

**Pronóstico del ciclo económico estadounidense  
como estrategia de asignación de activos en  
portafolio de inversiones**

**Ian Alexei Zelaya Matute**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

# **Pronóstico del ciclo económico estadounidense como estrategia de asignación de activos en portafolio de inversiones**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Ian Alexei Zelaya Matute**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2019

# Pronóstico del ciclo económico estadounidense como estrategia de asignación de activos para portafolio de inversiones

Ian Alexei Zelaya Matute

**Resumen.** Una asignación de activos en base al ciclo económico contrae grandes beneficios en un portafolio con respecto a retorno y riesgo. Los tipos de activos como acciones, bonos y productos básicos tienen un comportamiento cíclico, y por consecuencia predecible, a lo largo del ciclo económico, al igual que subsectores dentro de estos tipos de activos. Se encontró que la combinación de las variables de tasa de desempleo, Indicadores Adelantados Compuestos hecho por OECD e intereses federales genera señales precisas para cambios de etapa del ciclo económico al usarlos con una lógica de causa y efecto. Estas señales fueron creadas usando un autómata finito que cambia de etapa dependiendo de parámetros especificados con respecto a las variables. En el periodo de 1980-2018, las señales creadas por el autómata finito sirvieron como indicadores adelantados y coincidentes para todos los cambios de etapa. Esto sugiere que el autómata finito brinda la oportunidad de una asignación de activos que genera un desempeño superior al promedio. En el mismo periodo, el portafolio de máximo índice de Sharpe y el portafolio de máximo retorno considerando el ciclo económico generaron tasas de crecimiento anual compuesto de 14.84 y 18.16% respectivamente, en comparación a un CAGR de 9% del índice de S&P 500. Como recomendación, el combinar el autómata finito con un análisis financiero maximizará las ganancias al considerar las compañías que tienen un buen estado financiero dentro de los tipos de activos recomendados por etapa.

**Palabras clave:** Asignación de activos, autómata finito, ciclo económico, portafolio de inversiones.

**Abstract.** An asset allocation with a business cycle basis generates huge benefits to a portfolio with regard of return and risk. Asset classes like stocks, bonds and commodities behave in a cyclical way, thus predictable, through the business cycle, in the same way as subsectors from these asset classes. This study found that the combination of the variables of unemployment rate, composite leading indicator by OECD and federal funds rate generates precise signals for changes of stage in the business cycle using a logic of cause and effect of the variables. These signals were created by using a finite-state machine which changes of stage depending on specified parameters from the variables. In the period of 1980-2018, the signals created from the finite-state machine served as leading and coincident indicators for all the changes of stage in the business cycle. This suggests that the finite-state machine provides the opportunity of an asset allocation assets that will generate an above average performance. In the same period, the portfolio of maximum Sharpe ratio and the portfolio of maximum return with a business cycle basis generated a compound annual growth rate of 14.84 and 18.16% respectively, in comparison of a CAGR of 9% from the S&P 500. As a recommendation, combining the signals of the finite-state machine with a financial analysis will maximize the returns by searching the companies that have the best financial condition from the recommended asset classes for the stage.

**Key words:** Asset allocation, economic cycle, finite-state machine, portfolio.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Fuentes de datos .....	4
2. Fechas iniciales y finales de recesión señaladas por el algoritmo y el NBER.....	12
3. Retorno, volatilidad e índice de Sharpe de los activos en periodo completo y etapas .....	13
4. Correlaciones de activos en el periodo completo y etapas .....	16
5. Asignación de activos óptima para máximo índice de Sharpe en el periodo completo y etapas .....	19
6. Asignación de activos óptima para máximo retorno en el periodo completo y etapas .....	20
7. Asignación de activos óptima para mínima volatilidad en el periodo completo y etapas .....	21
8. Exceso de retorno, volatilidad e índice de Sharpe para portafolios óptimos en el periodo completo y etapas. ....	21
9. Retorno, volatilidad y CAGR para portafolios óptimos, portafolio de igual ponderación e índice de S&P 500 .....	22

Figuras	Página
1. Flujo del Autómata Finito para el ciclo económico .....	7
2. Retorno Acumulativo con portafolios óptimos y portafolio equitativo con capital inicial de USD 10,000 en periodo completo.....	23

# 1. INTRODUCCIÓN

## **El ciclo económico.**

Uno de los primeros pioneros en detectar el fenómeno del ciclo económico fue un físico y economista francés llamado Clement Juglar. Utilizando series de tiempo en su libro “Una Breve Historia de Pánicos y sus Ocurrencias Periódicas en los Estados Unidos” en el año 1862, Juglar demuestra que los fenómenos descubiertos anteriormente con respecto a la sobreoferta monetaria y sobreinversión competitiva sucedían de forma cíclica. Estudios adicionales soportan esta idea al investigar el comportamiento del ciclo de crédito, el cual tiene un impacto en la sobreoferta monetaria y la sobreinversión competitiva (Bernanke y Gertler, 1995; Kiyotaki y Moore, 1997). Este ciclo económico, conocido como el ciclo de “Juglar”, dura entre siete a once años, compuesto de cuatro etapas: recuperación, expansión, ralentización y recesión (Schumpeter, 1923).

La recuperación es la etapa luego de una recesión. En esta etapa, el potencial de crecimiento económico está en su punto más alto, lo cual crea un alto crecimiento general en precios de activos. Luego en la expansión, la economía se ha mantenido en crecimiento por cierto tiempo y la economía sigue fuerte para seguir un crecimiento. Después de la expansión viene la ralentización. En esta etapa los niveles de deuda están en su punto más alto y la tasa de desempleo en su punto más bajo lo que se traslada a poco potencial de crecimiento económico. Por último, la recesión suele ser la etapa más conocida, ya que en esta etapa se revierten todos los excesos acumulados en las etapas anteriores, creando caídas significativas en precios de activos, mayor desempleo y bancarrotas de compañías.

La existencia de las fluctuaciones en la economía es primordialmente dependiente a la tendencia alcista a largo plazo de la productividad en una economía (Ray Dalio, 2017; Smets y Wouters, 2007). Esta tendencia es poco visible al corto plazo, pero nuevas herramientas, innovaciones y tecnologías mejoran constantemente la productividad, afectando el ciclo económico (Justiniano, Primiceri y Tambalotti, 2010). Un estudio realizado por Qiang Kang (2019), demostró que la volatilidad, retornos esperados e índice de Sharpe de los activos varían positivamente con la tendencia de la productividad a largo plazo.

Adicionalmente, Tang y Whitelaw (2011) evidenciaron que el índice de Sharpe de activos, índice que muestra el exceso de retorno promedio de un activo ajustado al riesgo total, llega a los niveles más bajos en el pico de la economía y los niveles más altos en el fondo de la economía. Este comportamiento en el índice de Sharpe comprueba que cuando la economía llega a su punto más alto, los retornos no compensan el riesgo y la expectativa pesimista del futuro, mientras que, en el fondo de la economía, los retornos ajustado al riesgo son

mayores por el restablecimiento de la economía y las expectativas de la economía en el futuro cercano.

Estudios recientes se han enfocado en identificar patrones y características a lo largo del ciclo económico. Una de las características más conocidas es la variación de riesgo/retorno en el ciclo económico. Fama y French (1989) encontraron la existencia de variación en el riesgo dependiente de la condición económica, afectando acciones y bonos. De manera similar, Schwert (1989) encontró que la volatilidad de las acciones incrementa en etapas de recesión, reflejando el riesgo sistemático. Enfocado en bonos, Alessandrini (1999) estudio la relación entre el riesgo de crédito, el riesgo de tipo de interés y el ciclo económico. Los hallazgos demostraron que el riesgo de crédito aumenta significativamente en la etapa de recesión.

La variación de riesgo en el ciclo económico también es evidente para emprendedores y gerentes de empresas. Lustig y Verdelhan (2012) demostraron que el costo de capital ajustado al riesgo es mayor en recesiones que en expansiones. Esto podría explicar porque los gerentes son más precavidos con sus costos de capital en recesiones, reduciendo inversiones y crecimiento de ingresos corporativos. Los precios de las acciones son afectados negativamente por la reducción de crecimiento en ingresos corporativos. Esto crea mayor riesgo y menor exceso de retorno en las acciones en etapas con decline económico (Perez-Quiros y Timmermann, 2001; Hamilton y Lin, 1996; Chauvet y Potter, 2001; Nyberg, 2011). El nivel de apalancamiento tiende a subir en etapas de expansión (Korajczyk y Levy, 2003; Korteweg y Strebulaev, 2015), lo que puede explicar el mayor riesgo de crédito presenciado en la etapa de recesión, ya que el nivel de apalancamiento será más alto al final de la expansión y al inicio de la recesión. Estos estudios, entre otros, sirven como evidencia de que el ciclo económico afecta significativamente el riesgo y retorno de inversionistas, aun así, representan una explicación parcial sobre porque existen estos patrones.

El ciclo económico es un fenómeno que sucede de forma cíclica, lo que quiere decir que, si se encuentra la forma de obtener ganancias a lo largo de ciclo, se podrá tener una estrategia que generara retornos sin importar los cambios tecnológicos o estructurales en la economía. Si bien es cierto las nuevas políticas monetarias y fiscales con un acercamiento proactivo han disminuido la magnitud de fluctuaciones en el ciclo, la misma naturaleza humana de optimismo y pesimismo seguirá afectando la economía. Por esta razón, este estudio se enfoca en los siguientes objetivos:

- Evaluar el beneficio de considerar el ciclo económico para una asignación de activos en un portafolio de inversiones
- Generar un indicador que provea señales de manera ex-ante
- Evidenciar el comportamiento cíclico en las diferentes clases de activos a lo largo del ciclo económico

## 2. METODOLOGIA

### **Indicadores y activos para este estudio.**

Ya que el ciclo económico tiene una duración promedio de 10 años, se necesita de un periodo de tiempo en el cual se pueda estudiar el comportamiento de varios ciclos económicos. Por esta razón, este estudio se enfoca en activos de Estados Unidos, ya que existe la información histórica en precios y variables necesaria para hacer los resultados significantes. El periodo de tiempo abarcado es de 1980-2018. Para todos los activos e indicadores se utiliza el cambio mensual.

Para estudio, se utilizó cuatro clases de activos: acciones, bonos, bienes raíces y productos básicos. Las acciones se dividen en cinco sectores: finanzas, tecnología, consumo discrecional, consumo básico y cuidado de la salud. La razón de utilizar estos sectores es para evaluar el comportamiento de sectores cíclicos (finanzas, tecnología y consumo discrecional) y sectores defensivos (consumo básico y cuidado de la salud) a lo largo del ciclo económico. Para cada uno de los sectores, se realizó un índice igualmente ponderado, compuesto de 10 empresas con historial del precio de sus acciones desde el año 1980. Para determinar la representatividad de los índices a sus respectivos sectores, se comparó con los índices de sectores creados por S&P Global<sup>1</sup>. Los índices de sectores de S&P Global son índices ponderados de capitalización, compuesto de compañías de cada sector. La razón de crear los índices fue alcanzar un mayor periodo de tiempo, ya que los índices hechos por S&P Global inician desde el año 1998. En relación a los bonos, se utilizó la tasa de interés del bono del tesoro de 10 años de los Estados Unidos y la tasa de interés de bonos corporativos de grado AAA y BAA creados por Moody's<sup>2</sup>. La tasa de interés de bonos corporativos de grado AAA y BAA representa la tasa de interés promedio de bonos corporativos de cada grado con una duración mayor a 20 años.

Como representante de los bienes raíces se usó el índice "FTSE Nareit U.S. Real Estate Index Series" hecho por Nareit ("National Association of Real Estate Investment Trusts"). Este índice es una ponderación de capitalización, que abarca todos los fideicomisos de inversiones inmobiliarias comerciales, conocidos en inglés como REITS ("Real Estate Investment Trusts"). El índice considera la apreciación del precio y el dividendo pagado mensualmente.

El oro y el petróleo son los activos con mayor atracción de los productos básicos. Adicionalmente, estos activos se dividen en inversión directa e indirecta. En la inversión directa el petróleo es representado como el precio en dólares por barril de petróleo crudo y el oro es representado como el precio en dólares por onza de oro, siendo estos las unidades

---

<sup>1</sup> Standard and Poor's Global

<sup>2</sup> Agencia de calificación de riesgo



utilizadas para transacciones en mercados financieros. En la inversión indirecta, se crearon dos índices igualmente ponderados, para el oro y el petróleo, de acciones de compañías que trabajan en la extracción, procesamiento y producción de estos activos. De manera similar a los índices por sectores, la razón de crear estos índices fue porque no existían índices representativos de las industrias desde 1980. El índice de las acciones de oro y el índice de las acciones de petróleo se compararon con índices creadas por NYSE Arca<sup>3</sup> para evidenciar la representatividad de la industria respectiva. Los índices NYSE Arca Oil y el NYSE Arca Gold son índices ponderados de capitalización, representando compañías trabajando en la industria del petróleo y el oro, respectivamente. En cuanto a los indicadores, se usaron los intereses federales, la tasa de desempleo y los índices compuestos adelantados (CLI OECD) para señalar la etapa del ciclo económico actual y el cambio a la siguiente etapa. En el cuadro 1, se muestra las fuentes de los datos utilizados en este estudio

Cuadro 1. Fuentes de datos

<b>Fuente</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Dato</b>
Yahoo Finance	Precio mensual ajustado a dividendos y división de acciones	Acciones
Fred Economic Data	Tasa de interés constantes a madurez Precio mensual de barriles	Bonos Petróleo Crudo
Nareit	Precio mensual ajustado a dividendos y división de acciones	Fideicomiso de Inversiones de inmobiliaria
Deutsche Bundesbank Data Repository	Precio de oro en onzas	Oro

### **Lenguaje de programación Python.**

Para todos los cálculos estadísticos, modelos computacionales y la manipulación, visualización y análisis de los datos en este estudio, se utilizó el lenguaje de programación Python. La razón del uso del lenguaje Python es la popularidad que ha tomado recientemente para análisis financieros y económicos por compañías financieras globalmente, lo cual ha ocasionado una gran cantidad y variedad de módulos relacionados a finanzas, economía y estadística. Al mismo tiempo, el lenguaje Python facilita la manipulación de datos en relación con otros lenguajes de programación, en gran parte debido su sintaxis fácil de entender, una gran librería con mucha variedad y una gran comunidad en línea para el intercambio de ideas.

<sup>3</sup> New York Stock Exchange: mercado de valores estadounidense

### **Series de tiempo.**

Para el análisis en este estudio, a excepción del retorno acumulativo, se usó el exceso de retorno, el cual muestra el retorno extra de un activo en comparación a un activo libre de riesgo. La letra de tesoro de 3 meses del gobierno federal de los Estados Unidos es considerada como un activo libre de riesgo, por lo que será utilizado en este estudio representando el retorno libre de riesgo.

Primero, para extraer los retornos mensuales de cada uno de los activos, a excepción de los bonos, en el periodo completo de 1980-2018, se utilizó la siguiente serie de tiempo:

$$Rx_t = \frac{X_{t+1} - X_t}{X_t} \quad [1]$$

Donde  $X_t$  es el valor del índice del activo X en el periodo t y  $X_{t+1}$  es el valor del índice del activo X en el periodo t+1.  $Rx_t$  representa el retorno porcentual del activo X en el periodo t. Los valores de los índices usados en este estudio representan el primer día de cada mes, por lo que el retorno de un activo en determinado mes es el cambio del valor desde el primer día del mes, t, hasta el primer día del siguiente mes, t+1.

Para encontrar el retorno mensual de los bonos usando los datos históricos de los intereses de cada tipo de bono (bonos de tesoro, grado AAA y BAA), se utilizaron las fórmulas [2] y [3]:

$$\begin{aligned} X_{t+1} &= \left( \frac{C}{1+i} + \frac{C}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C}{(1+i)^n} \right) + \frac{VN}{(1+i)^n} \\ &\downarrow \\ X_{t+1} &= \left( \sum_{n=1}^n \frac{C}{(1+i)^n} \right) + \frac{VN}{(1+i)^n} \\ &\downarrow \\ X_{t+1} &= C \left[ \frac{1 - \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]}{i} \right] + \frac{VN}{(1+i)^n} \quad [2] \end{aligned}$$

El precio del bono en el periodo t+1 se calculó utilizando el método de valor presente. En el caso de los bonos, se descontó el ingreso esperado al presente usando la tasa de interés del periodo t+1 como tasa de descuento. La tasa de interés en el periodo t+1 es la tasa de interés de los nuevos bonos vendidos del activo X en el periodo t+1. En la fórmula 2, C representa el precio del cupón del bono en dólares; i representa la tasa de interés del periodo t+1 del activo X; n representa el número de periodos de pagas de los cupones hasta el día

de madurez del bono y  $VN$  es el valor nominal del bono.  $X_{t+1}$  es entonces el precio del bono en el periodo t+1 por el cambio de intereses.

$$X_t = \frac{X_{t+1} - VN}{VN} \quad [3]$$

En la fórmula 3,  $VN$  representa el valor nominal del bono en el periodo t,  $X_{t+1}$  representa el precio del bono en el periodo t+1 por el cambio de intereses y  $X_t$  es el retorno porcentual del activo X en el periodo t. En este estudio,  $VN$  se mantiene en USD 1,000, siendo este el precio estándar de venta de bonos.

Ya que los retornos de los bonos provienen de cambios en el precio al igual que de los intereses, se determinó igualmente el interés del activo X en el periodo t [formula 4]. Debido a que los retornos de las acciones son ajustados a dividendos y división de acciones, el considerar los retornos por precio e interés en los bonos reflejaran un retorno más preciso y mejora la comparación entre los retornos de los activos en este estudio.

$$ix_t = [1 + i_t^{1/12}] - 1 \quad [4]$$

En la fórmula 4,  $i_t$  es el interés anualizado del bono en el periodo t y  $ix_t$  es el interés anual ajustado al periodo t.

$$Rx_t = X_t + ix_t \quad [5]$$

En la fórmula 5,  $Rx_t$  representa el retorno total del activo X en el periodo t, siendo este la suma del retorno por el cambio de precio y el retorno del interés, fórmula 3 y fórmula 4 respectivamente.

Debido a que el interés de la letra de tesoro de 3 meses representa el retorno en cifras anuales, se determinó la tasa libre de riesgo,  $Rf_t$ , en el periodo t por medio del interés anualizado. La fórmula 6 describe la obtención del interés en el periodo t:

$$Rf_t = [1 + i_t^{1/12}] - 1 \quad [6]$$

Una vez obtenido el retorno de todos los activos y la tasa libre de riesgo en el periodo t, se calcularon los excesos de retornos de los activos en el periodo t con la fórmula 7.

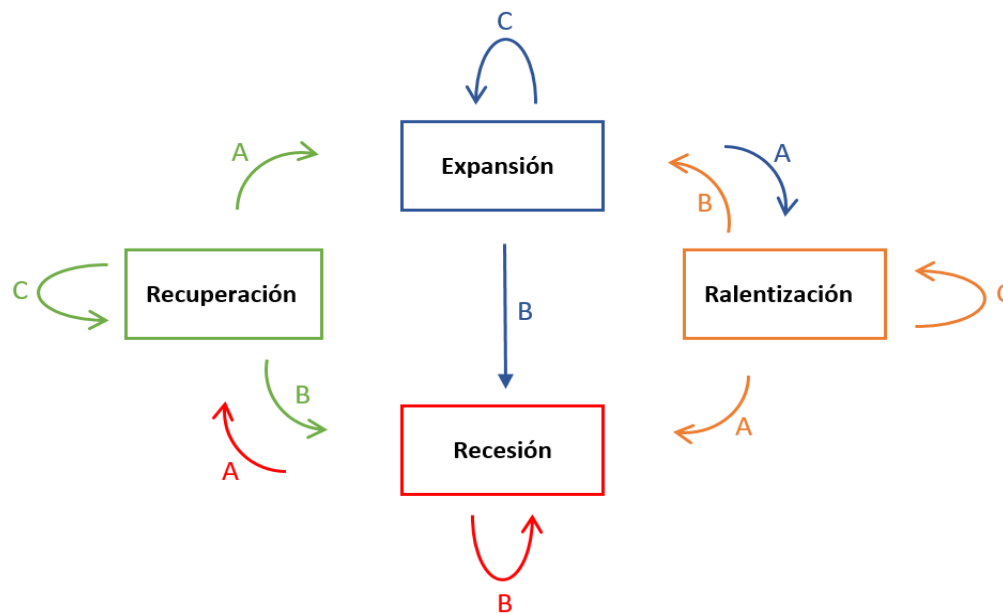
$$Ex_t = Rx_t - Rf_t \quad [7]$$

### **Autómata finito.**

El autómata finito es un modelo computacional que realiza cálculos en forma automática sobre una entrada para producir una salida. Usando los intereses federales, el OECD ICA (índices compuestos adelantados) y la tasa de desempleo como variables, se creó un autómata finito basado en relaciones de causa y efecto en la economía, con el fin de poder señalar un cambio de etapa y al mismo tiempo clasificar los datos históricos entre las cuatro etapas del ciclo económico: recuperación, expansión, ralentización y recesión. En otras

palabras, el autómata finito ejecuta el cambio hacia otras etapas o el mantenerse en la misma etapa dependiendo del comportamiento de las variables para cada periodo ( $t, t+1, t+2\dots, n$ ). Ya que el OECD ICA es publicado con un retraso de dos meses por la naturaleza de los datos macroeconómicos que lo componen, el autómata finito analiza los datos con un ajuste de dos meses de retraso. De esta forma, los resultados reflejarán las señales que el autómata finito hubiera demostrado en el pasado.

Figura 1. Flujo del Autómata Finito para el ciclo económico



Como se puede observar en la figura 1, en cada etapa del ciclo económico existen diferentes posibilidades de cambio a otras etapas y la posibilidad de mantenerse en la misma etapa. Primero el autómata finito evalúa si las variables indican un cambio hacia otras etapas y de no ser así, se mantiene en la misma etapa. A continuación, se explicará a más detalle la lógica detrás de la relación causa y efecto utilizado para dividir la economía en cuatro etapas:

**Recuperación:** Esta etapa puede señalar un cambio hacia una expansión o una recesión. En un ciclo económico clásico, existe un cambio de recuperación a expansión. Para esto, debe haber un crecimiento significativo en el OECD ICA, que confirme un crecimiento económico estable y en crecimiento. Algunas veces, la estimulación monetaria o fiscal en la economía en la etapa de recesión previa a la recuperación no es suficiente, creando que la recuperación sea temporal. Por esta razón, la transición de recuperación a recesión sucede cuando el OECD ICA cae significativamente, reflejando una caída en la economía. Mientras estas condiciones no se cumplan, el autómata finito se mantendrá en recuperación.

Expansión: Esta etapa puede señalar un cambio hacia una ralentización o una recesión. En un ciclo económico clásico, existe un cambio de expansión a ralentización. Para esto, debe haber un incremento en los intereses federales, con la confirmación del OECD ICA sin crecimiento o en caída. Esta confirmación del OECD ICA sin crecimiento o en caída es importante porque refleja el efecto contractivo del incremento de intereses federales. Esto ayuda a filtrar los periodos donde existe un incremento de intereses federales, pero que el estado de la economía es lo suficientemente fuerte para no ser afectada. Existen pocas ocasiones donde las políticas monetarias, representado por los intereses federales, no coinciden con la fluctuación del ciclo económico, creando el riesgo que el OECD ICA caiga al mismo tiempo que los intereses federales caen. Por esta razón, la transición de expansión a recesión sucede cuando el OECD ICA cae significativamente, confirmado por un crecimiento en la tasa de desempleo. Esta confirmación en la tasa de desempleo es importante porque refleja el efecto de la caída del crecimiento económico en el bienestar de la población, filtrando los periodos donde la caída del crecimiento económico no afecta el bienestar de la población. Si la tasa de desempleo cae cuando el crecimiento económico está cayendo, significa menor ingreso nacional, consumo nacional y menor demanda de préstamos bancarios, creando el efecto contractivo suficiente para llevar la economía a una recesión. Mientras estas condiciones no se cumplan, el autómata finito se mantendrá en expansión.

Ralentización: Esta etapa puede señalar un cambio hacia una recesión o expansión. En un ciclo económico clásico, existe un cambio de ralentización a recesión. Similar al cambio de expansión a recesión, el cambio de ralentización a recesión sucede cuando existe una caída significativa en el OECD ICA, confirmado por un incremento en la tasa de desempleo. La confirmación de la tasa de desempleo es muy importante porque ayuda a filtrar las ocasiones donde el OECD ICA cae, pero no afecta suficientemente el bienestar económico para llevar la economía a una recesión. Existen otras ocasiones donde el efecto del incremento de intereses a la caída del OECD ICA en la etapa de expansión previo a la de ralentización son solo temporales, causando un nuevo periodo de crecimiento en el OECD ICA. Por esta razón, el cambio de ralentización a expansión sucede cuando el OECD ICA crece significativamente, reflejando crecimiento económico, mientras los intereses federales se han mantenido o caído y la tasa de desempleo se ha mantenido o caído. De esta forma, se filtra las ocasiones donde el OECD ICA puede subir temporalmente en la etapa de ralentización, pero el incremento en los intereses federales y la tasa de desempleo indican una economía en contracción. Mientras estas condiciones no se cumplan, el autómata finito se mantendrá en ralentización.

Recesión: La etapa de recesión puede cambiar únicamente hacia la etapa de recuperación. Debido a que en la recesión se crea una retroalimentación contractiva en la economía, el OECD ICA decrece a lo largo de la recesión. Por esta razón, el cambio de la etapa de recesión a la recuperación sucede cuando el OECD ICA se establece o incrementa, reflejando el fin de la retroalimentación contractiva en la economía. Mientras estas condiciones no se cumplan, el autómata finito se mantendrá en recesión.

### **Medias, desviaciones estándar y correlaciones.**

Para comenzar, se evaluó el desempeño de los activos individualmente, en el periodo completo y en las etapas del ciclo económico. De esta manera, se logró observar las diferencias entre etapas con respecto a retornos y desviaciones estándar de los activos y las correlaciones entre los activos.

Luego de calcular el exceso de retorno de los activos, se utilizó la media aritmética para conseguir el exceso de retorno mensual promedio de cada uno de los activos.

$$E\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Ex_t \quad [8]$$

En la fórmula 8, donde N es el número de periodos,  $Ex_t$  el exceso de retorno del periodo t, siendo  $E\mu_x$  el exceso de retorno mensual promedio del activo X.

$$E_x = (1 + E\mu_x)^{12} - 1 \quad [9]$$

Para anualizar el exceso de retorno mensual promedio, se usó la fórmula 9. Siendo  $E_x$  el exceso de retorno anual promedio.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (Ex_t - E\mu_x)^2}{N-1}} \quad [10]$$

Para obtener la desviación estándar de cada activo, se utilizó la fórmula 10. De manera similar a la fórmula 10, se anualizó la desviación estándar para cada uno de los activos.

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad [11]$$

La correlación entre activos se consiguió utilizando la fórmula 11, donde se divide la covariancia entre dos activos por la multiplicación de las desviaciones estándar de los activos X y Y.

### **Pesos aleatorios para portafolios.**

Para encontrar las asignaciones de activos óptimos para el periodo completo y para cada etapa de cada portafolio óptimo, se ejecutó 100,000 iteraciones de pesos aleatorios de los activos, para la base de datos completa y las subdivisiones creadas por el autómata finito, con la restricción que la suma de los pesos de los activos del portafolio iguale a uno. De esta manera, se evita resultados extraordinarios y poco realistas por efecto apalancamiento. Los pesos aleatorios se generaron usando el paquete estadístico Numpy.

### **Optimización de portafolios.**

Usando la optimización de portafolios de la teoría media-varianza (Markowitz, 1952), se extrajeron los portafolios que tuvieran las asignaciones de activos que representaran los pesos óptimos de acuerdo a los parámetros especificados, siendo estos: máximo índice de Sharpe, máximo retorno y mínima volatilidad. Esta optimización de portafolios se generó para el periodo completo y para cada etapa.

### **Exceso de retorno, desviación estándar e índice de Sharpe de portafolios.**

Este estudio se basó de la teoría media-varianza (Markowitz, 1952) para evaluar el desempeño de los portafolios. Una vez generado los pesos aleatorios, se procedió a calcular el exceso de retorno para cada uno de los portafolios con la fórmula 12.

$$E_p = \sum_{x=1}^N E_x W_x \quad [12]$$

La fórmula 12 muestra el exceso de retorno esperado del portafolio donde  $W_x$  es el peso del activo X como porcentaje del portafolio.

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{x=1}^N W_x \sigma^2(E_x) + \sum_{x=1}^N \sum_{x \neq y}^N W_x W_y Cov(E_x, E_y)} \quad [13]$$

Para determinar la desviación estándar del portafolio, se utilizó la fórmula 13, donde  $\sigma^2(E_x)$  es la varianza del exceso de retorno del activo X,  $W_y$  es el peso del activo Y, el cual es diferente al activo X.  $Cov(E_x, E_y)$  es la covarianza entre el exceso de retorno del activo X y Y.

$$Indice\ de\ Sharpe = \frac{E_p}{\sigma_p} \quad [14]$$

Con la fórmula 14, se encuentra el índice de Sharpe, dividiendo el exceso de retorno esperado del portafolio por la desviación estándar del portafolio. Con el índice de Sharpe, se podrá analizar el retorno en relación al riesgo representado por la volatilidad del activo.

### **Retorno acumulativo.**

Para evaluar el beneficio de utilizar las asignaciones de activos óptimas de cada etapa, se crearon tres portafolios óptimos: máximo índice de Sharpe por etapas, máximo retorno por etapas y mínima volatilidad por etapas. Estos portafolios cambian de asignación de activos al cambiar de etapa, usando las asignaciones de activos óptimas de cada etapa respectiva del portafolio óptimo. Para esto, se corrió una serie de tiempo en la base de datos para cada uno de los portafolios óptimos, cambiando de etapa dependiendo de las señales creados por el autómata finito. Estas series de tiempo simularon el retorno acumulativo para cada uno de los portafolios óptimos, con un capital inicial de USD 10,000 y sin aportación de capital a lo largo de todo el periodo. Para simular efectivamente el retorno acumulativo, se utilizaron los retornos nominales, sin descontar la tasa libre de riesgo. Esto es debido a que, en la vida real, la tasa libre de riesgo no fue restada en los retornos generados por los activos

a lo largo del periodo. Al igual que anteriormente en este estudio, los retornos de las acciones consideran dividendos y divisiones de acciones y los retornos de los bonos consideran el retorno por precio e interés. Se agregó también el portafolio de máximo índice de Sharpe y máximo retorno del periodo completo, el cual sus asignaciones de activos no varían por el cambio de etapas. De esta forma, se podrá evaluar el beneficio de maximizar el índice de Sharpe y el máximo retorno por etapas en comparación al periodo completo. Adicionalmente, se agregó un portafolio con igual ponderación para todos los activos, el cual simula un portafolio que no considera diferencias de desempeños entre los activos o entre las etapas. Por último, se agregó el índice S&P 500, para comparar el retorno general del mercado estadounidense con los portafolios óptimos.

$$Rp_t = \sum_{x=1}^N Rt_x Wt_x \quad [16]$$

La fórmula 16 muestra cómo se obtuvo el retorno del portafolio en el periodo t, donde  $Rt_x$  es el retorno del activo X en el periodo t,  $Wt_x$  el peso porcentual del activo X en relación al portafolio total y N el número de activos que componen el portafolio.

$$Cp_t = Cp_{t-1} + Rp_t \quad [17]$$

En la fórmula 17, se obtuvo el capital del portafolio en el periodo t, siendo  $Cp_{t-1}$  el valor del capital del portafolio en el periodo t-1.

Ya que los retornos acumulativos tienen un efecto compuesto, la forma correcta de calcular el retorno anual de los portafolios en el periodo completo es usando la tasa de crecimiento anual compuesto.

$$CAGR = \frac{CF}{CI}^{\frac{1}{n}} - 1 \quad [18]$$

En la fórmula 18, se obtiene la tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR, por sus siglas en inglés), siendo CF el valor del capital al final del periodo, CI el valor del capital al inicio del periodo y n el número de años.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar la precisión del algoritmo en cuanto a señalar cambios de etapas en el ciclo económico, se comparó las señales de recesión hechas por el algoritmo y las fechas oficiales publicadas por el NBER (“National Bureau of Economic Research”).

Cuadro 2. Fechas iniciales y finales de recesión señaladas por el algoritmo y el NBER

Algoritmo		NBER	
Fecha inicial	Fecha final	Fecha inicial	Fecha Final
Marzo, 1980	Junio, 1980	Febrero, 1980	Julio, 1980
Octubre, 1981	Junio, 1982	Agosto, 1981	Noviembre, 1982
Agosto, 1990	Febrero, 1991	Agosto, 1990	Marzo, 1991
Enero, 2001	Junio, 2001	Abril, 2001	Noviembre, 2001
Enero, 2008	Mayo, 2009	Enero, 2008	Junio, 2009

Al observar el cuadro 2, se puede notar la precisión del algoritmo, señalando cada una de las recesiones del periodo 1980-2018, con la fecha inicial coincidiendo en la mayoría de los casos y una variación máxima de tres meses. En la fecha final se obtuvo una variación de un mes en la mayoría de los casos y una variación máxima de cinco meses previo a la fecha final publicada por NBER.

#### **Análisis de activos y el ciclo económico.**

De manera similar a Siegel (1991), Joe Brocato y Steve Steed (1998) y Jim Vervuurt (2016), se encontró que las acciones generan mayores retornos en las etapas de expansión y los bonos en las etapas de recesión. De todas las etapas, la etapa de recuperación mostró los niveles más altos de retornos e índices de Sharpe. Los altos índices de Sharpe en la etapa de recuperación confirman los encuentros por Tang y Whitelaw (2011), indicando que los índices de Sharpe llegan a su punto más alto en el fondo del ciclo económico. En la recuperación, los activos con mayores retornos fueron sectores dependientes del bienestar económico, entre ellos bienes raíces, tecnología y consumo discrecional.

Confirmando resultados de Sagalyn (1990), los bienes raíces generaron el mayor retorno considerando el riesgo en la etapa de recuperación, representado por el índice de Sharpe. De manera inesperada, las acciones de petróleo y las acciones de oro retornaron una cifra anual de 44.17% y 110.47% respectivamente. Beneficiados por la baja de intereses, los bonos también generaron sus mayores retornos en la etapa de recuperación, sin embargo, mucho menor al comparar los retornos de los demás activos en la misma etapa.

En la etapa de expansión, los retornos en relación al riesgo bajan, representado por un índice de Sharpe más bajo. A diferencia de la recuperación, la etapa de expansión beneficia principalmente a las acciones. Dado que en la etapa de expansión los intereses federales tienden a subir, los bonos tienen un bajo retorno, mientras que el sector de finanzas se beneficia de un incremento de intereses, ya que se traslada a mayor ingreso. Sectores como cuidado de la salud y tecnología generaron los mayores retornos en la etapa de expansión, con 14.91% y 15.73% de retorno anual, respectivamente.

Con un retorno anual de 21.12%, el sector de finanzas generó los mayores retornos en la etapa de ralentización. y cuidado de la salud representaron los activos con mayores retornos en la etapa de ralentización, sin considerar el sector de finanzas, con retornos anuales de 13.77% y 20.15% respectivamente.

De manera interesante, los sectores de consumo básico y consumo discrecional demostraron buenos retornos en la etapa de recesión, siendo el sector de consumo básico el activo con el mayor índice de Sharpe. En el periodo completo, finanzas mostro los mayores retornos anuales con 14.40%, bonos grado BAA con el mayor índice de Sharpe de 0.89 y los bonos de tesoro con la menor volatilidad de 7.15%. Los retornos del petróleo crudo y el oro fueron los más bajos a lo largo del ciclo económico, creando al mismo tiempo los menores índices de Sharpe.

Adicionalmente se encontró que los retornos entre los bonos varían dependiendo del riesgo sistemático a lo largo del ciclo económico. En las etapas de recuperación, expansión y ralentización, los bonos grado AAA y BAA tienen mayores retornos que los bonos de tesoro en compensación a su riesgo adicional. Lo contrario sucede en la etapa de la recesión, donde los bonos grado BAA muestran menores retornos y los bonos grado AAA y bonos de tesoro retornan porcentajes similares. Por último, el comportamiento del sector cuidado de la salud en el ciclo económico no fue como esperado. En etapas de ralentización, este sector genera los mayores retornos con 20.15% anual, mientras que en la etapa de recesión retorna un -3.84% anual.

Cuadro 3. Retorno, volatilidad e índice de Sharpe de los activos en periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Expansión</b>	<b>Ralentización</b>	<b>Recesión</b>
<b>Consumo Básico</b>					
Retorno Anual (%)	13.21	29.58	10.43	13.77	19.69
Volatilidad Anual	18.66	15.32	17.37	21.10	21
Índice de Sharpe	0.70	1.93	0.60	0.65	0.93
<b>Consumo Discrecional</b>					
Retorno Anual (%)	11.84	38.34	9.31	9.65	19.32
Volatilidad Anual	21.98	29.12	18.88	21.77	32.98
Índice de Sharpe	0.53	1.31	0.49	0.44	0.58

Cuadro 3 (Continuación). Retorno, volatilidad e índice de Sharpe de los activos en periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Expansión</b>	<b>Ralentización</b>	<b>Recesión</b>
<b>Finanzas</b>					
Retorno Anual (%)	14.40	34.18	13.74	21.12	-8.62
Volatilidad Anual	21.42	23.41	18.48	22.05	32.12
Índice de Sharpe	0.67	1.45	0.74	0.96	-0.26
<b>Cuidado de la Salud</b>					
Retorno Anual (%)	14.27	13.47	14.91	20.15	-3.84
Volatilidad Anual	18.24	16.20	16.04	21.42	21.93
Índice de Sharpe	0.78	0.85	0.92	0.94	-0.17
<b>Tecnología</b>					
Retorno Anual (%)	12.48	39.92	15.73	3.31	4.29
Volatilidad Anual	26.47	30.33	23.31	31.06	28.39
Índice de Sharpe	0.47	1.31	0.67	0.10	0.15
<b>Bonos de Tesoro</b>					
Retorno Anual (%)	3.81	7.01	3.16	3.21	7.58
Volatilidad Anual	7.15	9.70	6.08	6.82	11.38
Índice de Sharpe	0.53	0.72	0.51	0.47	0.66
<b>Bonos Grado AAA</b>					
Retorno Anual (%)	5.60	11.57	5.27	4.32	7.67
Volatilidad Anual	7.90	9.73	6.81	7.55	12.68
Índice de Sharpe	0.70	1.18	0.77	0.57	0.60
<b>Bonos Grado BAA</b>					
Retorno Anual (%)	6.51	12.85	6.56	5.32	5.69
Volatilidad Anual	7.30	9.71	6.27	6.76	11.84
Índice de Sharpe	0.89	1.32	1.04	0.78	0.48
<b>Petróleo Crudo</b>					
Retorno Anual (%)	0.69	-4.01	4.46	-0.55	-14.67
Volatilidad Anual	28.36	25.32	28.17	23.83	40.83
Índice de Sharpe	0.02	-0.15	0.15	-0.02	-0.35
<b>Acciones de Petróleo</b>					
Retorno Anual (%)	10	44.17	11.82	8.91	-13.88
Volatilidad Anual	21.49	24.85	18.79	22.01	30.37
Índice de Sharpe	0.46	1.77	0.62	0.40	-0.45
<b>Oro (Oz)</b>					
Retorno Anual (%)	-0.98	24.13	-0.35	-5.01	-7.02
Volatilidad Anual	14.11	16.83	13.31	12.70	19.43
Índice de Sharpe	-0.06	1.45	-0.02	-0.39	-0.36
<b>Acciones de Oro</b>					
Retorno Anual (%)	9.18	110.47	7.57	0.61	-0.72
Volatilidad Anual	37.56	31.22	38.34	36.05	38.08

Cuadro 3 (Continuación). Retorno, volatilidad e índice de Sharpe de los activos en periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Expansión</b>	<b>Ralentización</b>	<b>Recesión</b>
Índice de Sharpe	0.24	3.53	0.19	0.01	-0.01
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliarias					
Retorno Anual (%)	7.32	35.37	8.22	5.09	-6.58
Volatilidad Anual	16.43	13.61	13.85	12.36	33.45
Índice de Sharpe	0.44	3	0.59	0.41	-0.19

### **Correlaciones.**

Con resultados similares a Siegel (1991) y Joe Brocato y Steve Steed (1998), la correlación entre acciones y bonos disminuye en la etapa de expansión. En general, la correlación entre acciones y bonos llegaron a los niveles más altos en la etapa de recuperación y recesión, lo cual confirma resultados de Pim van Vliet y David Blitz (2009).

Entre los diferentes sectores de acciones, se encontró que en general, las correlaciones tienen su punto más alto en la recesión y el punto más bajo en la ralentización. Esto confirma los resultados de estudios previos que la diversificación pierde efectividad en la etapa de recesión (Joe Brocato y Steve Steed, 1998; Pim van Vliet y David Blitz, 2009). La correlación de los bonos de tesoro y bonos grado AAA con respecto a bonos grado BAA fueron altos en todas las etapas, a excepción con la etapa de recesión. Esto va de acuerdo a los resultados encontrado en el cuadro 3, donde los retornos de los bonos grado BAA caen significativamente en la etapa de recesión, sugiriendo una alta aversión hacia el riesgo por parte de los inversionistas en esta etapa.

El petróleo crudo y el oro representaron los activos con menores correlaciones con los demás activos. El petróleo crudo mostró correlaciones negativas en su mayoría con las acciones y los bonos, mientras que el oro correlaciones negativas con las acciones y correlaciones cercanas a cero con los bonos. Por último, los bienes raíces mostraron bajas correlaciones con los demás activos en el periodo completo, confirmando encuentros previos que indican el beneficio de diversificación que contraen los bienes raíces. (Zisler, 1990; Ross y Zisler, 1987; Hoesli, Lekander y Witkiewicz, 2004).

Cuadro 4. Correlaciones de activos en el periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Expansión</b>	<b>Ralentización</b>	<b>Recesión</b>
<b>Consumo Básico</b>					
Consumo	0.44	0.52	0.39	0.45	0.50
Discrecional					
Finanzas	0.41	0.31	0.46	0.37	0.41
Cuidado de la Salud	0.50	0.72	0.42	0.58	0.37
Tecnología	0.26	0.26	0.29	0.17	0.44
Bonos de Tesoro	0.10	0.22	0.05	0.14	0.03
Bonos Grado AAA	0.11	0.24	0.02	0.15	0.15
Bonos Grado BAA	0.14	0.26	0.01	0.16	0.31
Petróleo Crudo	-0.09	0.16	-0.15	-0.19	0.13
Acciones de Petróleo	0.10	0.17	0.01	0.10	0.26
Oro (Oz)	-0.09	-0.12	0.00	-0.22	-0.14
Acciones de Oro	0.03	0.16	0.00	-0.06	0.20
Fideicomiso de	0.07	-0.13	-0.06	0.15	0.27
Inversiones					
Inmobiliaria					
<b>Consumo Discrecional</b>					
Finanzas	0.68	0.69	0.71	0.54	0.79
Cuidado de la Salud	0.59	0.60	0.61	0.49	0.69
Tecnología	0.57	0.57	0.62	0.46	0.73
Bonos de Tesoro	0.08	0.12	-0.10	0.28	0.13
Bonos Grado AAA	0.15	0.29	-0.01	0.23	0.24
Bonos Grado BAA	0.20	0.32	0.05	0.22	0.36
Petróleo Crudo	-0.08	0.27	-0.17	-0.26	0.24
Acciones de Petróleo	0.33	0.34	0.33	0.24	0.44
Oro (Oz)	-0.09	-0.28	-0.02	-0.11	-0.07
Acciones de Oro	0.12	0.10	0.16	0.05	0.07
Fideicomiso de	0.07	0.04	0.10	0.07	0.05
Inversiones					
Inmobiliaria					
<b>Finanzas</b>					
Cuidado de la Salud	0.55	0.46	0.60	0.47	0.59
Tecnología	0.44	0.55	0.56	0.26	0.46
Bonos de Tesoro	0.08	0.33	-0.12	0.19	0.11
Bonos Grado AAA	0.10	0.40	-0.03	0.12	0.13
Bonos Grado BAA	0.12	0.46	0.00	0.12	0.15
Petróleo Crudo	0.01	0.47	-0.12	-0.12	0.23
Acciones de Petróleo	0.36	0.35	0.32	0.37	0.44
Oro (Oz)	-0.07	-0.06	-0.06	-0.09	-0.01
Acciones de Oro	0.08	0.11	0.08	0.12	0.05
Fideicomiso de	0.05	0.07	0.02	0.06	0.09
Inversiones					
Inmobiliaria					

Cuadro 4. (Continuación). Correlaciones de activos en el periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo</b>	<b>Recuperación</b>	<b>Expansión</b>	<b>Ralentización</b>	<b>Recesión</b>
<b>Cuidado de la Salud</b>					
Tecnología	0.46	0.47	0.56	0.31	0.62
Bonos de Tesoro	0.11	0.16	0.00	0.26	0.05
Bonos Grado AAA	0.14	0.17	0.05	0.27	0.15
Bonos Grado BAA	0.18	0.25	0.05	0.26	0.34
Petróleo Crudo	-0.03	0.17	-0.14	-0.07	0.26
Acciones de Petróleo	0.36	0.25	0.34	0.29	0.60
Oro (Oz)	-0.03	-0.16	-0.02	-0.06	0.10
Acciones de Oro	0.16	0.17	0.18	0.09	0.27
Fideicomiso de	0.07	-0.11	0.02	0.10	0.21
Inversiones					
Inmobiliaria					
<b>Tecnología</b>					
Bonos de Tesoro	-0.08	-0.10	-0.17	0.04	-0.04
Bonos Grado AAA	-0.01	-0.04	-0.10	0.04	0.11
Bonos Grado BAA	0.06	0.07	-0.15	0.05	0.40
Petróleo Crudo	0.03	0.17	-0.06	0.00	0.31
Acciones de Petróleo	0.35	0.48	0.38	0.20	0.50
Oro (Oz)	-0.03	-0.19	-0.07	0.03	0.10
Acciones de Oro	0.20	0.27	0.22	0.10	0.18
Fideicomiso de	0.08	0.04	0.03	0.16	0.18
Inversiones					
Inmobiliaria					
<b>Bonos de Tesoro</b>					
Bonos Grado AAA	0.89	0.86	0.84	0.95	0.90
Bonos Grado BAA	0.72	0.79	0.76	0.87	0.44
Petróleo Crudo	-0.22	-0.08	-0.15	-0.30	-0.32
Acciones de Petróleo	0.01	-0.12	-0.10	0.06	0.26
Oro (Oz)	0.08	0.04	0.25	-0.09	0.02
Acciones de Oro	0.15	-0.14	0.21	0.17	0.28
Fideicomiso de	-0.05	0.23	0.08	-0.04	-0.34
Inversiones					
Inmobiliaria					
<b>Bonos Grado AAA</b>					
Bonos Grado BAA	0.86	0.86	0.90	0.94	0.71
Petróleo Crudo	-0.19	-0.02	-0.15	-0.30	-0.21
Acciones de Petróleo	0.07	-0.08	0.00	0.09	0.30
Oro (Oz)	0.08	0.06	0.18	-0.11	0.12
Acciones de Oro	0.17	-0.21	0.22	0.17	0.36

Cuadro 4. (Continuación). Correlaciones de activos en el periodo completo y etapas

Activos	Completo	Recuperación	Expansión	Ralentización	Recesión
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.04	0.34	0.21	-0.03	-0.22
<b>Bonos Grado BAA</b>					
Petróleo Crudo	-0.07	0.03	-0.07	-0.29	0.21
Acciones de Petróleo	0.10	-0.14	0.07	0.06	0.33
Oro (Oz)	0.12	0.06	0.18	-0.09	0.28
Acciones de Oro	0.19	-0.17	0.24	0.16	0.33
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.22	0.47	0.33	0.03	0.14
<b>Petróleo Crudo</b>					
Acciones de Petróleo	0.31	0.52	0.27	0.30	0.27
Oro (Oz)	0.15	0.14	0.13	0.15	0.19
Acciones de Oro	0.14	0.30	0.15	0.08	0.08
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.07	0.01	-0.01	-0.03	0.33
<b>Acciones de Petróleo</b>					
Oro (Oz)	0.04	-0.05	0.03	-0.10	0.22
Acciones de Oro	0.30	0.18	0.25	0.32	0.49
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.09	-0.07	0.10	0.08	0.09
<b>Oro (Oz)</b>					
Acciones de Oro	0.26	0.15	0.29	0.15	0.23
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.07	0.12	0.09	-0.08	0.11
<b>Acciones de Oro</b>					
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	0.00	0.07	0.03	-0.05	-0.13

**Asignación de activos para Máximo Índice de Sharpe, Máximo Retorno y Mínima Volatilidad.**

A continuación, se presentarán las asignaciones de activos óptimas para máximo índice de Sharpe, máximo retorno y mínima volatilidad, para el periodo completo y las etapas.

En el cuadro 5, se puede observar que, de manera general, un buen porcentaje de los pesos se inclinaron hacia los bonos. Esto puede ser explicado por la baja volatilidad de los bonos lo cual crea un mayor índice de Sharpe. En la etapa de recuperación, los bonos grado BAA y los bienes raíces obtuvieron los mayores pesos, con un 18% y 19% respectivamente. El oro y las acciones de oro también obtienen altos pesos relativamente, con un 13% y 15%

respectivamente. En la expansión, de forma inesperada, los bonos resultaron con los mayores pesos, con los bonos grado AAA y BAA con pesos de 21% y 22% respectivamente. Pasando a la etapa de ralentización, la optimización de pesos se inclina más hacia las acciones, con los sectores de finanzas y cuidado de la salud con los mayores pesos. De forma esperada, los bonos obtuvieron los mayores pesos en la etapa de recesión. Se puede notar que, a diferencia de los pesos de bonos en otras etapas, la recesión resulto en un mayor peso en los bonos de tesoro que en los bonos grado BAA. La variabilidad de los pesos óptimos para encontrar el máximo índice de Sharpe a lo largo del ciclo económico es evidente al comparar los diferentes pesos óptimos de las etapas con respecto a los pesos óptimos para el periodo completo.

Cuadro 5. Asignación de activos óptima para máximo índice de Sharpe en el periodo completo y etapas

Activos	Completo (%)	Recuperación (%)	Expansión (%)	Ralentización (%)	Recesión (%)
Consumo Básico	7	12	3	7	19
Consumo Discrecional	1	2	1	3	10
Finanzas	10	1	7	22	2
Cuidado de la Salud	15	2	16	16	3
Tecnología	2	9	9	1	8
Bonos de Tesoro	14	0	1	8	19
Bonos Grado AAA	16	0	21	16	19
Bonos Grado BAA	19	18	22	13	9
Petróleo Crudo	5	3	6	4	2
Acciones de Petróleo	8	6	1	2	0
Oro (Oz)	0	13	1	0	4
Acciones de Oro	2	15	1	1	5
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	1	19	12	6	1

Al analizar el cuadro 6, se puede notar una clara diferencia entre los pesos óptimos de los activos para máximo retorno y para máximo índice de Sharpe. En general, los pesos óptimos para máximo retorno se inclinaron más hacia las acciones. En la etapa de recuperación, las acciones de oro obtienen el mayor peso con 28%, seguido por las acciones de petróleo, oro y el sector de finanzas. En la expansión, el sector de cuidado a la salud y el sector de tecnología resultaron con los mayores pesos. En la etapa de ralentización, el sector de finanzas y el sector de consumo básico obtuvieron altos pesos relativos a los demás activos. En la etapa de recesión, se puede notar que, a diferencia de las otras etapas, los bonos recibieron una cantidad significativa de pesos, con pesos en los bonos de tesoro, bonos grado AAA y BAA de 15, 5 y 14% respectivamente. El activo con mayor peso en la etapa de recesión fue el sector de consumo básico, con un 23% de peso.



Cuadro 6. Asignación de activos óptima para máximo retorno en el periodo completo y etapas

<b>Activos</b>	<b>Completo (%)</b>	<b>Recuperación (%)</b>	<b>Expansión (%)</b>	<b>Ralentización (%)</b>	<b>Recesión (%)</b>
Consumo Básico	13	3	8	23	23
Consumo Discrecional	17	2	5	4	13
Finanzas	12	15	11	22	0
Cuidado de la Salud	5	2	27	8	2
Tecnología	13	2	25	5	15
Bonos de Tesoro	5	3	4	3	15
Bonos Grado AAA	6	5	1	2	5
Bonos Grado BAA	0	0	1	8	14
Petróleo Crudo	0	0	5	2	2
Acciones de Petróleo	7	21	0	9	2
Oro (Oz)	1	18	0	5	5
Acciones de Oro	14	28	3	0	1
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	6	2	11	9	3

Al observar el cuadro 7, se puede notar que los pesos tienen una alta inclinación hacia los bonos a lo largo de todo el ciclo económico. De manera similar, el oro obtuvo un mayor peso a lo largo del ciclo económico, excepto en la etapa de expansión. Aun cuando el retorno del oro en la etapa de recesión resultó en un -7.02% anual (cuadro 3), su peso fue de 18% en la recesión. A diferencia de los pesos óptimos para máximo retorno y máximo índice de Sharpe, los pesos óptimos para mínima volatilidad no se inclinan hacia las acciones en la etapa de expansión. Un encuentro interesante de los cuadros 5, 6 y 7 es que los activos que tienen los mejores desempeños en cuanto a máximo índice de Sharpe, máximo retorno y mínima volatilidad, no siempre obtienen los mayores pesos.

Cuadro 7. Asignación de activos óptima para mínima volatilidad en el periodo completo y etapas

Activos	Completo (%)	Recuperación (%)	Expansión (%)	Ralentización (%)	Recesión (%)
Consumo Básico	7	0	13	5	4
Consumo Discrecional	0	3	2	1	3
Finanzas	6	1	4	2	1
Cuidado de la Salud	4	8	2	6	1
Tecnología	4	3	1	2	2
Bonos de Tesoro	18	13	20	22	27
Bonos Grado AAA	15	16	21	6	23
Bonos Grado BAA	3	17	17	20	11
Petróleo Crudo	8	4	1	1	3
Acciones de Petróleo	2	2	2	2	0
Oro (Oz)	18	15	3	17	21
Acciones de Oro	1	2	2	0	3
Fideicomiso de Inversiones Inmobiliaria	13	17	11	17	1

### Portafolios óptimos.

Con los pesos óptimos obtenidos en los cuadros 5, 6 y 7, se calculó el exceso de retorno, volatilidad e índice de Sharpe de los portafolios óptimos: portafolio de máximo índice de Sharpe, portafolio de máximo retorno y portafolio de mínima volatilidad.

Cuadro 8. Exceso de retorno, volatilidad e índice de Sharpe para portafolios óptimos en periodo completo y etapas.

Portafolios Óptimos	Completo	Recuperación	Expansión	Ralentización	Recesión
<b>Máximo Sharpe</b>					
Exceso de Retorno (%)	7.92	43.56	8.45	7.47	10.26
Volatilidad (%)	7.14	9.29	6.01	6.76	17
Índice de Sharpe	1.11	4.69	1.41	1.11	0.60
<b>Máximo Retorno</b>					
Exceso de Retorno (%)	11.60	54.88	12.12	12.79	10.26
Volatilidad (%)	13.68	13.57	11.63	14.2	17
Índice de Sharpe	0.85	4.04	1.04	0.90	0.60
<b>Mínima Volatilidad</b>					
Exceso de Retorno (%)	4.65	28.99	6.97	4.03	2.48
Volatilidad (%)	5.89	7.37	5.39	5.61	9.82
Índice de Sharpe	0.80	3.93	1.29	0.72	0.25

Para los tres portafolios, la etapa de recuperación resultó con los mayores retornos, elevando de igual manera los índices de Sharpe. En el portafolio de máximo índice de Sharpe, los retornos en la etapa de expansión y ralentización fueron menores al retorno en la etapa de recesión. En términos de índices de Sharpe, el portafolio de máximo retorno supera al portafolio de mínima volatilidad en todas las etapas, a excepción de la etapa de expansión. Se puede observar que existe una variabilidad en el retorno, volatilidad e índice de Sharpe a través de las etapas en comparación al periodo completo. En particular, la diferencia entre el retorno, volatilidad e índice de Sharpe en la etapa de recuperación y el periodo completo. En el portafolio de máximo índice de Sharpe, las asignaciones de activos por etapas generaron mayores retornos e índice de Sharpe en relación con el portafolio del periodo completo, a excepción de la etapa de ralentización. En el portafolio de máximo retorno, las asignaciones de activos por etapas generaron mayores retornos e índice de Sharpe en relación con el portafolio del periodo completo, a excepción de la etapa de recesión. En el portafolio de mínima volatilidad, las asignaciones de activos en las etapas de recuperación y expansión generaron mayores retornos e índice de Sharpe en relación con el portafolio del periodo completo.

Cuadro 9. Volatilidad y CAGR para portafolios óptimos, portafolio de igual ponderación e índice de S&P 500

<b>Portafolio</b>	<b>CAGR</b>	<b>Volatilidad</b>
Máximo índice de Sharpe por etapas	14.84%	8.29%
Máximo retorno por etapas	18.16%	12.81%
Mínima volatilidad por etapas	10.72%	6.12%
Máximo índice de Sharpe de periodo completo	12.57%	7.24%
Máximo retorno de periodo completo	15.13%	13.26%
Igual ponderación	12.54%	9.41%
S&P 500	9%	14.75%

El portafolio que maximizó el retorno por cada etapa generó un CAGR de 18.16%, mientras que el portafolio que maximizó el retorno en el periodo completo retorno un CAGR de 15.13%. Esto nos da una diferencia de CAGR entre estos dos portafolios de 3.03%, lo cual resultó en una diferencia USD 3,559,573 en el periodo completo (Figura 2). De manera similar, el portafolio que maximizó el índice de Sharpe por cada etapa superó al portafolio

que maximizó el retorno en el periodo completo, retornando un CAGR de 14.84% y 12.57% respectivamente. Esto nos da una diferencia de CAGR entre estos portafolios de 2.27%, lo cual resultó en una diferencia de USD 1,030,502 en el periodo completo (Figura 2). Los portafolios optimizados por cada etapa del ciclo económico mostraron mayores retornos con menores volatilidades en comparación a los portafolios optimizados en el periodo completo.

De manera visual, la figura 2 muestra una diferencia significativa entre el retorno acumulado del portafolio de máximo retorno por etapas en comparación con los demás portafolios, convirtiendo un capital inicial de USD 10,000 en USD 5,673,856 desde 1980 a 2018. El portafolio que maximizó el retorno en el periodo completo, resulto el segundo portafolio con mayor retorno, convirtiendo un capital inicial de USD 10,000 en USD 2,114,283. Por el contrario, el portafolio de mínima volatilidad y el índice del S&P 500 generaron los menores retornos, convirtiendo un capital inicial de USD 10,000 en USD 479,282 y USD 264,366 respectivamente. Un interesante resultado fue que el retorno del portafolio de máximo retorno en el periodo completo y el portafolio de máximo índice de Sharpe por etapas fueron muy similares, convirtiendo un capital de USD 10,000 en USD 2,114,283 y USD 1,921,060, respectivamente.

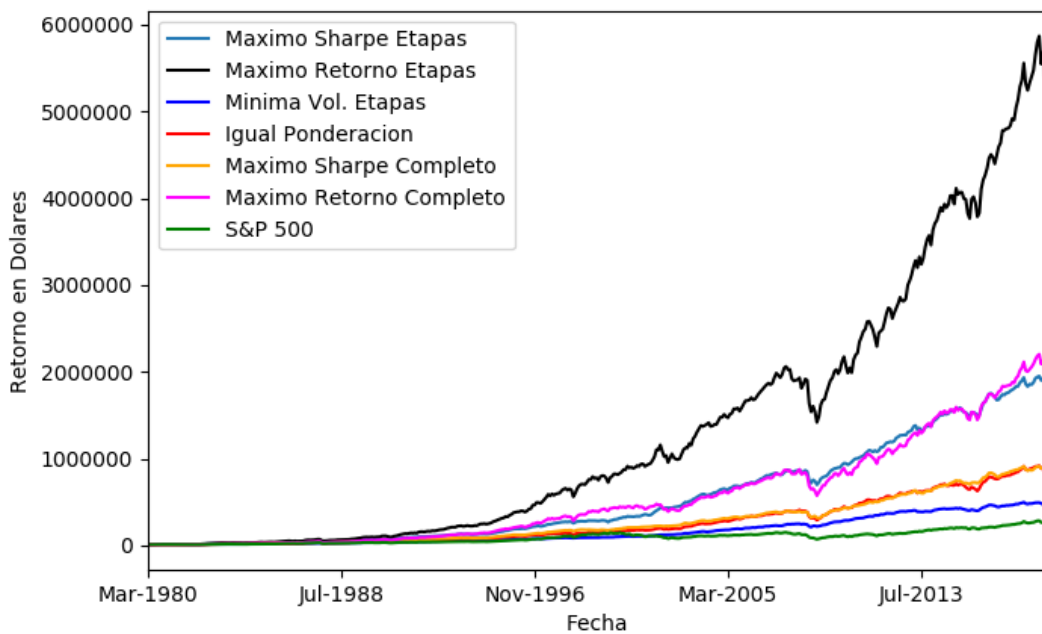


Figura 1. Retorno Acumulado con portafolios óptimos y portafolio equitativo con capital inicial de USD 10,000 en periodo completo.

El autómata finito logró demostrar su precisión para pronosticar el ciclo económico. Esto sugiere que las variables de intereses federales, tasa de desempleo y OECD ICA sirven como indicadores de cambios macroeconómicos al usarlos con una lógica de relaciones económicas de causa y efecto. Los resultados demuestran que la señal del autómata finito

en las fechas iniciales de recesión sirve como un indicador coincidente, en cambio la señal en las fechas finales de recesión sirve como un indicador adelantado. Aunque un indicador adelantado contrae mucho beneficio al inversionista para reasignar los activos de su portafolio, es posible mejorar la señal al convertirlo en un indicador coincidente. Una posible solución a mejorar la señal en las fechas finales de recesión por parte del autómata finito es agregar otra variable como filtro, ya que el autómata finito considera exclusivamente la variable OECD ICA para señalar un cambio de recesión a recuperación. Las horas extras de trabajo podría servir como una variable para mejorar la señal del cambio hacia recuperación ya que antes de que las empresas comiencen a contratar más personal por la mejora de la economía, buscan agregar más horas a los empleados ya existentes (“The Secrets of Economic Indicators”, Bernard Baumohl, capítulo 3, pág. 41).

Se confirmó la variabilidad que existe a lo largo del ciclo económico en cuanto a la relación de retorno y riesgo, afectando de diferentes formas a los tipos de activos. Interesantemente, se encontró altos retornos en las acciones de petróleo crudo y oro en la etapa de recuperación, superando a la mayoría de los activos con respecto a retorno e índice de máximo Sharpe. Una posible explicación de estos altos retornos es el doble beneficio que reciben estas acciones de productos básicos en esta etapa: gran optimismo en el mercado de acciones lo cual aumenta los niveles generales de precios de acciones y la devaluación de la moneda lo cual tiende a incrementar el precio de materias primas. Los altos índices de Sharpe encontrados en la etapa de recuperación va de acuerdo con el alto optimismo que existe en el mercado una vez que se percibe un ambiente más estable, con menor riesgo y expectativas de crecimiento económico.

En la etapa de ralentización, los intereses federales tienden a seguir aumentando y al mismo tiempo se comienza a notar los efectos del incremento de intereses federales realizados etapa previa de expansión. Esto genera mayores ingresos para el sector de finanzas, el cual generó los mayores retornos en la etapa de ralentización. La volatilidad general aumenta en esta etapa debido a la creciente incertidumbre en el mercado sobre el futuro de la economía, creando un mayor comportamiento de aversión hacia el riesgo, afectando sectores de alto riesgo como tecnología. Esta mayor aversión hacia el riesgo causa una movilización de capital de sectores más riesgosos a sectores más seguros, por lo cual el sector de consumo básico tuvo un retorno superior a la mayoría de demás activos.

Se encontró que el sector de cuidado de la salud tuvo un mejor desempeño en la etapa de expansión y ralentización y un retorno negativo en la etapa de recesión. Esto es lo contrario a encuentros de estudios previos (Kouzmenko y Nagy, 2009), sugiriendo que el sector de cuidado de la salud es un sector defensivo. Una posible respuesta es el cambio significativo que ha tenido este sector en los últimos años, con un alto crecimiento de precios en los productos y servicios médicos y el mayor uso de deuda para financiar las mismas. Esto quiere decir que el sector de cuidado de la salud tiene una dependencia de los niveles de intereses ya que afecta directamente sus ingresos, similar al sector de finanzas. Con esta lógica, se puede notar que el retorno del sector de cuidado de la salud varía de manera similar al sector de finanzas a lo largo del ciclo económico.

En la etapa de recesión, la volatilidad llega a su punto más alto y la economía se contrae. Esta contracción de la economía afecta a las acciones y bienes raíces, lo cual puede explicar las cifras negativas para los sectores de finanzas, cuidado de la salud y fideicomiso de inversiones inmobiliarias, entre otros. Los retornos de los bonos aumentaron en la etapa de recesión, en parte debido a que el banco central tiende a bajar los intereses para recuperar la economía de la recesión. El sector de consumo básico y consumo discrecional mostraron los mayores retornos en la etapa de recesión. Una posible causa de estos buenos retornos es que las empresas de estos sectores tienden a elevar los dividendos cuando el estado económico empeora, con el fin de motivar a los inversionistas a mantener el capital en la empresa. Al mismo tiempo, la demanda por los productos creados por el sector de consumo básico es independiente del bienestar económico, por lo que inversionistas prefieren mover sus inversiones a este tipo de sectores. La investigación mostró una variación de desempeño dentro de los tipos de bonos dependiente del nivel de riesgo del bono. Este cambio va de acuerdo al comportamiento de los inversionistas en las recesiones donde no se enfocan en tomar mayor riesgo por un retorno extra, sino más bien escoger los activos que tienen menor riesgo, en este caso los bonos de tesoro (Jaimovich y Rebelo, 2007).

Con respecto a los pesos óptimos para máximo índice de Sharpe en la etapa de expansión, los bonos recibieron el mayor peso cuando generaron los menores retornos. Esto demuestra que al optimizar un portafolio para máximo índice de Sharpe, se reducen los retornos en busca de menor volatilidad. Al comparar los pesos óptimos del periodo completo con los pesos óptimos de las diferentes etapas, se puede observar la ineficiencia de maximizar retornos sin considerar el ciclo económico. Por ejemplo, en la etapa de recuperación, los pesos del periodo completo para máximo índice de Sharpe se inclinaron hacia los bonos, cuando un mayor peso en las acciones de oro, acciones de petróleo y el oro generaron los mayores retornos en relación al riesgo. De manera similar, los pesos del periodo completo para máximo retorno se inclinaron hacia sectores de consumo básico y consumo discrecional, cuando los sectores que generaron las máximas ganancias en la etapa de recuperación fueron las acciones de petróleo y acciones de oro.

Una respuesta a la diferencia entre los activos con mayor desempeño y los activos con mayor peso es la importancia de la diversificación propuesto por Harry Markowitz (1952) en su teoría del portafolio moderno. El diversificar un portafolio con diferentes activos y bajas correlaciones, contrae grandes beneficios ya que se reducen las pérdidas por un mal desempeño de un activo individual. Por esta razón, un portafolio buscando un máximo índice de Sharpe, máximo retorno y mínima volatilidad dependerá no solamente de esos parámetros sino también de la correlación entre los activos que lo componen. Por ejemplo, en el portafolio de mínima volatilidad, el oro recibió un 18% de peso en la etapa de recesión con una volatilidad de 19.43%, en comparación a una menor volatilidad de 11.84% en los bonos grado BAA, pero con un peso menor de 8%. Esta preferencia al oro en la etapa de recesión puede ser explicado por la baja correlación del oro y los bonos. De la misma manera, aunque el sector de tecnología fue el tercer activo con mayor retorno en la etapa de recuperación, obtuvo un peso de 2% en el portafolio de máximo retorno.

En el cuadro 8, se encontró los diferentes resultados de las diferentes optimizaciones de portafolio a lo largo del ciclo económico. Los menores retornos del portafolio de máximo

índice de Sharpe en las etapas de expansión y ralentización en relación a los retornos en la etapa de recesión muestran como optimizar un portafolio maximizando el índice de Sharpe compromete los retornos por menor volatilidad. De manera similar, el bajo retorno del portafolio de mínima volatilidad en relación con los otros portafolios es debido en gran parte por su mayor inclinación hacia los bonos a través del ciclo económico. El mayor índice de Sharpe del portafolio de máximo retorno en comparación al portafolio de mínima volatilidad sugiere que el enfoque de minimizar la volatilidad es poco atractivo para los inversionistas de acuerdo a la teoría del portafolio moderno, donde se busca el mayor retorno en relación al riesgo. En general, el portafolio de máximo índice de Sharpe y el portafolio de máximo retorno generaron mayores retornos e índices de Sharpe que el portafolio del periodo completo a través del ciclo económico. Esto evidencia el beneficio de considerar el ciclo económico para optimizar un portafolio con respecto a maximizar retorno y maximizar índice de Sharpe.

Al observar el cuadro 9, se puede identificar el beneficio general de diversificación de los portafolios en comparación con el índice de S&P 500, mostrando menores volatilidades con mayores retornos. La optimización por etapas para máximo índice de Sharpe y máximo retorno mostraron mayores CAGR que la optimización para el periodo completo. Esto demuestra que la optimización de asignación de activos por etapas aumenta los retornos en un portafolio. Aunque el portafolio de máximo índice de Sharpe por etapas no busca una maximización de retornos, este género retornos similares al portafolio de máximo retorno en el periodo completo, lo que demuestra nuevamente el beneficio de optimizar la asignación de activos por etapas.

## 4. CONCLUSIONES

- Se confirmó el beneficio de considerar el ciclo económico para una asignación de activos en un portafolio de inversiones. Específicamente, se demostró que optimizar un portafolio para máximo índice de Sharpe y máximo retorno de acuerdo con las etapas del ciclo económico genera mayores retornos.
- El autómata finito generó indicadores adelantados y coincidentes en cada cambio de etapa en el periodo completo, sin generar señales falsas. La tasa de desempleo, los intereses federales y los Indicadores Adelantados Compuestos de OECD sirven como variables para generar indicadores adelantados y coincidentes de cambios macroeconómicos en los Estados Unidos al usarlos con una lógica de relaciones económicas de causa y efecto.
- Se encontró que el retorno y el riesgo de las acciones, bonos, productos básicos y bienes raíces varía a lo largo del ciclo económico estadounidense, afectando a los diferentes tipos de activos de diferentes maneras y magnitudes. Esto sugiere que estos comportamientos cíclicos en los tipos de activos pueden ser pronosticados y aprovechados por el inversionista.



## 5. RECOMENDACIONES

- Evaluar si el considerar exclusivamente la volatilidad negativa, conocido como semi-varianza, representando el riesgo en los activos, genera portafolios óptimos con mejores resultados.
- Considerar el apalancamiento y la venta en corto para analizar si genera mayores retornos en el portafolio.
- Considerar activos de países fuera de Estados Unidos puede contraer grandes beneficios al desempeño del portafolio por efecto de diversificación y menor correlación.
- Realizar un análisis macroeconómico actual para confirmar que la señal del autómata finito tenga congruencia con la situación actual. Adicionalmente, un análisis fundamental para evaluar que empresas dentro de los sectores recomendados por el autómata finito podrían llegar a ganar mayor participación del sector.

## 6. LITERATURA CITADA

Bernanke, B., & Gertler, M. (1995). Inside the black box: The credit channel of monetary policy transmission. New York: C.V. Starr Center for Applied Economics. doi: 10.3386/w5146

Kiyotaki, N., & Moore, J. (1997). Credit Cycles. *Journal of Political Economy*, 105(2), 211-248. doi:10.1086/262072

Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles ...* Vol. 1. New York: McGraw-Hill Book Company.

Dalio, R. (2017). *How the Economic Machine Works*. Bridgewater Associates, LP.

Smets, Frank, y Rafael Wouters (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, 97 (3): 586-606. doi: 10.1257/aer.97.3.586

Justiniano, Primiceri y Tambalotti (2010). Investment Shocks and Business Cycles, *Journal of Monetary Economics*, 57(2), 132-145.

Kang, Q. (2019). Business-cycle pattern of asset returns: a general equilibrium explanation. *Ann Finance*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10436-019-00347-y>

Tang, Yi y Whitelaw, Robert F. (2011). Time-Varying Sharpe Ratios and Market Timing. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1938613>

Fama, F. E. y French, K. (1989). Business conditions and expected returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 25(1), 23-49. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(89\)90095-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(89)90095-0)

Schwert, G. W. (1989). Why Does Stock Market Volatility Change Over Time? *The Journal of Finance*, 44(5), 1115-1153. doi:10.1111/j.1540-6261.1989.tb02647.x

Alessandrini, F. (1999). Credit Risk, Interest Rate Risk, and the Business Cycle. *The Journal of Fixed Income*, 9(2), 42-53. doi:10.3905/jfi.1999.319259

Korajczyk, R., y Levy, A. (2003). Capital structure choice: Macroeconomic conditions and financial constraints. *Journal of Financial Economics*, 68(1), 75-109. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(02\)00249-0](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(02)00249-0)

Korteweg, Arthur G. y Strebulaev, Ilya A. (2015). An Empirical Target Zone Model of Dynamic Capital Structure. AFA 2012 Chicago Meetings Paper. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1787001>

Lustig, H. N. y Verdelhan, A. (2012). Business Cycle Variation in the Risk-Return Trade-Off. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1670715

Perez-Quiros, Gabriel y Timmermann, Allan, (2001). Business cycle asymmetries in stock returns: Evidence from higher order moments and conditional densities. *Journal of Econometrics*, Elsevier, 103(1-2), 259-306.

Hamilton, J. y Gang, L. (1996). Stock Market Volatility and the Business Cycle. *Journal of Applied Econometrics*, 11(5), 573-93.

Chauvet, M., y Potter, S. (2001). Recent Changes in the US Business Cycle. *The Manchester School*, 69(5), 481-508. doi:10.1111/1467-9957.00266

Nyberg, H. (2011). Risk-Return Tradeoff in U.S. Stock Returns over the Business Cycle. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 47(1), 137-158. doi:10.1017/s0022109011000615

Brocato, J. y Steed, S. (1998). Optimal Asset Allocation over the Business Cycle. *Financial Review*.

Siegel, S. (1991). Does it Pay Stock Investors to Forecast the Business Cycle? *The Journal of Portfolio Management*. 18 (1), 27-34, doi: <https://doi.org/10.3905/jpm.1991.27>

Kouzmenko, R. y Nagy, Z. (2009). Sector Performance across Business Cycles. *MSCI Research Bulletin*.

Lynne Sagalyn (1990). Real Estate Risk and the Business Cycle: Evidence from Security Markets. *Journal of Real Estate Research*, 5(2), 203-219.

Ross, S.A., y Zisler, R. C., (1987). Managing real estate portfolios, Part 2: Risk and return in real estate. *Goldman Sachs & Co.*

Zisler, R. C., (1990). Real estate portfolio management, *Managing Investment Portfolios: A Dynamic Process*, 2nd ed., Warren, Gorham & LaMont Publishing.

Hoesli M., Lekander J. y Witkiewicz, W. (2004). International Evidence on Real Estate as a Portfolio Diversifier. *Journal of Real Estate Research*, 26(2), 161-206.

Blitz, D. y Vliet, P. (2009). Dynamic Strategic Asset Allocation: Risk and Return Across Economic Regimes. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1343063>.

Leading indicators - Composite leading indicator (CLI) - OECD Data. (n.d.). Extraído de <https://data.oecd.org/leadind/composite-leading-indicator-cli.htm>

Markowitz, H. (1952) Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91, DOI: 10.2307/2975974