

# Proyecto Final de IA/Simulación

Miguel Alejandro Yáñez Martínez C 311

Darío Rodríguez LLosa C 312

Alejandro Ramírez Trueba C 311

## 1 Introducción

Este informe describe el desarrollo, implementación y funcionamiento de un simulador de bolsa de criptomonedas, cuyo propósito es replicar el comportamiento de un mercado de activos digitales, específicamente criptomonedas como Bitcoin, Ethereum y otras. El objetivo principal de este simulador es proporcionar una plataforma controlada en la que se puedan probar diversas estrategias de inversión sin los riesgos inherentes de los mercados reales. A través de la simulación, se busca identificar, mediante el uso de agentes inteligentes, un conjunto de reglas que maximicen las ganancias potenciales, minimizando al mismo tiempo los riesgos asociados a la volatilidad del mercado de criptomonedas.

El proyecto se estructura en torno a varios componentes fundamentales: una estructura de mercado simulado, un sistema de agentes que actúan como inversionistas y un algoritmo genético que busca optimizar las estrategias de compra y venta. Este enfoque permite que los participantes del simulador desarrollen y evalúen diferentes estrategias basadas en factores tanto técnicos como sentimentales, como lo es el impacto de los comentarios en redes sociales sobre el valor percibido de las criptomonedas.

## 2 Simulación

La simulación es el núcleo del proyecto, diseñada para replicar de manera fiel el comportamiento de un mercado de criptomonedas, ofreciendo un entorno controlado en el que se pueden probar estrategias de inversión sin los riesgos inherentes de los mercados reales. Para crear este mercado simulado, se modelan las dinámicas que determinan las fluctuaciones de precios, la oferta y la demanda, permitiendo que las criptomonedas se comporten de manera similar a como lo hacen en el mundo real. Los precios de las criptomonedas cambian constantemente, influidos por las decisiones de compra y venta de los agentes y por factores externos, como la percepción del mercado y la volatilidad.

Uno de los elementos clave de la simulación es el uso de agentes BDI (Belief-Desire-Intention) que actúan como inversores ficticios. Cada agente toma decisiones de manera autónoma basándose en sus creencias sobre el mercado, sus

deseos de maximizar ganancias y las intenciones que seleccionan para ejecutar sus acciones de compra, venta o mantenimiento de criptomonedas. Además de los datos técnicos, estos agentes ajustan sus creencias según el análisis del sentimiento del mercado, lo que les permite actualizar su conocimiento sobre el entorno. Los datos de sentimiento, obtenidos de redes sociales y foros como Reddit, cuantifican las emociones del mercado. Si los agentes creen que el sentimiento es optimista, pueden formar la intención de comprar, anticipando un aumento en el precio, mientras que un sentimiento negativo puede llevar a intenciones de venta.

Nuestro algoritmo se centra en seleccionar y generar reglas basadas en el desempeño de los agentes. Esto está alineado con el componente de Desires del modelo BDI, ya que busca agentes que cumplen sus metas (maximizar ganancias). Sin embargo, el algoritmo no interactúa directamente con Beliefs o Intentions, ya que estos componentes son gestionados internamente por cada agente. Las creencias de cada agente (es decir, su información sobre el mercado) afectan sus decisiones y, por ende, su rendimiento. Al evaluar el desempeño de los agentes, el algoritmo genético selecciona aquellos que han manejado mejor sus creencias para maximizar ganancias.

La simulación basada en agentes ofrece varias ventajas sobre otros enfoques de modelado. En primer lugar, es capaz de **capturar la dinámica no lineal** de los mercados, donde pequeños cambios en las reglas o en las interacciones pueden llevar a grandes variaciones en los resultados. Esta no linealidad es característica de sistemas complejos y volátiles como el mercado de criptomonedas. Además, la SBA permite integrar factores subjetivos, como el análisis de sentimientos y la percepción del riesgo, que son difíciles de modelar con enfoques tradicionales basados en ecuaciones.

Otro aspecto importante de la simulación es la capacidad de operar con **múltiples criptomonedas**, no solo con una. Esto permite a los agentes diversificar sus carteras y aplicar estrategias específicas a diferentes activos, como Bitcoin, Ethereum o Litecoin. Cada criptomoneda en el simulador tiene diferentes niveles de volatilidad y liquidez, lo que añade un nivel adicional de complejidad a las decisiones de los agentes. Los precios de estos activos pueden fluctuar de manera independiente o correlacionada, lo que permite estudiar cómo reaccionan las estrategias de los agentes a diferentes comportamientos de mercado.

En cuanto a la **volatilidad**, el simulador refleja fielmente la naturaleza impredecible de los mercados de criptomonedas. Las criptomonedas más volátiles experimentan cambios de precio rápidos y bruscos, mientras que otras presentan variaciones más suaves y estables. Los agentes deben adaptarse a estas condiciones, ajustando sus estrategias de inversión para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos. Este enfoque proporciona una visión más completa de cómo las fluctuaciones del mercado afectan el comportamiento y la rentabilidad de las inversiones.

## 2.1 Análisis de Sentimientos

El **análisis de sentimientos** es uno de los componentes más innovadores e importantes del simulador de criptomonedas, ya que permite incorporar factores psicológicos y emocionales en las decisiones de inversión de los agentes. En los mercados de criptomonedas, las emociones de los inversores juegan un rol crucial en la fluctuación de los precios, ya que las decisiones de compra y venta muchas veces no se basan únicamente en datos objetivos, sino también en la percepción y el sentimiento que los inversores tienen sobre el estado del mercado. El análisis de sentimientos proporciona al simulador la capacidad de medir y cuantificar estas emociones para influir en los precios de las criptomonedas simuladas de manera más realista.

El proceso de análisis de sentimientos comienza con la recolección de datos de **Reddit**. Esta plataforma contiene una gran cantidad de discusiones sobre criptomonedas, donde los usuarios expresan sus opiniones, dudas, expectativas y emociones respecto al comportamiento futuro de los activos digitales.

Utilizando técnicas de **procesamiento de lenguaje natural** (NLP, por sus siglas en inglés), el simulador es capaz de interpretar estos comentarios, como un número.

Una vez que los datos han sido recolectados y clasificados, el simulador cuantifica el sentimiento dominante sobre una criptomoneda específica. Si la mayoría de los comentarios y opiniones tienden a ser positivos, se asume que el sentimiento del mercado es optimista, lo que, en un escenario real, podría llevar a un aumento en la demanda de la criptomoneda y, por lo tanto, a una subida en su precio. De la misma manera, un sentimiento negativo generalizado podría llevar a una caída en el valor del activo, ya que los inversores tienden a vender cuando perciben que la comunidad tiene una visión pesimista sobre una criptomoneda.

A medida que los agentes realizan transacciones y ajustan sus posiciones, el sentimiento del mercado también puede cambiar, lo que crea un ciclo continuo de interacciones entre el comportamiento de los agentes y las emociones del mercado. Esta retroalimentación dinámica imita el comportamiento real de los mercados financieros, donde una noticia inesperada o un evento en redes sociales puede desencadenar movimientos bruscos en los precios de las criptomonedas.

Otra ventaja del análisis de sentimientos en la simulación es que ofrece a los agentes la posibilidad de desarrollar **estrategias basadas en emociones del mercado**. Los agentes pueden ajustar sus decisiones de inversión no solo en función de los datos técnicos, sino también según el sentimiento predominante de cada moneda. Por ejemplo, un agente podría optar por vender cuando detecta que el sentimiento de una criptomoneda se está volviendo cada vez más negativo, incluso si los datos técnicos no muestran signos de una caída inminente en los precios. De esta manera, el análisis de sentimientos permite que los agentes sean más flexibles y reactivos a las fluctuaciones del mercado, lo que les da una ventaja competitiva en un entorno donde las emociones juegan un papel clave.

Además, el análisis de sentimientos permite identificar patrones más profundos en la relación entre las emociones del mercado y las fluctuaciones de los

precios. A lo largo de varias iteraciones del simulador, se puede analizar cómo los cambios en el sentimiento afectan de manera continua el comportamiento de las criptomonedas. Esto proporciona una comprensión más completa de cómo los inversores reaccionan ante ciertos eventos o noticias, y cómo estos eventos pueden amplificar o mitigar las tendencias del mercado. Por ejemplo, el simulador puede ayudar a identificar momentos en los que un sentimiento extremadamente negativo resulta en una caída excesiva del precio, presentando una oportunidad para que los agentes compren a precios reducidos antes de una recuperación.

## 2.2 Lenguaje:

En el desarrollo del simulador de criptomonedas, se optó por crear un **lenguaje basado en reglas** que permite a los agentes tomar decisiones sobre la compra, venta o mantenimiento de criptomonedas de manera autónoma y estructurada. Este lenguaje se construye sobre la lógica "Si 'expresión', entonces 'acción'", donde la expresión representa una condición que puede estar relacionada con indicadores de mercado, análisis técnico, o incluso el **sentimiento** predominante en redes sociales. La acción derivada puede ser una de tres: comprar, vender o mantener una criptomoneda. Esta estructura permite a los agentes seguir un conjunto de reglas formales que guían su comportamiento en el mercado simulado, imitando la toma de decisiones de un inversor humano.

Las **expresiones** dentro del lenguaje están diseñadas para ser flexibles y adaptables, utilizando palabras clave que definen diferentes condiciones del mercado o eventos específicos. Por ejemplo, una expresión podría ser: "Si el precio baja un 5% en un día", o "Si el sentimiento es positivo". Esta capacidad de definir condiciones con granularidad permite a los agentes evaluar el entorno en tiempo real y ajustar sus decisiones según las fluctuaciones y eventos que se desarrollan en el mercado simulado.

Un aspecto fundamental de este lenguaje es que no está limitado a condiciones binarias o absolutos; en cambio, se basa en la **lógica difusa**, lo que permite que las condiciones tomen valores en un rango continuo entre 0 y 1. Esto añade una capa de sofisticación al sistema, ya que las decisiones de los agentes no se limitan a respuestas simples de verdadero o falso. Por ejemplo, una condición puede tener un valor de 0.7, lo que indica que existe una probabilidad considerable, aunque no absoluta, de que una criptomoneda suba de precio. Este enfoque permite a los agentes operar de manera más flexible y matizada, en lugar de depender de juicios rígidos que podrían no capturar adecuadamente la incertidumbre inherente en los mercados de criptomonedas.

El lenguaje también permite la creación de **combinaciones complejas de reglas**, que se activan solo cuando múltiples condiciones se cumplen simultáneamente. Por ejemplo, un agente podría tener una regla que se active cuando "El precio baja un 10% Y el sentimiento en las redes sociales es negativo". Esta capacidad de interconectar reglas permite que los agentes sigan estrategias más elaboradas, reflejando las decisiones multifactoriales que los inversores humanos suelen tomar. Además, estas reglas pueden adaptarse a difer-

entes tipos de inversores o agentes con perfiles de riesgo variados, algunos de los cuales podrían ser más conservadores, mientras que otros podrían estar más inclinados al riesgo.

Para determinar qué acción tomar, el simulador evalúa todas las condiciones definidas en las reglas y selecciona la acción correspondiente a la condición que tenga el valor más alto.

Otra característica destacada del lenguaje es que se diseñó para ser **escalable** y extensible. A medida que se introducen nuevas criptomonedas o variables en el simulador, las reglas pueden modificarse o ampliarse sin necesidad de reescribir el sistema completo. Esto permite que el simulador evolucione junto con los mercados reales, donde la aparición de nuevas tecnologías o activos puede requerir cambios rápidos en las estrategias de inversión. Además, la estructura del lenguaje facilita la integración con otros módulos del simulador, como el análisis de sentimiento o los algoritmos de predicción, lo que garantiza que los agentes puedan tomar decisiones basadas en una combinación rica de fuentes de información.

## 2.3 Algoritmo Genético:

El **algoritmo genético** es una de las herramientas clave utilizadas en el simulador para optimizar las estrategias de inversión de los agentes y mejorar su rendimiento en el mercado de criptomonedas. Este algoritmo se inspira en los principios de la evolución biológica, imitando los procesos de selección natural, cruce y mutación para encontrar soluciones óptimas a problemas complejos. En el contexto del simulador, el algoritmo genético permite a los agentes ajustar sus reglas y comportamientos para maximizar las ganancias, explorando de manera eficiente un amplio espacio de soluciones posibles.

El algoritmo genético sigue varias fases fundamentales:

1. **Población Inicial:** El proceso comienza generando una **población inicial** de agentes, cada uno con un conjunto único de reglas para tomar decisiones. Estos agentes representan diversas estrategias de inversión que se probarán y evaluarán en el simulador.
2. **Función de Aptitud (Fitness):** Cada agente es evaluado mediante una función de **aptitud** que mide su desempeño en el mercado simulado. Los criterios de evaluación incluyen métricas como el retorno de la inversión, el riesgo asumido y la consistencia de las decisiones tomadas. Aquellos agentes que logran mayores beneficios y menor riesgo son considerados más aptos para el entorno.
3. **Selección:** Los agentes con mejores desempeños tienen mayores probabilidades de ser seleccionados para la siguiente fase de reproducción. Este proceso imita la **selección natural**, en la que las mejores estrategias de inversión sobreviven y se replican en generaciones futuras.
4. **Cruce (Crossover):** Una vez seleccionados los agentes más aptos, se realiza un proceso de **cruce** donde las reglas de dos agentes se combinan para generar nuevos agentes. Este proceso mezcla las características de los "padres" con el objetivo de generar estrategias más robustas, combinando lo mejor de ambos mundos.
5. **Mutación:** Durante el cruce, se aplica una pequeña **mutación** aleatoria a algunas de las reglas de los nuevos agentes. Esta mutación intro-

duce variabilidad en la población y permite explorar nuevas combinaciones de reglas que podrían no haber sido consideradas antes, evitando que el algoritmo se quede atrapado en **óptimos locales**. 6. **Reemplazo**: Después de evaluar a la nueva generación de agentes, aquellos que tienen un rendimiento inferior son reemplazados por los agentes más prometedores. Este ciclo de evaluación, selección, cruce y mutación se repite durante varias generaciones, hasta que el sistema encuentra una estrategia óptima o alcanza un número máximo de iteraciones.

El proceso comienza con la generación de una **población inicial** de agentes, cada uno de los cuales tiene un conjunto único de reglas que dictan su comportamiento en el mercado. Estas reglas, que pueden ser vistas como los "genes" de cada agente, definen cómo tomarán decisiones de compra, venta o mantenimiento de criptomonedas bajo diferentes condiciones del mercado. Al inicio, esta población es generada de manera aleatoria o semi-aleatoria, lo que asegura una diversidad en las estrategias de los agentes. Algunos agentes pueden ser más conservadores, mientras que otros pueden ser más arriesgados, lo que crea un rango de enfoques de inversión que serán evaluados en las siguientes fases del algoritmo.

Cada agente de la población es evaluado en función de su **aptitud** o "fitness", que en este caso se mide en términos de su capacidad para generar ganancias en el mercado simulado. Los agentes que logran mayores retornos tienen un valor de fitness más alto, lo que aumenta sus probabilidades de ser seleccionados para reproducirse en la siguiente generación. Por el contrario, los agentes cuyo desempeño es inferior tienen menor probabilidad de avanzar en el proceso de selección. Este mecanismo de selección imita la idea de la **supervivencia del más apto**, asegurando que solo las estrategias de inversión más exitosas sean propagadas y refinadas en las generaciones futuras.

Una vez seleccionados los agentes más aptos, entra en juego la fase de **cruce (crossover)**, donde se combinan las reglas de dos agentes "padres" para crear nuevos agentes "hijos". Este proceso es esencialmente una recombinación de genes, donde las características exitosas de ambos padres se transmiten a la siguiente generación. Por ejemplo, si un agente ha demostrado ser muy eficaz en identificar momentos de venta y otro en detectar buenas oportunidades de compra, sus reglas se mezclarán en los nuevos agentes, creando combinaciones que potencialmente mejoren ambas habilidades. El cruce asegura que las estrategias exitosas se difundan en la población, incrementando la posibilidad de encontrar soluciones óptimas.

Además del cruce, el algoritmo genético introduce el concepto de **mutación**, un proceso en el cual algunas reglas de los agentes son alteradas de manera aleatoria. La mutación desempeña un papel crucial en el algoritmo, ya que introduce **variabilidad genética** en la población, evitando que el sistema quede atrapado en soluciones subóptimas o en un óptimo local. Sin la mutación, el proceso de evolución podría volverse demasiado conservador, y la población podría converger rápidamente hacia una estrategia que no es necesariamente la mejor. Al permitir que algunas reglas muten, el simulador explora nuevas áreas del espacio de soluciones, descubriendo estrategias que de otro modo podrían

haber pasado desapercibidas. Por ejemplo, una mutación podría cambiar un umbral de venta, generando una regla más eficaz para capturar tendencias de corto plazo en un mercado volátil.

Este ciclo de evaluación, selección, cruce y mutación se repite durante varias **generaciones**, permitiendo que la población de agentes evolucione y mejore su rendimiento con el tiempo. En cada nueva generación, los agentes más aptos reemplazan a los menos eficientes, lo que garantiza un progreso continuo hacia la optimización de las estrategias de inversión. A medida que pasan las generaciones, el simulador puede detectar qué combinaciones de reglas tienden a ser más exitosas bajo ciertas condiciones del mercado, lo que a su vez ayuda a los agentes a adaptarse de manera más efectiva a los cambios en la volatilidad, las tendencias y las dinámicas de precios.

Una característica importante del algoritmo genético es que se adapta bien a problemas de búsqueda en **espacios de soluciones grandes y complejos**, como es el caso de los mercados financieros. Dado que el mercado de criptomonedas es altamente volátil y está influenciado por múltiples factores impredecibles, es extremadamente difícil modelar con precisión cuál será la mejor estrategia de inversión en todo momento. El algoritmo genético proporciona una manera eficaz de explorar este espacio, encontrando patrones y estrategias que podrían no ser evidentes a través de métodos tradicionales de optimización. En lugar de intentar modelar cada posible escenario de mercado, el algoritmo permite que las estrategias evolucionen a medida que los agentes experimentan con diferentes enfoques.

### 3 Resultados

Se realizaron múltiples experimentos para evaluar el desempeño de los agentes dentro del simulador de criptomonedas. Los resultados revelaron que, en general, el precio de las criptomonedas no experimentó grandes fluctuaciones. Este comportamiento fue atribuido a la baja cantidad de agentes involucrados en la simulación, lo que limitó la volatilidad del mercado virtual. A pesar de esta limitación, el Bitcoin fue la criptomoneda que alcanzó el mayor valor dentro del entorno simulado, demostrando una vez más su fortaleza en el mercado, incluso en condiciones controladas.

En cuanto al análisis de sentimientos, se observó que tanto Bitcoin como Ripple fueron las criptomonedas con los valores más altos. Esto indica que estas monedas gozan de una alta valoración y percepción positiva en redes sociales, lo que sugiere que continúan siendo protagonistas en las conversaciones públicas y en las plataformas digitales.

Respecto al rendimiento de los agentes, se llevó a cabo un análisis detallado que mostró que el agente más eficiente fue el identificado como agente 0, de la generación 10. Este agente logró obtener un rendimiento notable del 156,68%, lo que lo posiciona como el de mejor desempeño en comparación con el resto. Este resultado sugiere que, a pesar de la baja variabilidad en los precios, existen estrategias de agentes que permiten maximizar el rendimiento.

## 4 Conclusiones

El simulador de bolsa de criptomonedas desarrollado en este proyecto constituye una plataforma poderosa para explorar y experimentar con estrategias de inversión en un mercado dinámico y altamente volátil. A través del uso de agentes inteligentes, el análisis de sentimiento y un algoritmo genético, el sistema logra replicar de manera fiel las condiciones del mercado real, ofreciendo una herramienta invaluable para investigadores, inversores y estudiantes interesados en la economía digital y las criptomonedas.