrada “de transición” (9).

### Método Markov-Vacio

El primer paso del método Markov-Vacio es seleccionar dos empresas denominadas  $A\psi$  y B, donde  $A\psi$  es la empresa que para la que se desea desarrollar el modelo. A esta empresa se le etiqueta con el simbolo “Psi”( $\psi$ ):

**Figura 2** Primer paso: seleccionar dos empresas



El segundo paso consiste en reunir información de al menos tres datos históricos los cuales pueden ser meses o años, en cuanto a lealtad y cambio que han experimentado en esos periodos las empresas Aψ y B:

**Tabla 1** Lealtad y cambio empresas Aψ y B

	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa Aψ	Empresa B	Empresa Aψ	Empresa B
P1	L11	L21	C11	C21
P2	L12	L22	C12	C22
P3	L13	L23	C13	C23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Pn	L1n	L2n	C1n	C2n

Donde { *L11, L12.. L1n: es la probabilidad de mantenerse en el estado actual (leal a la empresa Aψ) en los en los periodos 1, 2, 3, ... n*  
*L21, L22, L23, ... L2n: es la probabilidad de mantenerse en el estado actual (leal a la empresa B) en los en los periodos 1, 2, 3, ... n*  
*C11, C12, C13, ... C1n : es la probabilidad de cambiar al estado "B" (clientes desleales de "Aψ") en los en los periodos 1, 2, 3, ... n*  
*C21, C22, C23, ... C2n: es la probabilidad de cambiar al estado "Aψ" (clientes desleales de "B") en los en los periodos 1, 2, 3, ... n*  
*El numero de periodos a considerar debe ser n < 20*

El tercer paso consiste en determinar la Media y Desviación estándar para los “n” periodos de la Lealtad de Aψ y B:

**Tabla 2** Calculo de la media y desviación estándar para la lealtad de Aψ y B

	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa Aψ	Empresa B	Empresa Aψ	Empresa B
P1	L11	L21	C11	C21
P2	L12	L22	C12	C22
P3	L13	L23	C13	C23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Pn	L1n	L2n	C1n	C2n
Promedio	$\bar{X}$ Lealtad Aψ	$\bar{X}$ Lealtad B		
Desviación estándar	SA	SB		

Donde {  *$\bar{X}$  Lealtad Aψ: es el promerdio de la Lealtad de Aψ en "n" periodos.*  
 *$\bar{X}$  Lealtad B: es el promerdio de la Lealtad de B en "n" periodos.*  
*SA: es la desviación estandar de la Lealtad de Aψ en "n" periodos.*  
*SB: es la desviación estandar de la Lealtad de B en "n" periodos.*

En el cuarto paso se determina el intervalo de riesgo para Aψ. El intervalo de riesgo representa el peor escenario posible para Aψ. Es decir, se obtiene el valor más bajo posible para la lealtad de A (LAψ) y el valor más alto posible para la lealtad de B (LBψ), de un intervalo, considerando pocos datos históricos (la teoría de pequeñas muestras t student):

$$LA\psi = \bar{X} \text{ Lealtad } A\psi - t_{\alpha/2, gdl} \left( \frac{SA}{\sqrt{n-1}} \right) \quad (10)$$

Donde  $\left\{ \begin{array}{l} LA\psi: \text{ Es el valor más bajo posible para la lealtad de A en los "n" periodos considerados.} \\ \quad \text{(se toma como referencia el valor más bajo del intervalo).} \\ LAprom: \text{ es el promerdio de la Lealtad de A en "n" periodos.} \\ \quad t: \text{ Valor en tabla t student} \\ \quad \alpha: \text{ Error*} \\ \quad gdl: \text{ grados de libertad} \end{array} \right.$

$$LB\psi = \bar{X} \text{ Lealtad } B + t_{\alpha/2, gdl} \left( \frac{SB}{\sqrt{n-1}} \right) \quad (11)$$

Donde  $\left\{ \begin{array}{l} LB\psi: \text{ Es el valor más alto posible para la lealtad de B en los "n" periodos considerados.} \\ \quad \text{(se toma como referencia el valor más alto del intervalo).} \\ LBprom: \text{ es el promerdio de la Lealtad de B en "n" periodos.} \\ \quad t: \text{ Valor en tabla t student} \\ \quad \alpha: \text{ Error*} \\ \quad gdl: \text{ grados de libertad} \end{array} \right.$

\*Se recomienda utilizar una confiabilidad  $(1-\alpha)$  del 95%.

En el quinto paso se toman los valores y se introducen en la cadena de Markov. Por lo tanto, para obtener un escenario del primer periodo, se debe considerar el estado actual del mercado de A y B:

$$E_0 = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Donde  $\left\{ \begin{array}{l} X_0; \text{ es el estado actual de A.} \\ Y_0; \text{ es el estado actual de B} \end{array} \right.$

Por lo tanto, la cadena de markov para el período uno resulta del producto de  $E_0$  y la nueva matriz de transición o matriz de alto riesgo de mercado  $(MT\psi)$ :

$$E_1 = (E_0) (MT\psi) \quad (13)$$

$$E_1 = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} LA\psi & 1 - LA\psi \\ 1 - LB\psi & LB\psi \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$E_1 = [X_0(LA\psi) + Y_0(1 - LB\psi), X_0(1 - LA\psi) + Y_0(LB\psi)] \quad (15)$$

Obteniendo como resultado el escenario de mayor riesgo de mercado de A para el periodo uno. Se realiza nuevamente el proceso hasta el periodo tres. Esto debido a que según Vacio (2016), la habilidad del método para ajustar las proyecciones del mercado a través del tiempo es en general, del 97.75% en el periodo tres. Los cambios que experimenten las proyecciones del mercado futuro a partir del cuarto periodo son mínimos (y tal vez innecesarios). De esta manera el Método Markov-Vacio ofrecería el peor escenario posible, desde una perspectiva de gestión de riesgos de mercado para A, con una confiabilidad del 95% en el intervalo de riesgo y un 97.75% de detectabilidad de cambio al tercer periodo, considerando datos históricos:



$$E_3 = \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{pmatrix} (MT\psi)$$

## Materiales y Métodos

### Materiales

Para la presente investigación fue necesario mostrar la proyección del mercado futuro de un escenario determinado, mediante el método de markov y el método Markov-Vacio de análisis de mercado de alto riesgo. Si bien García et. al. (2012) Explican que una cadena de Markov, y su estado puede evolucionar sólo en puntos discretos en el tiempo (periodos), entonces, para visualizar cual sería el mercado futuro de un escenario fue necesario simular y proyectar el mercado en un punto en el tiempo mediante ambos métodos: método de markov y método de markov-vacio, es decir, con información actual (base cero) y considerando información histórica, comparando al final ambos resultados.

Para el escenario y estado (punto en el tiempo) se debió llevar a cabo un cálculo matricial y con el propósito de obtener una mayor precisión en los resultados de la simulación se utilizó el software WinQsb.

### Población y Muestra

En el contexto estadístico, se entiende por simulación, al método de muestreo estadístico controlado, que se utiliza conjuntamente con un modelo, para obtener respuestas aproximadas a preguntas que surgen en problemas complejos de tipo probabilístico (Villa, 2002).

Para el muestreo estadístico controlado, se requirió la construcción de un escenario que permitiera dar respuesta al objetivo, hipótesis y preguntas de investigación, para lo cual fue necesario definir dos sujetos de investigación: empresas A y B; y el planteamiento de un escenario posible considerando la información histórica de los últimos tres periodos en cuanto a la lealtad y transición o cambio de sus clientes.

### Escenario propuesto

Desequilibrio de mercado (45/35) se refiere a que el mercado actual de A es del 45% y de B el 35%

**Tabla 3** Mercado según la empresa

Empresa	Mercado
A	0.45
B	0.35

La lealtad y tasa de cambio (transición), se muestran a continuación:

**Tabla 4** Lealtad y tasa de cambio según la empresa

	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa A	Empresa B	Empresa A	Empresa B
1	0.35	0.45	0.65	0.55
2	0.27	0.57	0.73	0.43
3	0.22	0.65	0.78	0.35

Como se puede observar, el escenario planteado es de desequilibrio de mercado, donde además, la empresa A presenta una lealtad a la baja mientras la empresa B una tasa de lealtad alcista. Se muestra también información histórica (tres periodos a considerar en el modelo).

## Resultados y Discusión

Una vez realizado el muestreo controlado, mediante software, se organizó la información en tablas acorde a cada uno de los métodos en que se llevó a cabo el experimento. Los resultados se muestran a continuación:

1. Método de Markov: Considerando la tasa de lealtad y transición actual (base cero).

**Tabla 5** Lealtad y tasa de cambio según la empresa

	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa A	Empresa B	Empresa A	Empresa B
1	0.35	0.45	0.65	0.55
2	0.27	0.57	0.73	0.43
3	0.22	0.65	0.78	0.35

Para la estimación del método de markov tradicional se realiza la proyección de los siguientes tres periodos (periodos futuros) los cuales son efectivas tanto para A como para B, (no existe una empresa seleccionada en particular, análisis de riesgo o consideración de datos históricos) sólo se considera el último periodo (periodo actual) como “base cero” y a partir de ahí el método realiza el cálculo; Los resultados se muestra a continuación:

**Tabla 6** Resultados del análisis de Markov para los próximos tres periodos

		Proyección de Mercado (Método Markov)		
		Periodos		
	Mercado actual (año 0)	1	2	3
Empresa A $\psi$	0.45	0.2768	0.314	0.3091
Empresa B	0.35	0.7231	0.6859	0.6908

Como se puede apreciar en la proyección de mercado, la presencia de mercado de A $\psi$  caerá 15 puntos, mientras que el mercado ganado de B se alzaría 34 puntos arriba de su mercado actual, con respecto al tiempo.

- 2.- Método de Markov-Vacio: Considerando datos históricos.

En la siguiente tabla se realiza el cálculo del intervalo de riesgo para A $\psi$ :

**Tabla 7** Cálculo del intervalo de riesgo para  $A\psi$ 

Estimación del intervalo de riesgo para $A\psi$				
	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa $A\psi$	Empresa B	Empresa $A\psi$	Empresa B
1	0.35	0.45	0.65	0.55
2	0.27	0.57	0.73	0.43
3	0.22	0.65	0.78	0.35
Promedio	0.28	0.56		
Desviación estándar	0.0656	0.1007		
t student Gdl, 95% conf.	2.92	2.92		
s /raíz n	0.046368537	0.04636854		
	-	+		
Intervalo	0.144603872	0.6920628	0.85539613	0.3079372

Con la información obtenida se construye la Matriz de Transición de Riesgo ( $MT\psi$ ) para  $A\psi$ :

**Tabla 8** Matriz de Transición de Riesgo para  $A\psi$ 

	Empresa $A\psi$	Empresa B
Empresa $A\psi$	0.1446	0.8554
Empresa B	0.3079	0.6921

Con esta información se realiza la proyección de mercado de  $A\psi$  para los próximos tres periodos:

**Tabla 9** Resultados del análisis de Markov-Vacio para los próximos tres periodos

		Proyección de Mercado Alto Riesgo para $A\psi$ (Método Markov-Vacio)		
		Periodos		
	Mercado actual (año 0)	1	2	3
Empresa $A\psi$	0.45	0.216	0.2726	0.2633
Empresa B	0.35	0.7839	0.7273	0.7366

Como se puede apreciar en la proyección de alto riesgo de mercado del Método Markov-Vacio, la presencia de mercado de  $A\psi$  caerá 18.67 puntos, mientras que el mercado de B subiría casi 39 puntos, con respecto al tiempo. A pesar de que en este método se considera  $A\psi$  como la empresa seleccionada, con los mismos datos requeridos para estimar el análisis de riesgo de mercado para  $A\psi$  (datos históricos), también se puede hacer a la inversa: obtener el análisis de riesgo de mercado para  $B\psi$ , invirtiendo el intervalo de riesgo: En la siguiente tabla se realiza el cálculo del intervalo de riesgo para  $B\psi$ :

**Tabla 10** Calculo del intervalo de riesgo para B $\psi$ 

Estimación del intervalo de riesgo para B $\psi$				
	Lealtad	Lealtad	Cambio	Cambio
Periodo	Empresa A	Empresa B $\psi$	Empresa A	Empresa B $\psi$
1	0.35	0.45	0.65	0.55
2	0.27	0.57	0.73	0.43
3	0.22	0.65	0.78	0.35
Promedio	0.28	0.56		
Desviación estándar	0.0656	0.1007		
t student gdl 95% conf	2.92	2.92		
s /raíz n	0.04636854	0.04636854		
	+	-		
Intervalo	0.41539613	0.42127054	0.58460387	0.57872946

Con la información obtenida se construye la Matriz de Transición de Riesgo (MT $\psi$ ) para B $\psi$ :

**Tabla 11** Matriz de Transición de Riesgo para B $\psi$ .

	Empresa A	Empresa B $\psi$
Empresa A	0.4154	0.5846
Empresa B $\psi$	0.5787	0.4213

**Tabla 12** Resultados del análisis de Markov-Vacio para los próximos tres periodos, en este caso para B $\psi$ 

		Proyección de Mercado Alto Riesgo para B $\psi$ (Método Markov-Vacio)		
		Periodos		
	Mercado actual (año 0)	1	2	3
Empresa A	0.45	0.4868	0.4991	0.4971
Empresa B $\psi$	0.35	0.5131	0.5000	0.5028

Como se puede apreciar en la proyección de alto riesgo de mercado del Método Markov-Vacio, la presencia de mercado de B $\psi$  subiría 15 puntos aproximadamente, mientras que el mercado de A subiría casi 5 puntos, con respecto al tiempo. Haciendo un resumen de los cambios que detecta el modelo de markov vs el método de Markov-Vacio, se muestra lo siguiente:

**Tabla 12** Resumen comparativo del mercado actual vs. Análisis de Markov tradicional vs.el método de Markov-Vacio de gestión de riesgo de mercado, para la empresa A $\psi$ 

		Proyección de Mercado al periodo 3	
		Métodos	
	Mercado actual (año 0)	Markov tradicional	Método Markov-Vacio
Empresa A $\psi$	0.45	0.3091	0.2633
Empresa B	0.35	0.6908	0.7366

Dado que la lealtad de  $A\psi$  (la cual tiende a la baja) y la lealtad de B (alcista) provienen del intervalo de riesgo de  $A\psi$ , en un escenario de mercado actual a favor de  $A\psi$  (.45):

- Markov no considera el intervalo de riesgo; aun así, la lealtad “jala” al mercado de A hacia abajo y “alza” el mercado de B, como era de esperarse; tampoco considera los datos históricos.
- El método de Markov Vacío también opera de forma similar, sin embargo, como este considera el peor escenario posible para A (intervalo de riesgo) considerando datos históricos, presenta un escenario un poco más drástico o de alto riesgo para A, que el que presenta el Método tradicional.

**Tabla 13** Resumen comparativo del mercado actual vs. Análisis de Markov tradicional vs. el método de Markov-Vacío de gestión de riesgo de mercado, en este caso para la empresa  $B\psi$

	Mercado actual (año 0)	Proyección de Mercado al periodo 3	
		Métodos	
		Markov tradicional	Método Markov-Vacío
Empresa A	0.45	0.3091	0.4971
Empresa $B\psi$	0.35	0.6908	0.5028

En el caso de que la empresa seleccionada sea  $B\psi$ :

- Markov no considera el intervalo de riesgo tampoco; aun así, la lealtad “jala” al mercado de A hacia abajo y “alza” el mercado de B, como era de esperarse;
- El método de Markov Vacío también opera de forma similar, sin embargo, como este considera el peor escenario posible (intervalo de riesgo), en este caso para B, considerando datos históricos, presenta un escenario un poco más drástico o de alto riesgo para B, que el que presenta el Método tradicional.

Es importante destacar que acorde con los datos históricos utilizados en el modelo de simulación: la empresa A presenta una tendencia a la baja en su lealtad, y por lo tanto se espera una baja en su mercado futuro; Por otro lado la empresa B presenta una lealtad alcista, lo cual repercutiría en un mayor mercado ganado a futuro. De acuerdo con los resultados, el cálculo del Método de Markov- Vacío es bueno para proyectar escenarios de mercado futuros de alto riesgo, tanto para mercados a la baja como a la alza.

## Conclusiones

Como pudimos ver, método de Cadenas de Markov, es una de las pocas herramientas que permite estimar el comportamiento del mercado a través del tiempo. Esto, considerando la Lealtad y El mercado actual, vistas como variables “independientes”. Pero, ¿en verdad lo son? Según Vacío (2016), por principios estadísticos del método, sí. Sin embargo si se considera la lealtad y el mercado como variables dentro un automóvil (análisis markoviano), el cual tiene varias paradas a través de una autopista (el tiempo), la lealtad sería la que lleva el volante. Es ahí donde el mercado se vuelve un tanto “dependiente” de la lealtad de los clientes, sobre todo a través del tiempo. ¿Entonces la lealtad sí importa? Creemos que sí y mucho. Si no, pensemos cuántos programas de lealtad se han hecho extensivos no sólo en México y en Estados Unidos sino en todo el mundo.

En la vida real vemos casos como el de Ford Motor Company donde al verse incrementada la lealtad en un 1% representa un incremento de cien millones de dólares en utilidades al año (Ridderstrale y Nordstrom, 2000).

¿El método de cadenas de Markov tradicional es entonces efectivo?

Según Vacio (2016) si, si lo es, en el sentido de que puede detectar cambios y realizar ajustes en las proyecciones futuras del mercado, en la mayoría de los casos en que existan cambios (mínimos o drásticos) en la lealtad, ya sea en un clima de equilibrio o desequilibrio de mercado, entre dos o más competidores. En esencia, la habilidad del método para ajustar las proyecciones del mercado a través del tiempo es en general del 97.75%, en el periodo 3 (del tiempo establecido). Los cambios que experimenten las proyecciones del mercado futuro a partir del cuarto periodo son mínimos (y tal vez innecesarios).

¿El método markov-vacio puede predecir el comportamiento del mercado con respecto al tiempo, considerando información histórica en un escenario de alto riesgo?

El problema con el modelo de markov tradicional es que no considera información histórica sobre el comportamiento de la lealtad y del mercado, tanto de nosotros como de la competencia. Sólo considera los cambios en el presente. Lo cual lo vuelve útil en los casos en que no se cuenta con información histórica. Dado que el modelo tradicional no considera datos históricos, no podemos saber si el mercado de una empresa determinada es alcista o va en picada. Tampoco el mercado de la competencia. El Método de Markov-Vacio si advierte de los cambios considerando la información histórica de ambas, aunque esta información sea poca (de al menos tres periodos).

¿El método de cadenas de Markov-Vacio es efectivo para presentar proyecciones futuras de alto riesgo, para mercados alcistas y a la baja?

En este caso, la información histórica de la lealtad y el mercado (no solo de nuestra empresa, sino de la competencia), es algo que las proyecciones de markov-vacio si reflejan, sin importar si la empresa seleccionada presenta un mercado alcista o a la baja, el método devolverá un resultado de alto riesgo de mercado según sea el caso.

¿El método de Markov-Vacio podría ser una herramienta esencial en la Gestión de Riesgo de Mercado?

En cuanto a la validez del modelo; su estimación o estructura matemática (estadística) es válida ya que considerando el tema de la variación, en el cálculo de un intervalo de riesgo apoyado en la teoría de las pequeñas muestras, tomando el lado del intervalo que es peor para la empresa seleccionada (el lado más bajo de la lealtad de sus clientes y el lado mayor de la lealtad de los clientes de la competencia). Todo asociado a una confiabilidad y grado de error.

En otras áreas como la calidad, el modelo de “seis sigma” realiza algo parecido a Markov-Vacio; toma el valor de “z” menor (el lado de la campana de gauss que posee la menor cantidad de desviaciones estándar) y lo considera este como el valor de referencia, obteniendo al final un número mucho mayor de piezas defectuosas de un proceso, del que se obtendría utilizando el cálculo gaussiano clásico. Esto produciría en un gerente de planta “un escenario catastrófico” y “un sentido de urgencia por remediar el problema”, presionando a sus ingenieros a reducir los defectos.

Ese sentido de urgencia lo explica Henry Ford en una de sus obras; cuando habla de aquellos primero judíos exiliados, que se abrieron paso en el mercado de Inglaterra en el siglo XVII, donde este era acaparado por comercios ingleses en su totalidad; al ver la necesidad de poder competir con ellos y poder ofrecer una opción “diferenciada” del resto, aquellos primero judíos en Inglaterra notaron que las demás tiendas se enfocaban a un solo tipo de producto (solo comida, solo ropa, materiales para construir, etc.); es entonces cuando a ellos se les ocurre ofrecer varios productos en una misma tienda: las primeras tiendas de conveniencia y súper mercados.

Además, relata Ford (1930), que esos primeros judíos comerciantes al notar la dificultad de los clientes para pagar de contado los insumos que requerían, inventaron el crédito en abonos pequeños, más un interés. Esto hizo que los comerciantes ingleses calificaran a los comerciantes judíos como “desesperados” como si sufrieran alguna carencia, o al menos eso era lo que creían. Lo que no auguraban es que esa “necesidad” o “sentido de urgencia” estaba enfocada a acaparar literalmente todo el mercado inglés, que fue lo que lograron al final.

En campo de las finanzas, en la actualidad, los analistas de inversiones de fondos de cobertura de Wall Street, que administran cientos o hasta miles de millones de dólares de inversionistas, antes de invertir en la compra de acciones o bonos de deuda para sus clientes, realizan proyecciones a futuro de ese producto financiero que desean adquirir, analizan e investigan una y otra vez la viabilidad de esos bonos o acciones que comprarán, a corto, mediano y largo plazo, donde el determinar el peor escenario posible, es un elemento esencial en su toma de decisiones.

Estos escenarios pesimistas o de alto riesgo los presentan entre ellos mismos, donde se realizan objeciones y se plantean dudas, volviendo a revisar la propuesta de inversión una y otra vez, con nuevos datos e información, hasta estar seguros de invertir el dinero de sus clientes. Prácticamente realizan una “tesis de inversión” sobre un producto financiero de interés, basados en una perspectiva de gestión de riesgos.

En ese sentido podemos ver que en el contexto histórico comercial que plantea Ford () donde se perfila ese hambre de competencia y ganar mercado, así como en la perspectiva actual del área de manufactura por promover ese sentido de urgencia en la mejora de procesos (mediante los escenarios catastróficos que plantea el modelo de seis sigma), así como el de considerar los peores escenarios posibles, en las tesis de inversión (de gestores o analistas de fondos cobertura de Wall Street), es algo esencial que también los mercadólogos y desarrolladores de negocios, deberíamos de adoptar. La gestión de riesgos de mercado. Esto nos lleva a un par de cuestionamientos:

¿Porque solo en Wall Street donde arriesgan capitales de miles de millones de dólares tienen bien definida e instituida la gestión de riesgos, cuando en miles de empresas en México también se arriesgan miles de millones en compra-venta de mercancías, contrataciones, publicidad, etc. y no consideran aun la gestión de riesgos de mercado y su impacto a mediano y largo plazo?

¿Por qué como desarrolladores de negocios no elaboramos tesis de mercado y ver que nos depara el futuro, en escenarios de alto riesgo, para generar ese sentido de urgencia e innovar nuestros productos y servicio?

¿Cuántas empresas en México ni siquiera saben exactamente quién es su competencia?

¿Cuántas empresas en México ni siquiera saben que tan leales son sus clientes? Y ¿Qué tan leales son los de su competencia con su competencia y con ellos?

Creemos que es importante instituir la cultura de la innovación en las empresas a través de un área que se encargue de la función de planeación y análisis del mercado actual, lealtad y competencia (Paredes et al., 2016), la cual se encargue de la gestión de riesgos, donde el modelo de Markov-Vacio pudiera operar como un método que ofrece el peor escenario posible, desde una perspectiva de gestión de riesgos de mercado, para una empresa seleccionada, con una confiabilidad del 95% en el intervalo de riesgo y un 97.75% de detectabilidad de cambio al tercer periodo, considerando datos históricos. Los resultados que el método muestre, al final, pueden ser de gran ayuda para fomentar la competitividad organizacional.

## Referencias

- Armstrong, J., Farley, J. (1969). Markovian A Note on the Use of Markov Chains in Forecasting Store Choice. Reprinted with permission from Management Science, 16(4), 3-6.
- Blanco, L. (2004) Probabilidad Universidad Nacional de Colombia Unibiblos, Colombia, pag. 2.
- Chung, K. (1983) Teoría elemental de la probabilidad y de los procesos estocásticos. Reverté, s.a., España, pag. 281.
- Clement, A., Festus, O., Caleb, O. (2012). Modeling Brand Switching in Consumers' Products. Journal of Economics and Sustainable Development, 3(12), 83-84. ISSN 2222-2855.
- Ford, H. (2005) El judío internacional Ediciones Huguin, México, pag. 321.
- Garcia, I. Dominguez, J (2012) Introducción a la teoría de matrices positivas No. 22 Revista Iniciativa Digital politécnica, 1ra. Edición, Universitat Politecnica de Catalunya
- Garcia, I., Dominguez, J (2012) Introducción a la teoría de matrices positivas No. 22 Revista Iniciativa Digital politécnica, 1ra. Edición, Universitat Politecnica de Catalunya. Pags. 95-99.
- Johnson, D., Mowry T. (2000) Matemáticas finitas, aplicaciones prácticas. Editorial Thomson. pág. 340
- Lee, S., Chor, H. (2002), A Multi-category Approach to Modeling Consumer Preference Evolution: The Case of Sporting Good, Recuperado el 6 de Junio de 2016, <http://gebrc.nccu.edu.tw/proceedings/APDSI/2002/papers/paper159.pdf>
- Lewis, M (2013) La gran apuesta, Debate, México, pag. 115
- Netzer, O., Lattin, J., Srinivasan, V. (2008). A hidden Markov model of customer relationship dynamics. Marketing Science, 27(2), 186-188. doi 10.1287/mksc.1070.0294. Pags. 95-99.
- Paredes, R., Antillón, H., Gastelum, I. and Cervantes, I. (2016). Análisis sistémico de las Mipe en Hermosillo. In: R. Posada, Ó. Aguilar and N. Peña, ed., Análisis sistémico de la micro y pequeña empresa en México, 1st ed. Querétaro: Pearson.



Pfeifer, P., Carraway, R. (2000). Modeling customer relationships as Markov chains, *Journal of Interactive Marketing*, 14(2), 43-44.

Sarabia, A. (1996) *La investigación operativa* Universidad Pontificia de Madrid (ICAI-ICADE), España, pag. 315.

Taha, H. (2004) *Investgación de Operaciones*. Pearson Education, México, pag. 675.

Umoh, G., Awa, H., Ebitu, P. (2013). Markovian Application to Brand Switching Behaviour: A Survey of Toothpaste. *European Journal of Business and Management*, 5(22), 83-84. ISSN 2222-2839.

Uslu, A., Cam, T. (Junio de 2000). Analysis of brand loyalty with Markov chains. En P. Brunda. (Presidencia), *First International Joint Symposium on Business Administration*. Congreso llevado a cabo en Çanakkale, Turkey. Pag.583-584. ISBN: 975-8100-08-4

Vacio, I, Antillón, H., Paredes, R. (2016). Análisis de las Cadenas de Markov como herramienta para proyectar mercados, en un entorno de libre competencia. *Revista Electrónica Ide@s CONCYTEG*, Edición de Noviembre 2016 (por publicar).

Villa, E. (2002), *Tecnicas de simulación para el análisis estadístico de datos de medición*, Recuperado el 6 de Junio de 2016,  
<https://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/descarga/simposio%202002/doctos/te064.pdf>

Youn, N., Song, I., MacLachlan, D. (2008), *A Multi-category Approach to Modeling Consumer Preference Evolution: The Case of Sporting Good*, Recuperado el 6 de Junio de 2016,  
[https://128.255.244.58/marketing/research\\_papers/multi-category%20approach.pdf](https://128.255.244.58/marketing/research_papers/multi-category%20approach.pdf)