

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE ADMINISTRACION Y ECONOMIA**  
**Departamento de Economía**

Elija un elemento.



**El mercado de las tarjetas gráficas, criptomonedas y el mercado real.**

**Cristóbal Rafael Meneses Rodríguez**

**Profesor Guía: José Noguera**

**Tesis para optar al Grado Académico de  
Magister en Ciencias Económicas**

**Santiago – Chile**

**2022**

© Cristóbal Rafael Meneses Rodríguez, 2022



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Chile 3.0. Sus condiciones de uso pueden ser revisadas en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/cl/>

## Resumen

Creamos un modelo teórico para modelar la heterogeneidad en la demanda de tarjetas gráficas y como esto se traduce en un impacto en los mercados de criptomonedas a través de la estructura de incentivos del minero. Concluimos que un aumento en el poder de procesamiento de las tarjetas gráficas puede aumentar el incentivo a minar criptomonedas, pero solo si la relación de sustitución entre trabajo y tecnología es alta, si el mercado de criptomonedas tiene suficiente tamaño para justificar esta locación de recursos.

## **Dedicatoria**

*Para todos los que aún no han conocido  
El sabor del micro-plástico.*

## **Agradecimientos**

Agradezco el patrocinio de mi padre, la paciencia de mi madre y el constante rebote de ideas con el que he torturado a Carlos Meneses, Álvaro Cuevas, Marco Valdivieso, Adolfo Velásquez, Vicente Jarufe y al genio antes conocido como Sofía Castillo. Que jamás se paren de descubrir cosas nuevas.

## Tabla de Contenido

<b>EL MERCADO DE LAS TARJETAS GRÁFICAS, CRIPTOMONEDAS Y EL MERCADO REAL.</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 BITCOIN Y LAS CRIPTOMONEDAS .....</b>	<b>3</b>
<b>2 NVIDIA Y EL MERCADO DE LAS TARJETAS GRÁFICAS. ....</b>	<b>5</b>
<b>3 EL MODELO .....</b>	<b>9</b>
3.1 MINEROS:.....	9
3.2 VENDEDOR.....	12
3.3 COMPRADOR .....	13
3.4 DISCUSIÓN .....	15
3.4.1 <i>Dinámica de los precios relativos</i> .....	15
3.4.2 <i>Volumen de bienes tranzados en criptomonedas:</i> .....	15
3.4.3 <i>Producción y los precios futuros.</i> .....	16
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>

## Índice de Ilustraciones (Optativo)

Gráfico2.1: de relación entre beneficio de mina y calidad de GPUs. Beneficios calculados con el precio de 2 de enero 2022 de 47291.83 USD-BTC.....	7
--	---

# Introducción

El mercado de las criptomonedas está fuertemente asociado al desarrollo tecnológico. El experimento monetario que ha sido los primeros 14 años de las criptomonedas respaldadas en Blockchain nos han mostrado varias tendencias. Desde la manera en que las criptomonedas son ocupadas como instrumento de escape anti cíclico (Sangyup & Junhyeok, 2022) hasta como su precio depende de la estabilidad gubernamental (Chen, Lau, Cheema, & Koo, 2021). A pesar de esto, la correlación del precio del Bitcoin, una de las criptomonedas más estables y con mayor volumen, con el mercado de la tecnología que es ocupada para su mantención ha sido poco explorada, a pesar de ser señalada como factor que influye en el retorno esperado en tasas de interés de instrumentos medidos en Bitcoin (Shuaia, Xinyub, & Shusonga, 2021). Esta correlación tiene un punto de quiebre durante los primeros meses de 2021, en que el valor del Bitcoin tuvo un colapso mientras los indicadores de acciones de desarrollo tecnológico se disparaban.

El 18 de mayo de 2021, la productora de componentes de computador NVIDIA anunció su intención a futuro de segmentar su mercado, aprovechando su amplio poder de mercado (Lilly, 2021), forzando una diferenciación entre tarjetas memoria gráfica (GPU)<sup>1</sup>, que determinan la cantidad de acciones por segundo que puede hacer un computador, entre aquellas de uso común como manejo masivo de información o videojuegos, y aquellas especializadas en la mina de criptomonedas (A Further Step to Getting GeForce Cards into the Hands of Gamers, 2021). Este mismo día, el gobierno de China anuncia una nueva regulación del mercado financiero, prohibiendo a instituciones financieras el intercambio de criptomonedas, o el uso de estas como colateral. Estas medidas, en su simultaneidad, significaron una baja sustancial del precio de todas las criptomonedas; en especial del bitcoin, la moneda más tranzada dentro de la red.

Es de esperar que una moneda baje de valor ante la prohibición de su uso en una región, pero esto no es lo único notable del evento. 9 meses antes, en septiembre de 2020, NVIDIA anunció su intención de adquirir la productora de microchips inglesa ARM. Esta adquisición solidificaría el poder monopolístico de NVIDIA, por lo que el proceso debió ser evaluado por comités de sana competencia en todo el mundo. Stacy Rasgon, comentarista de Silicon Valley, señala que de aprobarse la transacción, “La dominación (de NVIDIA) seria extendida virtualmente a todos los dominios computacionales”. Menos de 20 días después del anuncio de segmentación de mercado, NVIDIA reiteró su intención de adquirir ARM y presiona a los reguladores chinos en

---

<sup>1</sup> La mayoría de Tarjetas Madre son diseñadas con una tarjeta de video incorporada. Esto significa que el verdadero proveedor principal de GPUs es Intel. En este artículo llamaremos tarjetas de video a los componentes que son diseñados para funcionar de manera autónoma, esto es, que se compran de manera independiente al resto de las piezas del computador. Estas tarjetas, a menudo, tienen mayor poder que aquellas incorporadas en la tarjeta madre.



específico. Esto fue hecho público el 8 de junio. La coordinación de los eventos, además de la presión subsiguiente, da espacio a la sospecha de un acuerdo entre ambos entes.

China tiene justificación en desear una disminución del uso de criptomonedas, pues su intensidad en energía significa una externalidad que no quiere sufrir, además de ser un sistema monetario independiente, separado de la regulación o el sistema tributario, y anti-estado por diseño. China tiene una larga y fructífera historia de intentar expulsar la práctica de minado en su territorio, incluyendo prohibiciones en derivados y alternativas de gasto. Estas medidas han tenido impacto en la composición de la red de bitcoin (Okorie & Lin, 2020), por lo que hay que recalcar que cada investigación de bitcoin está firmemente condicionada a su actualidad.

En un intento de dimensionar el impacto que la decisión de NVIDIA de segmentar el mercado pudo haber tenido en el ecosistema de las criptomonedas, construimos un modelo de búsqueda de Lagos & Wright (2005). Este modelo describe las decisiones de los compradores y vendedores al momento de elegir un instrumento que sirva tanto de unidad de cuenta como conservador de valor. Esto nos permite predecir si se preferirá el uso de criptomonedas o de dinero fiduciario. En este trabajo, siguiendo los pasos de (Kee-Youn & Seungduck, 2019), modelamos una capa más en esta economía que corresponde a el rol de los mineros. Los mineros son la fuerza de trabajo que mantiene la burocracia de un sistema de criptomonedas funcionando. Su rol será descrito en mayor profundidad en la sección II de este trabajo.

Existe una extensa y creciente literatura sobre el mercado de criptomonedas, que podríamos separar, a grandes rasgos, en dos secciones. La primera es literatura interesada en las correlaciones del tamaño de la red de criptomonedas respecto a instrumentos e indicadores financieros o sociales. En esta literatura encontramos a

Como contribución a la literatura, este trabajo describe un suceso que el tiempo podría llegar a ser considerado pivotal en el desarrollo de la criptomoneda, pues significó el inicio de una baja en el precio del bitcoin de cerca de 40%, en una caída que duró cerca de cinco meses. Además, se presenta un modelo teórico que conecta múltiples agentes y sus interacciones en el mercado. Esto es en contribución y gracias a la extensa literatura sobre factores que afectan el precio del bitcoin. Otra área de la investigación con la que interactuamos es la investigación sobre las propiedades del Bitcoin tanto como medio de cambio como instrumento financiero, y que factores pueden alterar esa relación.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: La sección dos es un breve resumen de Bitcoin, su funcionamiento y la literatura asociada. La sección III detalla en profundidad los eventos alrededor del 18 de mayo de 2021 en el mundo de criptomonedas. La sección IV presenta un modelo teórico para analizar el impacto de las preferencias de los trabajadores y mineros al momento de evaluar las criptomonedas. La sección V concluye.

# 1 Bitcoin y las criptomonedas

Durante la recesión que fue causada por la crisis del 2008, una persona u organización llamada Satoshi Nakamoto introdujo al mundo la moneda virtual basada en cadenas de bloques Bitcoin. Esta no era el primer experimento de una moneda basada en el internet, mas ha sido uno de los más funcionales hasta la fecha. Mientras una moneda fiduciaria moderna basa su valor en la capacidad del banco central (la institucionalidad) de mantener la tasa de cambio de su moneda con otros bienes predecible, esto es, mantener precios estables en la economía, los sistemas de Criptomonedas se basan en el sistema de cadenas de bloques. Este sistema se basa en un Libro que contiene cada transacción hecha en la historia de la criptomonedas. El Libro es actualizado a través del trabajo de los Mineros.

Mantener actualizado el historial de una moneda no es fácil, y más aún si cada actualización requiere la información de todo el historial anterior. El sistema de encriptación por bloques encripta cada actualización en bloques, que luego deben ser validados de manera mayoritaria por todos los agentes con acceso a la red. Esta validación requiere des-encriptar el paquete de datos en operaciones altamente exigentes para el computador, pues significan miles o millones de operaciones por bloque de transacciones. Los agentes que ejecutan los algoritmos de desencriptar y mantienen los computadores requeridos para esta validación se llaman Mineros, y son justamente recompensados por su inversión de capital pues los primeros mineros en hallar la llave de encriptación de cada bloque, recibe una recompensa medida en Bitcoin.

El algoritmo de la dificultad de mina de Bitcoin depende de cuantos mineros estén minando simultáneamente, al igual del poder de procesamiento agregado de los mineros, mientras que La eficacia de mina de un Minero depende del algoritmo que corra su computador, además de la calidad de las piezas del mismo. En la práctica el algoritmo se actualiza para mantener un ritmo de solución de bloques de más o menos 10 minutos. Estos incentivos llevan a los mineros a una carrera armamentista de maquinaria de minería. (De Vries, Bitcoin's Growing Energy Problem, 2018) Pues cada nueva versión de la ASIC Antminer significa una radical reestructuración de la red de mina; a medida que tarjetas quedan obsoletas y su poder de procesamiento se traduce en un menor porcentaje de la minería agregada, el retorno por su uso reduciría. Esto ha dejado toneladas de hardware obsoleto. (De Vries, Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem, 2019; De Vries & Stoll, Bitcoin's growing e-waste problem, 2021.; Rabin K.Jana, 2021)

Al comienzo de la historia de Bitcoin, el componente principal en el proceso de mina fue la Unidad Procesadora Central (CPU), para luego ser reemplazada por las Unidades Procesadores de Gráficos (GPU). Las GPU tienen incorporadas en su funcionalidad el manejo individual de miles de procesos por segundo, conveniente en el manejo masivo de datos al igual que en encriptación y en la proyección de partículas en animación tridimensional. Además de estos dos componentes,

existe un mercado de tarjetas especializadas en la mina de criptomonedas. Estos son Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASIC).

En la ya más de una década de historia de Bitcoin, se ven altos y bajos en su tasa de cambio con el dólar, que dependen de su aceptación en los mercados internacionales. A diferencia de las monedas tradicionales, acuñadas en metales preciosos o en billetes equivalentes a los mismos, el valor de las criptomonedas parece estar sustentado en variables más abstractas y complejas dentro del sistema.

A pesar de que existen innumerables monedas virtuales con distintos algoritmos de creación, transacción y encriptación, para referencia, se puede entender el bitcoin como un oro digital, del que muchas otras monedas virtuales heredan su credibilidad. Monedas con menor seguridad de encriptación, y por lo tanto mayor velocidad de emisión o transacción, pueden fijar sus valores al Bitcoin. Por otro lado, estas criptomonedas ocupan su credibilidad para otorgarle liquidez al sistema, permitiendo que la moneda sea utilizada sin la barrera de esperar la validación del bloque que contiene tu transacción. Como ejemplo tenemos monedas como BitcoinCash, que fluctúan en proporción al oro-Bitcoin pero minimiza los tiempos de transacción entre usuarios. Esto es consistente con los descubrimientos de Hayes de mercados eficientes en el mercado de las cripto, controlando por costos eléctricos y parámetros específicos, utilizando el bitcoin como moneda de referencia. El mecanismo que mantiene este sistema eficiente es el retorno esperado por hora de mina entre distintos sistemas que la requieren. Si una criptomoneda tuviese un algoritmo que genere más monedas por hora de mina, recibiría mayor poder de procesamiento y, a la larga, disminuiría su precio hasta tener un retorno por hora igual al del bitcoin. (Hayes, 2017)

La literatura sobre Bitcoin y criptomonedas es joven pero expansiva y continua en crecimiento. De interés para esta investigación son tres áreas: Artículos que analizan la valoración de las monedas (Hayes, 2017), Artículos que cuestionan o defienden la calidad de Moneda de las criptomonedas (Dyhrberg, Foley, & Svec, 2018) (Hui, Lo, Chau, & Wong, 2020), y Artículos que muestran la interacción entre las criptomonedas y los mercados reales. En esta última categoría recalcamos análisis de distintos bancos centrales evaluando su utilidad o posible aceptación como el caso de Georgia (Lekashvili, 2018), Ucrania (Olena Fomina, 2019) o Canadá (Chiu, Davoodalhosseini, Jiang, & Zhu, 2019).

## **2 Nvidia y el mercado de las tarjetas gráficas.**

La productora de microchips Nvidia ha adquirido poder monopólico. La empresa de microchips, fundada en 1993 ya para el 2007 era considerada una de las más dominantes del mercado de tarjetas gráficas, obteniendo una proporción estimada de 37.8% de la dotación de microchips para computadores de escritorio. En segundo lugar se encontró AMD con 33.5%. (Anonimo, 2008). AMD se ha mantenido en su posición como segundo en el mercado, especializándose en tarjetas de gama baja en alto volumen. Mientras tanto, Nvidia alcanza en 2010 el 64.8% del mercado de tarjetas gráficas autónomas, un aumento respecto al 62.1% del año anterior. (Dow Jones Institutional News; New York, 2010).

El control de mercado de Nvidia le ha permitido experimentar en su producción y, de paso, segregarla. En 2012 la compañía crea dos proyectos: Tegra y Tesla. Estas iniciativas dieron fruto, respectivamente, a las ramas de desarrollo de tarjetas integradas a objetos, como teléfonos celulares o automóviles, y de tarjetas de cómputo de alto rendimiento (HPC). De la oferta, nace demanda para estos nuevos proyectos. Las tarjetas Tesla permitieron la aparición de los Data Centers, centros de alquiler de poder computacional. A través de estos centros, un diseñador gráfico que necesitase poder computacional extra lo podría alquilar a distancia. Esta tecnología ha explotado llegando a multiplicarse 10 veces en el periodo entre 2013 y 2018. (Fair Disclosure Wire, 2015)

Este aumento de demanda en las tarjetas de Nvidia le dio espacio para integrar el mercado a su alrededor. En abril de 2020 se hace válida la adquisición de la empresa de mantención de redes Mellanox Technologies por 7 billones de dólares (Jankowski & Sherbin, NVIDIA Completes Acquisition of Mellanox, Creating Major Force Driving Next-Gen Data Centers, 2020). Debido al tamaño de la transacción y la amenaza a la sana competencia, esta transacción debió ser aprobada por un comité internacional de sana competencia. En efecto, para abril de 2020, tan to Estados Unidos como Inglaterra habían aprobado la transacción, y fue la aprobación de parte de China la última firma necesaria para concretar el acuerdo. (Financial Times, 2021)

Solo fueron cinco meses antes de que Nvidia iniciase otro proceso de integración de mercado cuando propuso cuarenta billones de dólares por la empresa inglesa de micro conductores ARM, en septiembre del 2020. (Jankowski, y otros, 2020). Esta compra, más de cinco veces más grande que la de Mellanox, levantó alarmas internacionalmente respecto a la sana competencia del mercado de hardware, en especial luego de las disrupciones de las redes de producción durante la pandemia de 2019 (Gallagher, 2020).

Aunque a la larga la adquisición de ARM fue rechazada por la regulación de Gran Bretaña y de Estados Unidos (YU, 2021), lo que forzó al grupo SoftBank, el dueño original de ARM, a tranzar acciones de la misma en el mercado abierto (Reuters, 2022), Se hizo aparente una interacción

entre el comportamiento de Nvidia y la regulación China. El anuncio de la separación de las tarjetas gráficas de Nvidia, donde se reveló una nueva línea de tarjetas gráficas dedicadas únicamente a la mina de criptomonedas, ocurrió el 18 de mayo de 2021, mismo día que entró en efecto una nueva ola de legislación que prohíbe a instituciones financieras chinas a tranzar criptomonedas (Wuebbeling, 2021) (Reuters, 2021) <sup>2</sup>. Esta coordinación se nos hizo aparente cuando, en junio de 2021, Nvidia pide la aprobación del gobierno Chino en la materia de la adquisición de ARM (McMorrow & Waters, 2021) a través de un comunicado que recalca la confidencialidad del proceso. Aun así, se informa que la petición al gobierno chino habría sido emitido “semanas antes” del 8 de Julio.

Haya o no habido una coordinación explícita entre Nvidia y China para afectar al mercado del bitcoin, no se puede negar que el resultado de los anuncios del 18 de mayo del 2021 fueron beneficiosos para Nvidia. Los problemas logísticos hicieron que durante el 2020 y 2021 la demanda de tarjetas gráficas estuviese constreñida por una oferta muy limitada. Una de las principales quejas que nacieron de esto fue que acaparadores y mineros de bitcoin hicieron subir los precios de las tarjetas hasta precios prohibitivos. Al proponer una barrera artificial en las tarjetas gráficas destinadas a videojuegos, y reemplazar ese agujero en la oferta con una tarjeta especializada en tarjetas gráficas, simultáneamente se obtiene mayor poder sobre quienes pueden o no minar, y quienes pueden obtener las tarjetas. El artículo en que se revelan estas tarjetas se llama “Poniendo las tarjetas gráficas de vuelta en las manos de los Gamers” (A Further Step to Getting GeForce Cards into the Hands of Gamers, 2021). Solo 4 meses luego de este artículo, en la conferencia de prensa trimestral de la compañía, se muestra que la nueva línea de tarjetas enfocadas a la minería alcanzan 4.4% de los beneficios del periodo (McKenna, 2021). Para octubre, se cita un enfoque “más constructivo” respecto a los videojuegos de parte de Nvidia como una causa de su continuo aumento de valor financiero. Esto es visto como una disminución del impacto de Bitcoin en el precio de tarjetas con el fin de uso de videojuegos (Denton, 2021), rubro que Nvidia ha llegado a dominar con más del 80% de las tarjetas gráficas encuestadas por la plataforma de compra-venta de videojuegos Steam siendo modelos producidos por la misma (Lilly, 2021)

---

<sup>2</sup> Esta coordinación en noticias vino unos días después de que el multimillonario Elon Musk anunciase que ya no creía en la estabilidad de Bitcoin y terminase los planes permitir a su empresa operar en la moneda. (Hoskins, 2021)

El Grafico 1 muestra la relación entre el beneficio diario neto de mina de bitcoin, medido en dólares, con un indicador de calidad integrado de tarjetas gráficas (GPUs). El indicador de calidad

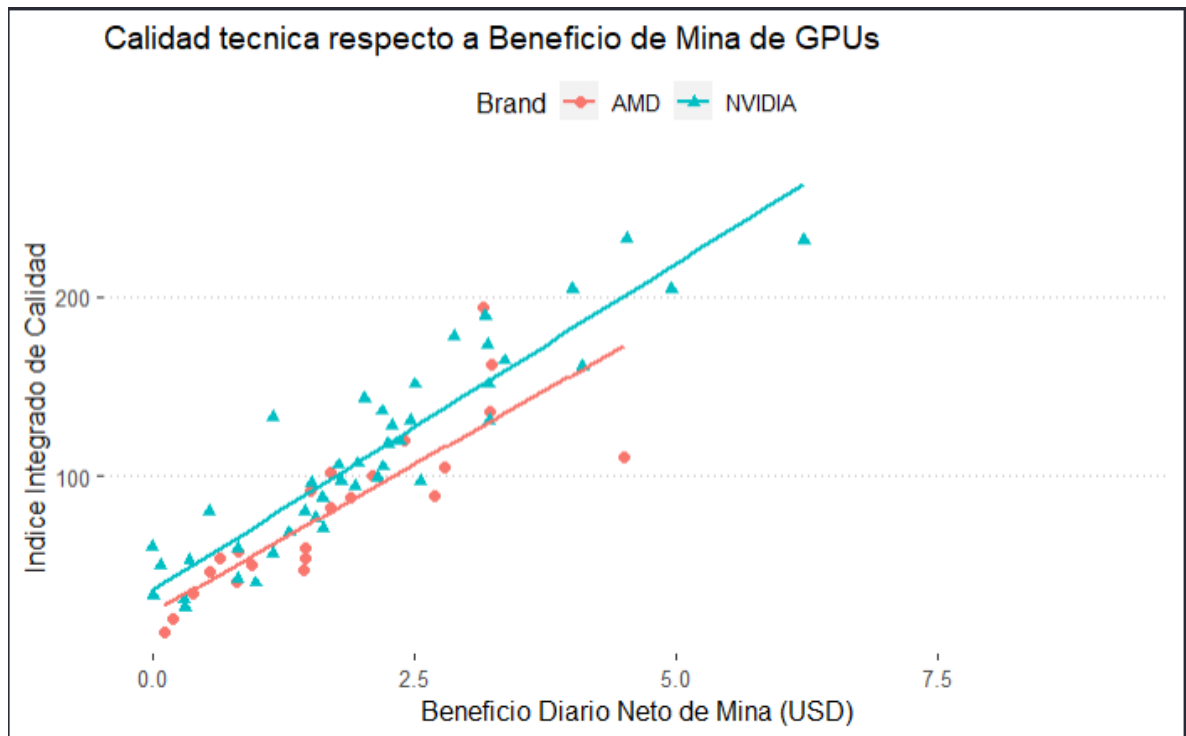


Gráfico 2.1: de relación entre beneficio de mina y calidad de GPUs. Beneficios calculados con el precio de 2 de enero 2022 de 47291.83 USD-BTC

fue producido por la organización sin fines de lucro UserBenchmark.com. Este indicador considera múltiples posibles usos de la tarjeta y los compara entre sí. Entre los factores que afectan el indicador están la cantidad de partículas simultáneas que puede modelar la tarjeta, la densidad de píxeles, entre otros. El beneficio diario Neto de Mina es estimado a través de los datos públicos de la piscina de mineros NiceHash (<https://www.nicehash.com/mining-hardware>). Este indicador está construido a partir del ingreso neto estimado de dedicar 24 horas en mina con cada tarjeta menos sus costos en el mismo periodo, asumiendo 5 centavos por Watt, un ingreso lineal de la mina y que no existe depreciación por desgaste material. Además, ocupamos un precio del bitcoin de 47291.83 USD-BTC, precio de mercado el día 2 de enero de 2022. Los puntos triangulares son tarjetas gráficas producidas por NVIDIA, mientras aquellas con puntos circulares fueron producidas por AMD. En el se observa una relación positiva entre el beneficio de mina y la calidad de las tarjetas gráficas. A pesar de que esta relación es omnipresente entre tarjetas gráficas, aquellas diseñadas por NVIDIA son, en promedio, menos eficientes en el proceso de mina que las producidas por AMD.

En conclusión, el diseño, esto es, la oferta, de las tarjetas gráficas es capaz de impactar el mercado moviendo la demanda que nace de la minería de criptomonedas, al igual que el uso

computacional y la relación con el mundo de los videojuegos. Conciencia de que la oferta de tarjetas gráficas no es exactamente competitiva debe ser tomada como referente al considerar la siguiente sección, en que construimos un modelo de uso de dinero que considere las preferencias del consumidor de tarjetas gráficas.

### 3 El modelo

El modelo es un modelo de búsqueda (similar a Lagos & Wright (2005)) con tres agentes. Compradores, vendedores y mineros/internautas. Cada periodo de tiempo discreto contiene dos sub-periodos: un periodo en el mercado de bienes y un periodo en el mercado monetario.

En el principio de cada periodo, aleatoriamente se asignan dotaciones iniciales en la forma de un bien perfectamente divisible, que puede ser vendido por un precio si es tranzado utilizando dinero fiduciario ( $p_m$ ) o con dinero virtual/bitcoin, ( $p_b$ ). Además, los agentes pueden elegir convertirse en mineros convirtiendo una parte de su dotación inicial en una tarjeta gráfica con potencia  $e_t$ . Los bienes producidos que utilizan esta tarjeta no son de utilidad para el minero, pero los puede vender a un Vendedor a un precio real  $w_t$ . Luego, el Vendedor elige si vender sus existencias por dinero fiduciario o por criptomonedas. Asimismo, el comprador decide si compra los bienes que desea utilizando una moneda o la otra, sujeto a que existe un retraso en la entrega. Este retraso hace que nuestro problema se vuelva dinámico en el tiempo pues al consumidor le interesan los precios de los periodos siguientes.

Siguiendo la guía de Kang & Lee (2019), modelamos la política fiscal con una emisión de dinero  $\phi_t$  por periodo que debe obedecer la restricción presupuestaria gubernamental

$$\tau_m p_{m,t} q_{m,t} + \tau_t + (\sigma - 1) \phi_t M_{t-1} = g_t + \theta p_{m,t} q_{m,t}$$

Donde  $\tau_m$  es el porcentaje de impuestos en bienes vendidos utilizando dinero fiduciario  $p_{m,t} q_{m,t}$ ,  $\tau_t$  es un impuesto fijo,  $(\sigma - 1)$  es el porcentaje del nuevo dinero emitido  $\phi_t M_{t-1} = M_t$  que se utiliza para financiar el funcionamiento del gobierno (señoreaje),  $g_t$  es el gasto del gobierno y  $\theta p_{m,t} q_{m,t}$  es una proporción destruida del dinero fiduciario debido a uso y desgaste material de monedas y billetes.

#### 3.1 Mineros:

Los mineros son agentes que poseen computadores que pueden utilizar para minar (producir, mantener la red de) criptomonedas, pueden utilizar el computador y tiempo para trabajar creando un bien (que luego es vendido en el mercado de bienes), y puede utilizar el computador para jugar videojuegos. Jugar videojuegos se puede considerar una forma de ocio mejorado, que aumenta la utilidad del ocio. Cada periodo, el minero decide un nivel de esfuerzo (equivalente a comprar una tarjeta gráfica GPU o ASIC específica para sus preferencias) y un nivel de tiempo trabajado.

Debido a años de desarrollo informático, existen aplicaciones gratuitas que permiten a cualquier usuario convertir su computador en una máquina de minería. Podemos asumir el retorno de este proceso constante dada la tarjeta gráfica elegida. Esta facilidad causa un trade-off entre utilizar un computador como una máquina de mina (mantenimiento) de Bitcoin, o utilizar el computador para producir bienes, o utilizar el computador para videojuegos. Tanto la producción por periodo de bitcoins, como la de bienes, como la calidad del ocio de videojuegos son crecientes en el poder de la tarjeta, al igual que el costo fijo de la tarjeta. Los costos variables de uso de electricidad no son necesariamente crecientes en el esfuerzo debido a que cada tarjeta tiene su propia eficiencia eléctrica.



Podemos entender que el minero invierte su tecnología en un continuo de criptomonedas que tienen sus propias funciones de producción en función de poder de hash, hash agregado y tamaño de los bloques, que nos dicen cuanto es el retorno por periodo. Asumimos que para todas estas monedas no existe arbitraje. Esto significa que sin importar en cual moneda invierta, controlando por variables técnicas propias de cada moneda y máquina de mina, el minero tiene retornos iguales. Además, podemos pensar en la red de criptomonedas como un sistema centrado en el bitcoin, pues todas las monedas tienen tasa de cambio a bitcoin, y bitcoin es una de las más utilizadas en transacciones reales, y utilizar al bitcoin como moneda numeraria (Hayes, 2017). Esto es consistente con las prácticas en el mercado.

La decisión de nivel de tecnología del minero representa una demanda que asumiremos es compensada por una oferta de competencia perfecta. Esto significa que asumimos un continuo de tarjetas gráficas con tres dimensiones:  $\kappa^o, v^o$  y  $e^o \in [0,1]^3$  de las cuales el minero puede elegir con libertad sujeto a su problema de maximización de utilidad.

Modelamos la utilidad del minero de la siguiente manera. El minero maximiza su bienestar controlando cuanto poder computacional demanda y en qué áreas desea tener un uso mas intenso:

$$MAX_{\{e_t, h_t\}} M = R(e_{it})(1 - \kappa) + w_t y_{it} + VG((\kappa v) e_{it}, (24 - h_{it}))$$

s. a.

$$C(e_t, h_t) \leq w_t y_{it} + R(e_{it})(1 - \kappa)$$

$$y_t \leq (\kappa(1 - v) e_{it})^\alpha (h_{it})^{1-\alpha}$$

En que  $e_t$  es la potencia de la tarjeta elegida,  $h_{it} \in [1,24]$  es la cantidad de horas que el minero utiliza trabajando. La producción del minero en bienes es vendida por un intermediario, que le paga  $w_t$  de salario por unidad individual producida  $y_{it}$ . El parámetro  $\kappa$ , que depende de cada agente, representa la proporción del tiempo del computador que el agente utiliza para actividades que no sean mina.  $v$  Es la proporción del tiempo fuera de mina  $\kappa$  que el agente utiliza en videojuegos.

Otra interpretación de  $\kappa$  es el porcentaje de la memoria del computador en cada acción. Así, un minero podría minar y jugar videojuegos simultáneamente pero esto reduce la utilidad de ambos pues al ejecutar varios procesos a la vez, se reparte el esfuerzo. Esto causaría un retorno menor en minería por hora, y una peor experiencia de juego.

Cada agente tiene valores distintos de  $\kappa v$ . Podemos ignorar esto planteando que dentro de cada país hay un continuo de agentes heterogéneos pero el país en agregado acepta el uso de un índice compuesto. La heterogeneidad de estos parámetros explica los distintos niveles de GPU, y la permiten que existan tarjetas que solo permiten trabajo productivo de bajo impacto.

El retorno agregado para los mineros es

$$R_t = S_t + F_t = (\psi_t(\sigma_b - 1)B_{t-1} + f(p_{b,t}q_{b,t}))$$

Donde  $S_t = (\psi_t(\sigma_b - 1)B_{t-1})$  es la ganancia que obtiene el minero por la producción de nuevos bitcoin. Cada vez que un bloque de bitcoin es emitido, el minero obtiene una proporción  $(\sigma_b - 1)$  de la emisión. En este sentido, el minero obtiene lo que podríamos llamar un señoreaje por la producción de nuevas monedas.  $F_t$  es el agregado de las tarifas de las transacciones hechas con

bitcoin durante el periodo. La tasa de tarifa  $f$  es definida exógenamente por el algoritmo de mina. La ganancia del retorno es ponderada por  $n_t$ , la cantidad total de mineros que cooperaron en confirmar el bloque.

Esto significa que cada minero elige  $e_t$  tal que se cumpla la función de retorno individual

$$R_t(e_{it}) = \{\psi_{t-1}(\sigma_b - 1)B_{t-1} + f(p_{b,t}q_{b,t})\} * \frac{e_{it}}{ME_t}$$

Donde  $ME_t$  es el esfuerzo de mina agregado de todos los mineros. En este modelo, asumimos que  $ME_t$  es exógeno para cada minero pues él es incapaz de alterar significativamente el poder de mina agregado.

Fijémonos que con  $\kappa = 0$ , esto es, todo el tiempo del computador es utilizado en minería, a cualquier nivel de  $w, v$  o  $h_t$ , asumiendo que las funciones son continuas y la función de costos es separable, la utilidad del minero es  $MAX_{\{e_t\}}[R(e_{it}) - C(e_{it})]$ , Que es la función de utilidad descrita por (Kee-Youn & Seungduck, 2019).

Las condiciones de primer orden son

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial e_t} : (1 - \kappa) \frac{\{\psi_t(\sigma_b - 1)B_{t-1} + f(p_{b,t}q_{b,t})\}}{ME_t} + w_t \alpha (\kappa(1 - v)) \left(\frac{h_t}{\hat{e}_t}\right)^{1-\alpha} + \frac{\partial VG(e_t)}{\partial e_t} &= C'(e_t) \\ \frac{\partial M}{\partial h_t} : (1 - \alpha)w_t \left(\frac{\hat{e}_t}{h_t}\right)^\alpha + \frac{\partial VG(e_t)}{\partial h_t} &= C'(h_t) \end{aligned}$$

Donde  $\kappa(1 - v)e_{it} \equiv \hat{e}_t$  es la proporción del poder computacional puesto en producción de bienes. Asumimos que  $\frac{\partial VG}{\partial e_t} \geq 0$ ,  $\frac{\partial^2 VG}{\partial e_t^2} \leq 0$  pues maquinas más poderosas mejoran la experiencia, pero con rendimientos decrecientes. Asimismo, asumimos que  $\frac{\partial C}{\partial e_t} \equiv C'_e \geq 0$ , y  $\frac{\partial^2 C}{\partial e_t^2} > 0$ . Esto representa tanto el costo de continuar aumentando el tamaño del hardware, como la depreciación que sufre una tarjeta gráfica por el uso constante, como la posibilidad de quedar obsoleta que sufre la máquina. De especial interés para una posible modelación es utilizar modelos de depreciación de Kalecki.

Limpiando un poco la notación, vemos que

$$\frac{h_t}{\hat{e}_t} = \left( \frac{(1 - \alpha)w_t}{C'_{(h_t)} - VG'_{h_t}} \right)^{1/\alpha}$$

O sea, la relación marginal de sustitución del trabajo depende del sueldo, la elasticidad de sustitución del trabajo, y la diferencia entre el valor marginal de, o trabajar una hora, o dedicarla a ocio. El nivel de entretención que dan los videojuegos se traduce en un factor negativo en las horas a trabajar. Esto le da a la relación de las horas trabajadas y el nivel tecnológico una forma no lineal.

Podemos reemplazar esta relación dentro de la optimización respecto a  $e_t$  para obtener que

$$w_t = \left( \frac{\left( (C'_{h_t} - VG'_{h_t}) \left( C'_{e_t} - (1 - \kappa) \frac{R_t}{ME_t} - VG'_{e_t} \right) \right)}{\alpha \kappa (1 - v) (1 - \alpha)^{\frac{1}{\alpha}}} \right)^{\frac{\alpha}{1 - \alpha}}$$

Que significa que el sueldo de los mineros que dedican parte de su tiempo a trabajar, han de ser compensados proporcionalmente, pero aceptan un sueldo menor si diversifican sus habilidades. Una deprimente posible interpretación es que con mejores videojuegos, el minero puede aceptar sueldos más bajos pues su tiempo de ocio lo “compensa”. Con este nivel de sueldos de equilibrio determinado, vemos que los mineros entonces elegirán una proporción de factores productivos de

$$\frac{h_t}{\hat{e}_t} = \left( \left( \frac{C'_{h_t} - VG'_{h_t}}{(1 - \alpha)} \right)^{\frac{2\alpha-1}{\alpha}} * \frac{\left( C'_{e_t} - VG'_{e_t} - (1 - \kappa) \frac{R_t}{ME_t} \right)}{\alpha\kappa(1 - v)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Por último, reemplazamos esta relación de factores productivos en la función de producción para obtener una expresión del producto:

$$y_t = e_t * \left( \frac{C'_{h_t} - VG'_{h_t}}{(1 - \alpha)} \right)^{\frac{2\alpha-1}{\alpha}} * \frac{\left( C'_{e_t} - VG'_{e_t} - (1 - \kappa) \frac{R_t}{ME_t} \right)}{\alpha}$$

Es importante recordar que el retorno de mina es proporcional al nivel de transacciones en criptomonedas en la economía agregada. A pesar de que el minero toma  $p_b q_b$  como dado, este tiene un impacto importante en las decisiones de producción del minero. Notamos que un aumento en  $(1 - \kappa)$ , la preferencia por el minado de criptomonedas, tiene un efecto neto negativo en la producción. Así mismo, un aumento en las transacciones  $p_b q_b$  aumenta los incentivos a minar, que a su vez disminuyen la producción neta.

Si imponemos que el sueldo del trabajador es pagado en dinero fiduciario, tenemos la base para una pregunta interesante, aunque es un resultado de varios posibles, y no estoy escribiendo un libro.

## 3.2 Vendedor

El vendedor tiene una cantidad de bienes que venderá en proporciones distintas en los dos mercados de bienes. Los costos del vendedor dependen de la cantidad agregada de bienes que obtiene. Así, maximiza sus beneficios

$$\text{Max}_{\{q_{m,t}^s, q_{b,t}^s\}} V = p_{m,t}(1 - \tau_m)q_{m,t}^s + p_{b,t}q_{b,t}^s - C^s(q_{b,t} + q_{m,t})$$

Donde  $\tau_m$  es la tasa de impuestos del gobierno.  $p_{b,t}q_{b,t}^s$  es la cantidad de bienes comprados con bitcoin por el precio de bienes vendidos en bitcoin,  $p_{m,t}q_{m,t}^s$  es la masa total de transacciones realizadas con dinero fiduciario. Las transacciones realizadas en criptomonedas no son afectadas por impuestos. Asumimos los costos son indiferentes de en cual mercado se venden los bienes  $\left( \frac{\partial C^s}{\partial q_m} = \frac{\partial C^s}{\partial q_b} \right)$ . Esto significa que es igual de fácil obtener bienes demandados en ambos mercados. Esto es equivalente a asumir que ambos mercados tranzan los mismos bienes. Las condiciones de primer orden son

$$\frac{\partial V}{\partial q_m} : p_{m,t} * (1 - \tau_m) = \frac{\partial C^s}{\partial q_m}$$

$$\frac{\partial V}{\partial q_b} : p_{b,t} = \frac{\partial C^s}{\partial q_{b,t}}$$

Por lo que lo único que le interesa al vendedor al momento de elegir con que moneda obtendrá su mercancía, en una economía en que se usan ambas monedas, es determinado por  $\frac{p_{b,t}}{p_{m,t}} = (1 - \tau_m)$ .

Podemos creer que  $q_m^s + q_b^s = \sum y_{it}(e_t)$  de manera tal que, en un equilibrio que se vacíe el mercado  $q_m^s = \sum y_{it}(e_t) - q_b^s$ .

### 3.3 Comprador

Para completar el modelo, modelamos a los consumidores de los bienes finales. Estos ocupan dinero de cualquiera de los dos tipos para comprar bienes. La elección de estos es sobre el volumen de bienes demandados de cada tipo de bien (bienes pagados con dinero fiduciario y criptomonedas). Modelamos el modelo con un grado de retraso en la llegada de bienes pagados. Esto es equivalente a la existencia de una preferencia a modos de pago más estables. Además, asumimos que existe un grado de preferencia inherente al dinero fiduciario,  $\delta$ , justificado por la posibilidad única de las monedas con ledger electrónico de sufrir problemas contables de doble gasto.

$$\text{Max}_{\{q_{m,t}^b + q_{b,t}^b\}} \left[ \beta u(q_{m,t+1}^b + \delta q_{b,t+1}^b) - \left\{ \frac{\phi_t}{\phi_{t+1}} p_{m,t+1} q_{m,t+1}^b \right\} - \left\{ \frac{\psi_t}{\psi_{t+1}} p_{b,t+1} (1 + f) q_{b,t+1}^b \right\} \right]$$

Donde  $\beta$  es una tasa de descuento intertemporal y  $f$  es una tarifa porcentual de la red de criptomonedas.  $\frac{\phi_t}{\phi_{t+1}}$  es el crecimiento porcentual de los precios de  $t$  a  $t + 1$ . Asimismo, la inflación porcentual de los bienes comprados con bitcoin es  $\frac{\psi_t}{\psi_{t+1}}$ . Las condiciones de primer orden nos muestran que la utilidad marginal intertemporal (esperada) debe ser igual al precio luego de que este sufra un periodo de inflación.

$$\beta u'(q_{m,t+1}^b + \delta q_{b,t+1}^b) = \frac{\phi_t}{\phi_{t+1}} p_{m,t+1}$$

$$\beta \delta u'(q_{m,t+1}^b + \delta q_{b,t+1}^b) = \frac{\psi_t}{\psi_{t+1}} p_{b,t+1} (1 + f)$$

Esto implica que en un equilibrio en que ambas monedas son utilizadas,

$$\frac{\delta u'(q_{m,t+1}^b + \delta q_{b,t+1}^b)}{p_{b,t+1} (1 + f)} * \frac{\psi_{t+1}}{\psi_t} = \beta = \frac{u'(q_{m,t+1}^b + \delta q_{b,t+1}^b)}{p_{m,t+1}} * \frac{\phi_{t+1}}{\phi_t}$$

Luego, reordenamos en ambos lados para tener que

$$\frac{p_{m,t+1}}{p_{b,t+1}} = \frac{\phi_{t+1}}{\phi_t} * \left( \frac{1 + f}{\delta} \right) \frac{\psi_{t+1}}{\psi_t}$$

Por lo que, teniendo bienes idénticos en ambos mercados, la diferencia entre los precios de bienes tranzados con dinero fiduciario y los precios de bienes tranzados en bitcoin es explicado por una relación entre sus inflaciones, ponderado por las tarifas de intercambio de la mantención del sistema electrónico del bitcoin, y el castigo al uso de las criptomonedas ( $\delta$ ) que surge de la

desconfianza al sistema. Notemos que  $\frac{(1+f)}{\delta}$  siempre es mayor que 1 por lo que el nivel de precios en bitcoin está por debajo del nivel de precios de bienes fiduciarios.

## Equilibrio:

Encontraremos un equilibrio de estado estacionario en que ambos tipos de dinero son ocupados simultáneamente. El estado estacionario en esta economía significa  $\phi_t M_t = \phi_{t+1} M_{t+1}$  y  $\psi_t B_t = \psi_{t+1} B_{t+1}$ . Definimos el equilibrio de manera estándar en la literatura de equilibrio general como la situación en que, dados los precios  $p_{m,t}$  y  $p_{b,t}$ , todos los mercados se vacían, todos los agentes maximizan sus intereses y el gobierno ve su restricción presupuestaria balanceada. Podemos ocupar la definición 1 de Kang & Lee(2019):

**Definición 1 (Kang & Lee(2019), modificada):** Un equilibrio de estado estacionario es la lista  $\{\phi_t M_t, \psi_t B_t, w, q_m^b, q_b^b, q_m^s, q_b^s, q_m, q_b, p_m, p_b, \tau, e, h, ME\}$  tal que

1. *Dados  $\{p_m, p_b, \frac{\phi_{t+1}}{\phi_t}, \frac{\psi_{t+1}}{\psi_t}, ME, q_b\}$ ,  $\{q_m^b, q_b^b\}$  soluciona el problema del comprador*
2. *Dados  $\{p_m, p_b, \tau_m, w\}$ ,  $\{q_m^s, q_b^s\}$  soluciona el problema del vendedor*
3. *Dados  $\{\kappa, v, w\}$ ,  $\{h, e\}$  maximizan el beneficio del minero*
4. *La demanda por bienes corresponde en ambos mercados monetarios con su oferta:*  

$$q_m^b = q_m^s \equiv q_m$$

$$q_b^b = q_b^s \equiv q_b$$
5. *El Mercado de dinero se vacía para dinero y Bitcoin (la inflación es equivalente a la creación de nuevo dinero):*

$$\phi_t M_t = \frac{\phi_t}{\phi_{t+1}} p_m q_m$$

$$\psi_t B_t = \frac{\psi_t}{\psi_{t+1}} p_b q_b (1 + f)$$

6. *La restricción presupuestaria del gobierno se equilibra*

## Impacto de la economía virtual

En estado estacionario, en equilibrio, el retorno de mina de cada minero debe ser

$$R_t(e_{i,t}) = \left\{ (\sigma_b - 1) \frac{\psi_t}{\psi_{t+1}} (1 + f) + f \right\} * \frac{e_{i,t}}{ME_t} * p_b q_b$$

Lo que nos permite obtener el nivel de poder computacional demandado en función de las transacciones totales de bitcoin

$$y_t = e_t * \left( \frac{C'_{h_t} - VG'_{h_t}}{(1 - \alpha)} \right)^{\frac{2\alpha-1}{\alpha}} * \left( \frac{C'_{e_t}}{\alpha} - \frac{VG'_{e_t}}{\alpha} - \frac{(1 - \kappa)}{\alpha} \frac{\left\{ (\sigma_b - 1) \frac{\psi_t}{\psi_{t+1}} (1 + f) + f \right\}}{ME_t} p_b q_b \right)$$

Lo que nos muestra que una proliferación de las transacciones en criptomonedas significa una disminución en la producción de bienes del país.

### 3.4 Discusión

#### 3.4.1 Dinámica de los precios relativos

Podemos obtener los precios relativos futuros reemplazando en las decisiones de los compradores la condición de crecimiento estacionario de los precios:

$$\frac{p_{m,t+1}}{p_{b,t+1}} = \frac{\frac{\phi_{t+1}}{\phi_t}}{\frac{\psi_{t+1}}{\psi_t}} * \left( \frac{1+f}{\delta} \right)$$
$$\frac{p_{m,t+1}}{p_{b,t+1}} = \left( \frac{1+f}{\delta} \right) * \frac{p_m q_m}{\phi_t M_t} * \frac{\psi_t B_t}{(p_b q_b)(1+f)}$$

El efecto de la tarifa que condiciona el actuar de los mineros se cancela al momento de evaluar la comparación de precios agregados:

$$\frac{p_{m,t+1}}{p_{b,t+1}} = \frac{p_m q_m}{p_b q_b} * \left( \frac{\psi_t B_t}{\phi_t M_t} \right) * \delta^{-1}$$

Con la condición de elección de bienes de los compradores, reemplazamos para obtener que

$$\frac{p_{b,t+1}}{p_{m,t+1}} = (1 - \tau_m) \delta * \frac{q_b}{q_m} * \left( \frac{\phi_t M_t}{\psi_t B_t} \right)$$

Lo que nos da una dinámica de los precios entre un periodo y el siguiente. De especial interés es el impacto del impuesto al consumo en la moneda nacional. Un aumento a los impuestos significa que disminuye la brecha de precios, lo que es equivalente a que aumente el precio de los bienes comprados con dinero fiduciario más rápido que los bienes comprados con bitcoin.

#### 3.4.2 Volumen de bienes tranzados en criptomonedas:

Si asumimos que la dinámica intertemporal de precios se cumple, la relación de volumen entre bienes en ambas economías debe seguir la regla

$$\left( \frac{\psi_t B_t}{\phi_t M_t} \right) \frac{p_{b,t+1}}{p_{m,t+1}} * \frac{1}{\delta(1 - \tau_m)} * q_m = q_b$$

Que nos que  $q_b$  es una proporción de  $q_m$ . Esta relación aumenta a con la relación de aumento del volumen de la moneda gubernamental respecto a la inflación del bitcoin (que recordemos es establecida de una manera más mecánica que cualquier regla de política monetaria). Otro factor que va a impactar en la relación de bienes tranzados en cada sector es la relación de precios entre ambas economías. Un aumento del nivel de precios de bienes en la moneda fiduciaria se traduce en un incentivo en trabajar en esta moneda, por lo que aumenta el uso del mismo. Así mismo, si se espera que el precio de los bienes tranzados en bitcoin suba de valor, serán

comprados en mayor proporción. Por último, un aumento de los impuestos significa una huida del mercado formal al mercado de criptomonedas.

### 3.4.3 Producción y los precios futuros.

Si pensamos de nuevo en el minero podemos notar como, al tomar su decisión de producción-ocio-minería, debe tomar consideración de los niveles de precio y producción del mercado de criptomonedas. Pero el nivel de productos tranzados en criptomonedas es determinado como una proporción de los bienes tranzados en la economía completa. Reemplazando esta proporción en la decisión del minero nos da que

$$y_{it} = e_{it} * \left( \frac{C'_{h_t} - VG'_{h_t}}{(1 - \alpha)} \right)^{\frac{2\alpha-1}{\alpha}}$$

$$* \left( \frac{C'_{e_t}}{\alpha} - \frac{VG'_{e_t}}{\alpha} - \frac{(1 - \kappa)}{\alpha\delta(1 - \tau_m)} \frac{1}{ME_t} \left( \frac{\psi_t B_t}{\phi_t M_t} \right) \frac{p_{b,t+1}}{p_{m,t+1}} \left\{ (\sigma_b - 1) \psi_t B_t \frac{p_b q_m}{p_b q_b} + f p_b q_m \right\} \right)$$

Esta expresión nos muestra como no solo es considerada la inflación relativa presente  $\left( \frac{\psi_t B_t}{\phi_t M_t} \right)$  y futura  $\left( \frac{p_{b,t+1}}{p_{m,t+1}} \right)$ , los impuestos directos  $(1 - \tau_m)$  y el tamaño de la competencia en la minería  $\left( \frac{1}{ME_t} \right)$  en la producción, sino también la relación de los precios de la cantidad de bienes en ambas economías  $\left( \frac{p_b q_m}{p_b q_b} \right)$ , y sorprendentemente,  $f p_b q_m$ , que podemos pensar como el precio del mismo bien  $q_m$  en precios de criptomonedas  $p_b$  ponderados por la tarifa de ganancia del bitcoin. Una interpretación de este término es la ganancia alternativa que el minero predice que ganaría si moviese su propio consumo a la moneda virtual.

Es notable que el impacto negativo de las criptomonedas es completamente dependiente de los gustos de los mineros  $(1 - \kappa)$ . Si el minero cambia sus hábitos de consumo de tiempo en el computador y reduce su tiempo minando, su producción aumenta más no necesariamente la utilidad del mismo. Estas preferencias, fuera del mercado perfecto, responden a la oferta de tarjetas gráficas. Un diseño que des-incentive a la mina es equivalente a un cambio de las preferencias.

Al comparar tarjetas gráficas, el minero compara cuanto beneficio le generaría por trabajar, cuanto por mejorar su ocio, y cuanto por, en vez, de estas últimas dos actividades, ganaría por convertir su computador en una estación de mina de criptomonedas. Existen varios caminos para que agentes con una alta preferencia de mina elijan no producir, esto es, elija tener un  $y_{it} > 0$ .

Puede ocurrir que el valor marginal del ocio sea estrictamente mayor que el agotamiento que nace del trabajo  $C'_{h_t} < VG'_{h_t}$ .



## Conclusiones

Planteamos una serie de datos estilizados que conectan múltiples factores reconocidos por la literatura de criptomonedas, para luego construir un modelo de demanda de dinero de Roy. Encontramos que, en estado estacionario, una economía en la que coexisten monedas fiduciarias y monedas electrónicas presentará una relación proporcional entre los precios y demandas de bienes.

Encontramos que las criptomonedas al ser utilizadas afectan al mercado laboral y, a través de este canal, impactan los incentivos a producir bienes. En efecto un aumento en el uso de criptomonedas crea un incentivo a convertir una maquina productiva en una estación de mina de criptomonedas. La seguridad de este canal depende tanto de índices presentes de precios relativos como de los precios esperados de los bienes en cada moneda. Este mecanismo es el que gatilla recurrente comportamiento de burbuja. Nuestro modelo parece implicar que la elasticidad de sustitución técnica entre horas de trabajo humano y horas de trabajo computacional es capaz de impactar las decisiones de producción del potencial minero pues, si su trabajo humano es muy necesario, este preferirá trabajar y tener un computador menos potente.

Descubrimos que a través de un mecanismo de sustitución libre, los precios de bienes vendidos en ambos mercados deberían mantener una proporcionalidad que depende del volumen relativo de las respectivas divisas. Este es un resultado que se hereda del modelo original de Roy en que la inflación puede empujar al consumidor al trueque. Aun así, es valioso recalcar que en un caso de hiperinflación el estado tiene fuertes incentivos a detener la mina de bitcoin en suelo nacional. La sustitución entre distintos usos de las tarjetas podría significar una diferencia entre el producto potencial y el producto real. Esta diferencia podría tener un efecto de retroalimentación con la inflación que terminaría con posible producción nacional diluyéndose en las piscinas de mina, manteniendo el sistema en base a bitcoin y quitando legitimidad al estado. Si se llegase a este caso, debemos desear un sistema financiero que pueda transar estas monedas y permitan a su ahorro convertirse en inversión.

Queda pendiente indagar sobre el efecto de estas distintas configuraciones en la recaudación nacional a través de impuestos, la introducción y propagación de un shock de demanda de Bitcoin o dinero fiduciario. De inmediata importancia es la programación de una visualización de este sistema dinámico, a través de DYNARE o un programa similar. Este modelo permite la introducción relativamente fácil de nuevos mercados. Se podría introducir un mercado financiero con mayor detalle para contar con heterogeneidades en los tipos de activos disponibles en ambos dineros.

## Referencias Bibliográficas

- A Further Step to Getting GeForce Cards into the Hands of Gamers.* (18 de abril de 2021).  
Obtenido de Blog Oficial Nvidia: <https://blogs.nvidia.com/blog/2021/05/18/lhr/>
- Anonimo. (2008). GPU Market Up, Desktop Displaces Mobile. *Computer Graphics World; Glendale Tomo 31, N.º 2, , 8.*
- Chen, T., Lau, C., Cheema, S., & Koo, C. (2021). Economic Policy Uncertainty in China and Bitcoin Returns: Evidence From the COVID-19 Period. *Public Health, Front.*
- Chiu, J., Davoodalhosseini, S., Jiang, J., & Zhu, Y. (2019). Central Bank Digital Currency and Banking. . *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.3331135.
- De Vries, A. (2018). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule 2*, 801–809.
- De Vries, A. (2019). Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. *Joule 3*, 891–898.
- De Vries, A., & Stoll, C. (December de 2021,). Bitcoin's growing e-waste problem. *Resources, Conservation and Recycling, Volume 175, , 105901,.*
- Denton, J. (25 de octubre de 2021). "Nvidia Gets a Price Target Boost. Bitcoin's Impact on Gaming May Be Ending. *Dow Jones Institutional News.*
- Dow Jones Institutional News; New York. (2010). Nvidia To Unveil Graphics Chip Friday As AMD Battle Heats Up. *Dow Jones Institutional News; New York.*
- Dyrberg, A. H., Foley, S., & Svec, J. (2018). How investible is Bitcoin? Analyzing the liquidity and transaction costs of Bitcoin markets. *Economics Letters, 171*, 140-143.
- Fair Disclosure Wire. (2015). Q4 2015 NVIDIA Corp Earnings Call - Final. *Q4 2015 NVIDIA Corp Earnings Call - Final*. Linthicum.
- Financial Times. (08 de 06 de 2021). *Nvidia asks Chinese regulators to approve \$40bn Arm deal.*  
Obtenido de Financial Times: <https://www.ft.com/content/aacef8d8-7452-44a5-83ef-e11d2b56d56f>
- Gallagher, D. (13 de sep de 2020). Nvidia Arms Up for Trouble; Chip maker's acquisition of Arm will bring scrutiny from governments and rivals. *Wall Street Journal(online).*
- Hayes, A. s. (2017). Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing bitcoin. *Telematics and Informatics 34*, 1308-1321.
- Hui, C.-H., Lo, C.-F., Chau , P., & Wong, A. (2020). Does Bitcoin behave as a currency?: A standard monetary model approach. *International Review of Financial Analysis, Volume 70.*
- Jankowski, S., & Sherbin, R. (27 de abril de 2020). *NVIDIA Completes Acquisition of Mellanox, Creating Major Force Driving Next-Gen Data Centers.* Obtenido de Nvidia News:

<https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-completes-acquisition-of-mellanox-creating-major-force-driving-next-gen-data-centers>

- Jankowski, S., Sherbin, R., Lubman, S., Fielding, J., Campbell, R., & Hughes, P. (13 de septiembre de 2020). *NVIDIA to Acquire Arm for \$40 Billion, Creating World's Premier Computing Company for the Age of AI*. Obtenido de Nvidia News: <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-to-acquire-arm-for-40-billion-creating-worlds-premier-computing-company-for-the-age-of-ai>
- Kee-Youn, L., & Seungduck, K. (2019). Money, Cryptocurrency, and Monetary Policy. *SSRN*. Obtenido de [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3303595](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3303595)
- Lekashvili, E. &. ( 2018 ). Crypto currency – a new challenge for the economy of Georgia. . *Copernican Journal of Finance & Accounting*, 7(4), , 87–97. .
- Lilly, P. (27 de agosto de 2021). *AMD loses more graphics card market share to Nvidia, says report*. Obtenido de PCGamer: <https://www.pcgamer.com/amd-loses-more-graphics-card-market-share-to-nvidia-says-report/>
- McKenna , B. (18 de agosto de 2021). *Why Nvidia Stock Jumped 15% in August*. Obtenido de The Moatly Fool: <https://www.fool.com/investing/2021/09/04/why-nvidia-stock-jumped-15-in-august/>
- McMorrow, R., & Waters, R. (8 de julio de 2021). Nvidia asks Chinese regulators to approve \$40bn Arm deal. *Financial Times (online)*.
- Okorie, D. I., & Lin, B. (2020). Did China's ICO ban alter the Bitcoin market?,,. *International Review of Economics & Finance*,, Volume 69, 977-993,.
- Olena Fomina, O. M. (2019). Current aspects of the cryptocurrency recognition in Ukraine. . *Banks and Bank Systems*, 14(2), 203-213.
- Rabin K.Jana, I. G. (2021). Determinants of electronic waste generation in Bitcoin network: Evidence from the machine learning approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 121101.
- Reuters. (8 de Febrero de 2022). *SoftBank's \$66bn sale of chip group Arm to Nvidia collapses*. Obtenido de Nikkei Asia: <https://asia.nikkei.com/Business/SoftBank2/SoftBank-s-66bn-sale-of-chip-group-Arm-to-Nvidia-collapses>
- Reuters. (18 de mayo de 2021). *China bans financial, payment institutions from cryptocurrency business*. Obtenido de Reuters: <https://www.reuters.com/technology/chinese-financial-payment-bodies-barred-cryptocurrency-business-2021-05-18/>
- Sangyup, C., & Junhyeok, S. (2022). Bitcoin: An inflation hedge but not a safe haven. *Finance Research Letters*.
- Shuaia, Z., Xinyub, H., & Shusonga, B. (2021). What determines interest rates for bitcoin lending? *Research in International Business and Finance* 58.

Wuebbling, M. (18 de mayo de 2021). *A Further Step to Getting GeForce Cards into the Hands of Gamers*. Obtenido de Blog Oficial Nvidia:  
<https://blogs.nvidia.com/blog/2021/05/18/lhr/>

YU, Y. (3 de diciembre de 2021). *U.S. regulator sues to block Nvidia takeover of SoftBank's Arm*. Obtenido de Nikkei Asia: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/U.S.-regulator-sues-to-block-Nvidia-takeover-of-SoftBank-s-Arm>