

Dos modelos matemáticos para el lavado de activos¹

MARTHA SOLEDAD HERNÁNDEZ MORA^{2, *}
HERNANDO BAYONA RODRÍGUEZ^{3, **}

Resumen

Este documento presenta una corta descripción y los resultados de los artículos de Araújo (2010) y Ng *et al.* (2010). Estos artículos presentan modelos teóricos con enfoques diferentes; el modelo de Araujo (2010) utiliza teoría de juegos evolutiva para mostrar que la eficiencia del combate contra el lavado de activos se sustenta en la conjugación de factores tales como un adecuado diseño de la regulación contra el lavado de activos y una decisión endógena de los bancos y los empleados para cooperar con esta lucha. Por su parte, Ng *et al.* (2010) examina la conveniencia de utilizar procesos de decisión para modelar sistemas de adversarios inteligentes en el mundo real. Hallan un modelo para el proceso de lavado de activos, utilizando el proceso de decisión interactivo parcialmente observado de Markov (I-POMDPs).

Palabras clave: lavado de activos; teoría de juegos; procesos de decisión.

Clasificación JEL: G11, G14, C70.

Abstract

This document present a brief description of Araujo (2010) and Ng *et al.* (2010) papers. This papers makes theory models whit different focus. Araujo (2010)

¹ Artículo de Investigación de la Línea Seguridad y Defensa Multidimensional.

² Investigadora de la Unidad de Información y Análisis Financiero, miembro del Grupo de Investigación "Tanque de pensamiento".

* ms.hernandez134@uniandes.edu.co.

³ Investigador de la Unidad de Información y Análisis Financiero (UIAF), Director del Grupo de Investigación "Tanque de pensamiento", profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia.

** bayonar@unal.edu.co.

Fecha de recepción:
14 de febrero de 2017.

Fecha de aceptación:
20 de mayo de 2017.

Para citar este artículo:
Hernández, M. y Bayona, H. (2017). Dos modelos matemáticos para el lavado de activos. *Perspectivas en inteligencia*, 9(18): 197-205.

show that the efficiency of anti-money laundering combat relies on conjugation of factors such as a proper design of the anti-money laundering regulation and an endogenous willingness of banks and workers to cope against this war. Ng et al (2010) examine the suitability of using decision processes to model real-world systems of intelligence adversaries. They make a model of the money laundering, using interactive partially observable Markov's decision process (I-POMDPs).

Keywords: money laundering; game theory, decision process.

JEL classification: G11, G14, C70.

El modelo de Araújo (2010)

La teoría de juegos estudia el comportamiento estratégico cuando dos o más individuos interactúan y cada decisión individual resulta de lo que cada jugador espera que los otros hagan. La teoría de juegos evolutivos considera la decisión de la población, en la que la frecuencia con que una decisión es tomada puede variar en el tiempo. Esta teoría se concentra en las dinámicas de las estrategias. En el contexto de la teoría de juegos evolutivos, un punto final se llama estrategia evolutiva estable.

Una breve descripción del modelo

Araujo (2010) basa su justificación empírica del rezago en la eficiencia de la regulación antilavado en los escritos de Masciandaro (1999), Masciandaro (2008), Araujo (2008) y Veiga et al. (2006).

Para Araujo (2010) los agentes son el banco y los empleados. Los empleados tienen dos estrategias posibles: combatir el lavado de activos o no. Si deciden luchar contra el lavado de activos, se enfrentan a un costo. Esto significa que son capaces y están preparados para identificar y mostrar la información de cualquier actividad sospechosa en una operación bancaria. Los empleados

pueden ser contratados por una entidad financiera que se ha comprometido a combatir el lavado de dinero o no. Se asume que los empleados no saben qué tipo de institución financiera los contrata. Se definen tres salarios diferentes para los empleados, dependiendo de si están entrenados para combatir el lavado de activos, si no están entrenados o si el banco desea operar ilegalmente.

El banco tiene dos posibles estrategias, operar legalmente (cooperar con la lucha contra el lavado de activos) o ilegalmente (no cooperar con la lucha contra el lavado de activos). Si opera legalmente, tiene dos posibles producciones, una se da operando legalmente y contratando empleados comprometidos en combatir el lavado de activos; la otra producción se obtiene operando legalmente, pero contratando un trabajador que no está entrenado para combatir el lavado de activos. Si el banco opera de manera legal incurre en un costo, pues se debe hacer una inversión que permita al banco conocer sus clientes y generar alarmas de detección, esto conlleva a un proceso de selección de clientes; mientras que, si opera de manera ilegal, no incurre en ningún costo, pues el banco no debe preocuparse por conocer sus clientes ni excluirlos.

Araújo no se tiene en cuenta, cuando se opera de manera ilegal, ningún costo endógeno del banco, tales como costos asociados a riesgo reputacional, riesgo operacional o distorsión de tasas que pueden afectar al sector financiero y al banco. Por último, si el banco opera de manera ilegal tiene la misma producción sin importar qué tipo de empleado contrate, pero puede ser detectado con una cierta probabilidad por una autoridad competente y ser multado.

Dado el enfoque evolutivo, los jugadores pueden revisar sus estrategias en cada periodo de tiempo, comparando sus pagos con el pago promedio. Este enfoque permite introducir un componente de comportamiento de las masas en el modelo y enfatizar en el hecho de que el esfuerzo conjunto de los bancos, empleados y autoridades competentes, es la variable clave para combatir el lavado de activos.

Utilizando estos componentes se hallan las ecuaciones evolutivas para los empleados que luchan contra el lavado de activos y los empleados que no lo hacen. Se hallan los beneficios de equilibrio para los bancos en cada una de las posibles estrategias y se obtiene una expresión de la dinámica del replicador de la proporción de bancos que hacen frente a la prevención del blanqueo de capitales. Las variables cruciales están relacionadas con los costos de cumplimiento, la probabilidad de ser atrapado y la multa a pagar en caso de ser capturados en la operación ilegal. Se obtiene que:

1. Si la pérdida esperada por el castigo es mayor que los costos de cumplimiento, los bancos deciden hacer frente a la prevención del lavado de dinero.
2. Si esta pérdida es menor que los costos de cumplimiento, los bancos deciden no combatir el lavado de dinero.
3. Si este costo es exactamente igual a los costos de cumplimiento, algunos bancos deciden hacer frente a lavado de activos y otros no. Es importante notar que, en este caso, no es posible determinar la fracción de bancos que cooperan y, por lo tanto, tampoco es posible determinar la fracción de los bancos que no cooperan con la prevención del lavado de activos.

Araujo encuentra que existen cinco equilibrios posibles, de los cuales el más probable es que una fracción de los empleados y de los bancos elija combatir el lavado de activos y la fracción restante decida no hacerlo. Este equilibrio final está muy afectado por los parámetros del modelo controlados por las autoridades competentes. Finalmente, concluye que la intensidad de la lucha contra el blanqueo de lavado de dinero es una variable endógena que se ve afectada por la capacidad de las autoridades competentes para diseñar un sistema regulatorio adecuado. Este resultado es muy parecido al obtenido por Masciandaro (2008).

También obtiene que el número de bancos que deciden cooperar con la política contra el lavado de activos afecta el número de empleados preparados o dispuestos a luchar contra él. En este modelo se supone que los costos asociados a no cooperar en la lucha contra el lavado de activos, para los bancos, son exógenos. Este supuesto permite realizar una posible extensión del modelo, considerando que los costos de operar de manera ilegal son endógenos y posiblemente variables en el tiempo⁴. Otro aspecto importante que podría tenerse en cuenta es el monto de las multas que el gobierno impone, pues si la multa impuesta por el gobierno no es significativa con respecto a la ganancia que se obtiene permitiendo una operación de lavado de activos, el banco y los empleados no tendrán incentivos reales para luchar contra él. ¿Cuál debe ser entonces el valor óptimo de la multa que permita que los agentes no tengan incentivos para no luchar contra el lavado de activos?

Aunque no se consideran algunos aspectos fundamentales como los ya expuestos, este artículo es innovador, pues utiliza modelos de teoría de juegos evolutivos para dar un sustento formal a una evidencia empírica.

⁴ Por ejemplo, los costos asociados al riesgo reputacional varían de acuerdo con el momento del tiempo.

Modelo de Ng et al. (2010)

A continuación, se presenta una breve descripción de los procesos de decisión que se consideran en el artículo de Ng *et al.* (2010). Un proceso de decisión de Markov (MPD) es un proceso en el que se considera un solo agente que conoce de manera completa su entorno. El agente realiza intentos para optimizar una secuencia discreta de acciones que permite maximizar la recompensa esperada. Una generalización del MDP es el Proceso de Decisión de Markov Parcialmente Observable (POMDPs). En este se considera un solo agente, que no conoce totalmente su entorno. El agente de oposición generalmente se considera como un ruido. Hay dos métodos para resolver POMDPs: valor⁵ e iteración de políticas⁶. Un proceso de Decisión Interactiva de Markov Parcialmente Observable (I-POMDP) es una generalización de POMDPs a múltiples agentes que pueden tener objetivos diferentes. Cada agente mantiene sus creencias sobre el estado físico del mundo y sobre los modelos para los procesos de decisión de los otros agentes y aumenta su estado actual con el conjunto de modelos de las conductas de los otros agentes, para formar un estado interactivo. El procedimiento de actualización de las creencias es más complicado que en POMDPs, pues las transiciones de estados físicos dependen de las acciones de ambos agentes⁷.

Una breve descripción del modelo

El modelo desarrollado por Ng *et al.* (2010) supone que el proceso de lavado de activos es de tres pasos: Colocación, es el ingreso físico de los dineros “sucios” en el mercado financiero⁸. Estructuración, es la creación de una red de transacciones financieras para ocultar el origen del dinero⁹. Integración: La reintroducción del dinero blanqueado a la economía formal, se mezclan el dinero lavado con fondos de negocios legítimos¹⁰. El proceso de decisión Utilizado por los autores es el proceso de Decisión Interactiva de Markov Parcialmente Observable (I-POMDPs). El modelo está compuesto por agentes,

⁵ La solución óptima es obtenida de manera iterativa, iterando el valor óptimo esperado en cada estado, por medio de ecuaciones parecidas a las de Bellman.

⁶ Se genera un conjunto de políticas mejoradas del tal manera que iterando convergen a la política óptima, evaluando los beneficios esperados en cada etapa y buscando una política mejorada si existe.

⁷ Para predecir el siguiente estado físico del agente i , i debe actualizar sus creencias sobre el comportamiento del agente j , basado en el comportamiento observado y cómo j actualiza sus creencias.

⁸ En este paso se colocan grandes sumas físicas de dinero en cuentas personales, productos de seguros, bonos, etc.

⁹ Por ejemplo, transferencias a países que operan como paraísos fiscales, compañías fachadas, fiduciarias por medio de numerosas transacciones en diferentes jurisdicciones.

¹⁰ Por ejemplo, con empresas de bienes inmuebles, ahorros, casinos.

estados, acciones, probabilidades de transición y de observación, premios y condiciones de finalización del juego.

En general, la dinámica del modelo es la siguiente: si un agente está en un estado, este agente por medio de una acción y con cierta probabilidad puede pasar a otro estado o quedarse en el mismo estado (que puede incluir un estado de observación), estas probabilidades son llamadas probabilidades de transición¹¹.

El modelo utiliza dos agentes: el equipo rojo (lavan dinero), su objetivo es evitar ser capturados mientras colocan los activos “sucios” en un punto “limpio” de la red financiera. El equipo azul (la ley), cuyo objetivo es encontrar y confiscar los activos del equipo rojo. Estados físicos del juego para cada uno de los equipos: Para el equipo rojo se definen 11 estados posibles: {dirty pot, cuentas bancarias, seguros, cuentas en el extranjero, empresas fantasmas, fideicomisos, créditos corporativos, cuentas en los casinos, bienes raíces, clean pot}. El equipo azul tiene nueve estados: {sin sensores, cuentas bancarias, seguros, valores, empresas fantasmas, fideicomisos, créditos corporativos cuentas del casino, bienes raíces}. En total obtendríamos 99 estados conjuntos¹².

Se supone que cada equipo solo puede ocupar un estado en un momento dado del tiempo¹³. De manera análoga al mundo real, el equipo rojo (lava activos) tiene cuatro acciones principales: {Colocación, Estructuración, Integración y Escucha}. Si en un tiempo t la acción se encuentra en estructuración, la siguiente acción puede ser seguir en estructuración o pasar a integración. La mayoría de las acciones del equipo azul se refieren a la colocación de sensores; en particular, hay una acción correspondiente para la colocación de sensores en cada uno de los ocho lugares mencionados en los estados del equipo azul. El equipo azul también tiene una acción especial, Confiscación, en la que intenta apoderarse de los bienes del equipo rojo, para lo que se requiere que ambos equipos ocupen el mismo estado físico. En cuanto a las observaciones, el equipo rojo puede obtener evidencia de la presencia del equipo azul en un número determinado de lugares (bancos, empresas fantasmas y cuentas de casino), ejecutando la acción escuchar. El equipo azul observa al equipo

¹¹ Las probabilidades de transición nos permiten saber cuál es la probabilidad de pasar al estado K , dado que se está en el estado S .

¹² Por cada estado del equipo rojo, el equipo azul puede elegir uno de sus nueve estados.

¹³ Este supuesto es poco realista, pues el equipo rojo puede integrar y utilizar al mismo tiempo cuentas bancarias, seguros para colocar el dinero “sucio”.

rojo a través de informes (como el SARS¹⁴) de la mayoría de los lugares. El equipo azul también puede recibir las observaciones de sus sensores para complementar la información obtenida de los informes. Las probabilidades de transición y la observación son decididas por cada equipo, suponiendo que su valoración es la mejor¹⁵.

La función de recompensa formaliza el progreso del juego y las condiciones de terminación. En concreto, hay una recompensa (o penalidad) de 100 para el equipo rojo (equipo azul) por evadir la captura y llegar a la “clean pot”; por el contrario, hay una pena (la recompensa) de 100 para el equipo azul (equipo rojo) por conocer las estrategias de los que lavan de dinero. Además, la acción de escuchar, para el equipo rojo, tiene una penalidad de 20, si el equipo rojo no es capturado durante ese turno. Las experiencias del equipo azul tienen una penalidad de 25 por una confiscación equivocada (que ocurre cuando los activos del equipo rojo y los sensores del equipo azul están en posiciones diferentes, y el equipo azul toma la decisión de decomisar los activos). Todas las demás acciones tienen una penalidad de 10.

La solución del juego se simuló teniendo en cuenta que cada agente calcula una política, basada en un horizonte de planificación de h y un horizonte para su oponente¹⁶. Los agentes ejecutan sus políticas en un número de turnos basados en sus horizontes, acumulando en cada turno una recompensa o una penalidad. A partir de entonces, cada agente repite su planificación, actualizando sus creencias a partir de la información que obtuvo de la jugada anterior (acción). Este proceso se repite hasta que un agente llegue a una condición de terminación.

La simulación presentó grandes dificultades en la investigación, ya que a pesar de contar con equipos de última tecnología tuvieron que recurrir a simplificaciones del modelo para poder correr las simulaciones. Los autores tenían las siguientes inquietudes, que esperaban resolver con las simulaciones:

1. Dada la asimetría del problema, ¿cuál agente tiene una posición más ventajosa bajo los mismos parámetros?
2. ¿Existe alguna alteración en los parámetros que pueda cambiar la posición de los agentes?
3. ¿Qué genera una mejora en las políticas: planear un horizonte largo o tener creencias más fuertes?

¹⁴ Son reportes de operaciones sospechosas, en Colombia se llaman ROS.

¹⁵ Lo ideal sería que estas probabilidades se hallen utilizando técnicas bayesianas.

¹⁶ El horizonte planeado para el oponente depende de las creencias que el agente tenga de su oponente.

En la simulación se encontró que:

1. Bajo los mismos parámetros el equipo rojo tenía una ventaja, para los parámetros supuestos.
2. Si se alteraban los parámetros, aunque había una ligera ventaja para el equipo azul, esta era muy leve, por ende, no se presentó un cambio en la posición de los agentes.
3. Tener creencias más fuertes da una pequeña mejora en la efectividad de las políticas.

Dado lo reducido de la simulación, es posible que estos resultados cambien.

Este artículo es sumamente interesante, pues crea un proceso en el que los adversarios no son un ruido; es casi como simular una partida de ajedrez, en la que (sin restricciones computacionales) se podría tener una política óptima para cada posible estado de los jugadores; se podría predecir, dado un posible estado, cómo se lavan activos y por ende utilizar las políticas óptimas del juego para detectar las operaciones de lavado de activos.

Una extensión interesante de este modelo¹⁷ se podría realizar al tener en cuenta los estados físicos e incluir las tipologías asociadas al lavado de activos, y así se podría saber, dado un estado y una tipología de lavado de activos, cuál es la probabilidad de transición a otro estado, con la misma tipología, a otro estado con una diferente tipología o al mismo estado con la misma tipología.

Este artículo crea un nuevo proceso que permite simular agentes adversarios, para modelar de manera teórica un problema real.

Una última consideración

Los modelos presentados son sumamente interesantes, pues uno se enfoca en predecir las posibles acciones (en un determinado estado del tiempo) que utilizan los grupos que lavan activos, y el otro artículo muestra de manera teórica la intuición circundante sobre los agentes y sus incentivos. Los dos permiten modelar interacciones entre agentes, utilizando teorías diferentes; los dos son innovadores. Los artículos abarcan aspectos y preguntas fundamentales del estudio del lavado de activos: ¿cuál es la dinámica interna del sistema antilavado de activos?, ¿cuál es la dinámica del proceso de lavado de activos?

¹⁷ Cuando ya existan los equipos para realizar las simulaciones.

Estos artículos muestran que en cuestión de lavado de activos hay mucho por hacer. Que la teoría asociada a Lavado de Activos y a Antilavado de Activos espera mentes dispuestas a contribuir con su conocimiento al bienestar de la sociedad.

Referencias

1. Araujo, R. (2008). Assessing the efficiency of the anti-money laundering regulation: on incentive-based approach. *Journal of Money Laundering Control*, 11(1): 67-75.
2. Araujo, R. (2009b), Assessing the efficiency of the Brazilian anti-money laundering regulation: a game theoretic approach. *Revista de Economia do Mackenzie*, 7(1): 30-42.
3. Araujo, R. (2010). An evolutionary game theory approach to combat money laundering. *Journal of Money Laundering Control*, 13(1): 70-78.
4. Masciandaro, D. (1999). Money laundering: the economics of regulation. *European Journal of Law & Economics*, 7: 225-40.
5. Masciandaro, D. (2008). *Offshore financial centres: the political economy of regulation*. *European Journal of Law & Economics*, 26(3): 307-40.
6. Ng, B.; Meyers, C.; Boakye, K. y Nitao, J. (2010). Towards Applying Interactive POMDPs to Real-World Adversary Modeling. In Rychtycky, N. y Shapiro, D. (eds.) (2010). *Proceedings of the Twenty-Second Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*. Atlanta, Georgia, USA: AAAI, 20.
7. Veiga, L.; Andrade, J. & Rossi, A. (2006). *Money laundering, corruption and growth: an empirical rationale for a global convergence on anti-money laundering regulation*. Proceedings of the 34th Brazilian Economics Meeting.