

# Cálculo en especie, de Neurath a Kantorovich (I)

Paul Cockshott



## 1. Introducción

Después del colapso del socialismo hasta entonces existente en Europa del Este y Asia Central se produjo una crisis del pensamiento económico socialista. Si contrastamos la situación de los años 90 con la que había existido 40 años antes vemos que, mientras que en los años 50 el socialismo y la planificación económica eran aceptados casi universalmente, incluso por los enemigos del socialismo, como formas viables de organizar una economía, en los años 90 ocurría lo contrario. Entre la opinión ortodoxa se daba por sentado que el socialismo era el "dios que fracasó", y que las formas económicas socialistas, cuando se las juzgaba en el balance de la historia, habían resultado insuficientes. Y entre los teóricos socialistas se produjo un retroceso general de las ideas que antes se daban por sentadas, un movimiento hacia las ideas socialistas de mercado, una acomodación a la idea de que el mercado era un mecanismo económico neutral.

Aunque la aceptación del mercado era, para cualquiera que esté familiarizado con Marx, completamente contraria a su crítica de la sociedad civil [44], ganó una considerable credibilidad. Los antiguos partidos socialistas en el poder, arrojados repentinamente a la oposición en Estados capitalistas renacientes, sintieron que debían limitar sus ambiciones a las reformas dentro de la economía de mercado.

En retrospectiva, se puede apreciar que la mitad de la década de 1970 representó el punto álgido de la marea socialista. Mientras los vietnamitas expulsaban a los Estados Unidos de Saigón y caía el último imperio colonial en África, el de Portugal, el colapso de la revolución cultural en China preparaba el escenario económico para el triunfo del capitalismo en los años 80 y 90. Cuando, tras la muerte de Mao, Deng abrió la economía china a la inversión de capital occidental, el equilibrio de fuerzas económicas en todo el mundo se vio alterado. Un inmenso ejército de reserva de mano de obra, contratable por los salarios más bajos, fue arrojado a la palestra. La posición negociadora de las empresas en sus luchas con los movimientos laborales nacionales se vio, en un país tras otro, inmensamente reforzada. El entorno intelectual/ideológico general es, pues, mucho menos favorable al socialismo que en el siglo XX. Esto no es simplemente una consecuencia de las contrarrevoluciones que se produjeron a finales del siglo XX, sino que se deriva de una nueva y más vigorosa afirmación de los principios clásicos de la economía política burguesa. Esta reafirmación de la economía política burguesa no sólo transformó la política económica en Occidente, sino que también preparó el terreno ideológico para las contrarrevoluciones en Oriente.

La preparación teórica para el viraje hacia el libre mercado que se produjo en la década de 1980 había sido establecida mucho antes por teóricos económicos de la derecha como Hayek y Friedman. Sus ideas, consideradas extremas durante los años 50 y 60, ganaron influencia a través de las actividades proselitistas en organizaciones como el *Institute for Economic Affairs* y el *Adam Smith Institute*. Estos grupos produjeron una serie de libros e informes que abogaban por soluciones de libre mercado para los problemas económicos temporales. Se ganaron el oído de destacados políticos, como Margaret Thatcher, y a partir de los años 80 se pusieron en práctica. Una combinación de cambios demográficos a largo plazo y acontecimientos coyunturales a corto plazo le dieron la libertad de hacerlo. Dentro de Gran Bretaña, la mano de obra era escasa, pero en toda Asia se había vuelto muy abundante. Si el capital tuviera la libertad de trasladarse al extranjero en busca de esta abundante oferta de mano de obra, los

términos del intercambio entre la mano de obra y el capital en el Reino Unido se transformarían. La mano de obra ya no tendría una posición negociadora tan fuerte. El factor coyuntural que hizo esto posible fue el excedente en el comercio exterior generado por el petróleo del Mar del Norte. Hasta entonces, los trabajadores que producían exportaciones manufacturadas habían sido esenciales para la supervivencia económica nacional. Con el dinero del Mar del Norte, se podía permitir que el sector manufacturero se hundiera sin temor a una crisis de la balanza de pagos.

La reducción deliberada de la industria manufacturera redujo la base social de la socialdemocracia y debilitó la voz de los trabajadores tanto económica como políticamente.

El éxito de Thatcher al atacar al movimiento sindical en Gran Bretaña animó a los aspirantes a políticos de clase media en el Este, como Vaclav Klaus, y presagió una situación en la que las doctrinas económicas hayekianas se convertirían en la ortodoxia. La doctrina de Thatcher, TINA, *There Is No Alternative* (al capitalismo), fue generalmente aceptada.

El dominio teórico de las ideas económicas del libre mercado se había hecho tan fuerte a principios del siglo XXI, que eran tan aceptadas por los socialdemócratas y los comunistas autoproclamado como lo habían sido por Thatcher. Deben su dominio tanto a los intereses de clase como a su coherencia interna. El proyecto histórico capitalista tomó como documentos fundadores la *Declaración de los Derechos del Hombre* y *La Riqueza de las Naciones* de Adam Smith. Juntos proporcionaron una visión coherente del futuro de la sociedad burguesa o civil, como un sistema autorregulador de agentes libres que operan en favor de sus intereses privados. Dos siglos más tarde, cuando se enfrentaron al desafío del comunismo y la socialdemocracia, los representantes más clarividentes de la burguesía volvieron a sus raíces, replantearon el Manifiesto Capitalista original y lo aplicaron a las condiciones actuales. El movimiento obrero, por el contrario, no tenía una narrativa social tan coherente. La economía de Keynes sólo había abordado cuestiones técnicas de política monetaria y fiscal del gobierno, no aspiraba a la coherencia moral y filosófica de Smith.

Los factores económicos y demográficos externos que originalmente favorecieron el giro hacia el mercado se están debilitando gradualmente. En los próximos 20 años, las vastas reservas de mano de obra de China habrán sido utilizadas en gran medida, absorbidas por la producción capitalista de mercancías. Globalmente, estamos volviendo a la situación a la que llegó Europa Occidental hace un siglo: una economía capitalista mundial en proceso de maduración en la que la mano de obra sigue siendo muy explotada, pero empieza a convertirse en un recurso escaso.

Estas circunstancias imponen a la economía política crítica del siglo XXI un nuevo proyecto histórico: contrarrestar y criticar las teorías del liberalismo de mercado con la misma eficacia con la que Marx criticó a los economistas capitalistas de su época.

El proyecto histórico de los pobres del mundo sólo puede tener éxito si promulga su propia economía política, su propia teoría del futuro de la sociedad. Esta nueva economía política debe ser tan coherente desde el punto de vista moral como la de Smith, debe dar lugar a propuestas políticas económicamente coherentes que, si se promulgan, abran el camino a una nueva civilización postcapitalista. Como las de Smith abrieron el camino a la civilización postfeudal.



La economía política crítica ya no puede dejar de lado los detalles de cómo se organizará la economía no mercantil del futuro. En el siglo XIX esto era permisible, ahora no. No podemos pretender que el siglo XX no haya ocurrido, o que no nos enseñó nada sobre el socialismo. En esta tarea los marxistas críticos occidentales del siglo XX como Cliff, Bettelheim o Bordiga sólo nos llevarán hasta cierto punto. Aunque podían señalar las debilidades del socialismo existente hasta entonces, lo hacían comparándolo con un estándar ideal de lo que estos escritores pensaban que debía conseguir una sociedad socialista. En retrospectiva, vemos que estas tendencias de pensamiento fueron un producto de las circunstancias especiales de la guerra fría, un esfuerzo por lograr una posición de autonomía ideológica "ni Moscú ni Washington", más que una contribución real a la economía política. El propio distanciamiento psicológico que buscaban estos escritores, desviando de sus propias cabezas las calumnias dirigidas a la URSS, les impedía comprometerse positivamente con los problemas a los que se enfrentaba el socialismo históricamente existente. Sólo si uno se imagina que se enfrenta a esos problemas, puede dar respuestas prácticas:

*No es el crítico el que cuenta: no es el hombre que señala cómo tropieza el hombre fuerte o dónde podría haberlo hecho mejor el hacedor de obras. El mérito es del hombre que está en la arena, cuyo rostro está marcado por el polvo y el sudor y la sangre, que se esfuerza con valentía, que se equivoca y se queda corto una y otra vez, porque no hay esfuerzo sin error o defecto, pero que conoce los grandes entusiasmos, las grandes devociones, que se gasta por una causa digna; que, en el mejor de los casos, conoce, al final, el triunfo de la alta realización, y que, en el peor de los casos, si fracasa, al menos fracasa atreviéndose mucho, de modo que su lugar nunca estará con aquellas almas frías y tímidas que no conocieron ni la victoria ni la derrota (Ciudadanía en una República, Roosevelt).*

En el siglo XIX, *El Capital* de Marx fue una crítica a la economía política que subyacía en el liberalismo británico. La economía política crítica del siglo XXI debe realizar una crítica análoga de la economía neoliberal comparable en rigor y profundidad moral. En particular, debe comprometerse con las ideas de la escuela austriaca: Böhm-Bawerk, Mises, Hayek, cuyas ideas constituyen hoy la piedra angular del conservadurismo. El marxismo soviético se sintió lo suficientemente fuerte como para ignorarlas entonces, y la respuesta en Occidente provino principalmente de socialistas marginalistas como Lange y Dickinson. Si el socialismo ha de reconstituirse como el sentido común del siglo XXI -como lo fue a mediados del XX-, estas son las ideas que hay que afrontar<sup>1</sup>.

Para atacarlos no hay que dudar en utilizar los avances en otras ciencias: la mecánica estadística, la teoría de la información, la teoría de la computabilidad. Y para restablecer el socialismo *científico* hay que romper definitivamente con el método filosófico especulativo de gran parte del marxismo occidental. Desde la época de Marx hasta mediados del siglo XX, la mayoría de los intelectuales de izquierda consideraban que el socialismo y la ciencia iban de la mano, en cierto sentido. La mayoría de los científicos no eran socialistas (aunque algunos destacados sí lo eran), pero los marxistas parecían considerar que la ciencia era amigable con su proyecto o estaba en consonancia con él, e incluso consideraban que su deber como materialistas era mantenerse al día con el pensamiento científico y

---

<sup>1</sup> Este artículo forma parte de un programa sistemático de trabajo destinado a contribuir a esta crítica, los artículos anteriores fueron [10, 5].

evaluar sus implicaciones para las cuestiones sociales.

Pero desde algún momento en la década de 1960, muchos de los pensadores marxistas occidentales han mantenido una actitud escéptica u hostil hacia la ciencia, y han recurrido preferentemente a las (antiguas) tradiciones filosóficas, incluido el hegelianismo. No está claro por qué ha ocurrido, pero estos pueden ser algunos de los factores:

- La concepción de la ciencia como algo socialmente arraigado. La ciencia en la sociedad burguesa es ciencia burguesa, en lugar de ofrecer un acceso privilegiado a una realidad independiente. Esta idea estaba obviamente presente en la tendencia proletaria criticada por Lenin, y se expresó posteriormente en el lisenkoísmo. Además, en la mente de muchos escritores se ha producido una confusión entre ciencia y tecnología. El papel de las armas nucleares sin duda desempeñó un papel en esto y se extendió a una hostilidad general contra la energía nuclear. También la sociobiología se consideró hostil al pensamiento social progresista, por lo que la alianza entre el marxismo y el darwinismo llegó a debilitarse. La psicología evolutiva podía ser vista como una apología transparente (por ejemplo, [47]), pero esto cegó a los pensadores de izquierdas ante los darwinistas progresistas como Dawkins [15, 14].
- Althusser, el filósofo comunista francés, tenía una intención evidentemente pro-científica, pero puede haber influido involuntariamente en muchos de sus seguidores en una dirección contraria. De Althusser se puede sacar fácilmente la impresión de que, si bien permanecer demasiado cerca de Hegel es un error, el empirismo es un pecado capital. Si se equipara empirismo y ciencia, la cosa se desmadra.
- La apropiación de la etiqueta "socialismo científico" por parte de la URSS y sus ideólogos oficiales.
- El hecho histórico bruto de que mientras la ciencia iba muy bien, el socialismo en Occidente no. De este modo, se socava la idea de que el marxismo y la ciencia marchan de algún modo juntos.

Sea cual sea la causa exacta, el efecto es que, mientras que en la década de 1930 (digamos) se podría haber esperado que el joven intelectual marxista "típico" tuviera una formación científica -o al menos tuviera un respeto general por el método científico-, a finales de siglo sería difícil encontrar un joven intelectual marxista (en los países occidentales dominantes) cuya formación no fuera en sociología, contabilidad, filosofía continental, o tal vez alguna forma "suave" (casi filosófica) de economía, y que no fuera profundamente escéptico (aunque también ignorante) de la ciencia actual<sup>2</sup>.

A diferencia de esa tradición marxista occidental, hay que tratar la economía política y la teoría de la revolución social como cualquier otra ciencia. Debemos formular hipótesis comprobables, que luego cotejemos con los datos empíricos. Cuando los resultados empíricos difieren de lo que esperábamos, debemos modificar y volver a probar nuestras teorías<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> El argumento anterior sobre el marxismo occidental se lo debo a mi colaborador Allin Cottrell.

<sup>3</sup> Para trabajos en esta línea, véase [6, 38, 7, 63, 64, 51, 8].

Además, debemos recuperar y celebrar los avances en economía política que surgieron de la experiencia rusa: el método de los balances de materiales utilizado en la elaboración de los planes quinquenales y sistematizado como análisis Input-Output por Leontief; el método de programación lineal del que fue pionero Kantorovich; los diarios de tiempo de Strumlin.

En este artículo me centro especialmente en recuperar la obra de Kantorovich, el único Nobel de Economía soviético, y en mostrar que su trabajo proporcionó una respuesta teórica fundamental a von Mises. Kantorovich fue un eminente matemático, cuyo trabajo fue mucho más allá de la economía, pero en este artículo me centro sólo en sus contribuciones económicas. Para explicarlas, reproduzco en la sección 3.3 algunos de sus ejemplos numéricos originales extraídos de su experiencia en la industria pesada soviética. Sin embargo, he evitado hacer una presentación detallada de las técnicas matemáticas (algoritmos) que Kantorovich y Dantzig desarrollaron, tanto porque asumo que los lectores no son especialistas en álgebra lineal, como porque estas técnicas se han empaquetado en un software de código abierto que puede ser utilizado por los no algebristas. En las secciones 3.3 y 3.4 se ofrece lo que es esencialmente una introducción tutorial al uso de dicho paquete para resolver problemas de planificación. Resumo lo que significan estas técnicas matemáticas en términos prácticos. ¿Qué tipo de problema económico nos permiten resolver?

A modo de ejemplo, me centraré en cómo Kantorovich nos permite plantear problemas de compensaciones medioambientales nacionales o continentales. A partir de ahí, me preguntaré cómo se relacionan sus ideas con la crítica austriaca al socialismo. ¿Cuáles son sus implicaciones para el futuro de la planificación económica? ¿Cómo ha avanzado el campo desde la época de Kantorovich, y cuáles son las implicaciones *políticas* de estos avances?

## 2. ¿Qué es el cálculo económico?

En la sociedad contemporánea, la respuesta parece bastante sencilla: el cálculo económico implica sumar los costes en términos de dinero. Comparando los costes monetarios con los beneficios monetarios, se puede llegar a un curso de acción racional, que maximice la riqueza.

En un famoso artículo [58], el economista austriaco Mises sostenía que sólo en una economía de mercado en la que existieran el dinero y los precios del dinero era posible este tipo de racionalidad económica.

Sus afirmaciones eran sorprendentes y, si podían sostenerse, aparentemente devastadoras para la causa del socialismo. La concepción marxiana dominante del socialismo implicaba la abolición de la propiedad privada de los medios de producción y la abolición del dinero, pero Mises sostenía que "cada paso que nos aleja de la propiedad privada de los medios de producción y del uso del dinero nos aleja también de la economía racional" ([58]: 104). La economía planificada de Marx y Engels se encontraría inevitablemente "a tientas en la oscuridad", produciendo "el absurdo resultado de un aparato sin sentido" (106). Los marxistas habían contrapuesto la planificación racional a la supuesta "anarquía" del mercado, pero según Mises tales afirmaciones eran totalmente infundadas; más bien, la abolición de las relaciones de mercado destruiría la única base adecuada para el cálculo económico, a saber, los precios de mercado.



Por muy buenas intenciones que tuvieran los planificadores socialistas, simplemente carecerían de cualquier base para tomar decisiones económicas sensatas: el socialismo no era otra cosa que la "abolición de la economía racional".

En cuanto a la naturaleza de la racionalidad económica, está claro que Mises tiene en mente el problema de producir el máximo efecto útil posible (satisfacción de los deseos) sobre la base de un conjunto dado de recursos económicos. Alternativamente, el problema puede plantearse en términos de su dualidad: cómo elegir el método de producción más eficiente para minimizar el coste de producir un efecto útil dado. Mises vuelve repetidamente a esta última formulación en su crítica al socialismo, con los ejemplos de la construcción de un ferrocarril o de una casa<sup>4</sup>: ¿cómo pueden los planificadores socialistas calcular el método de menor coste para conseguir estos objetos?

En cuanto a los medios para la toma de decisiones racionales, Mises identifica tres posibles candidatos: la planificación en especie (*in natura*), la planificación con la ayuda de una "unidad de valor objetivamente reconocible" independiente de los precios de mercado y del dinero, como el tiempo de trabajo, y el cálculo económico basado en el mercado. Pasaré a examinar los argumentos de Mises, de gran influencia, en la sección 3, pero primero examinaré si se puede dar una interpretación alternativa al concepto de cálculo económico.

Está claro que el cálculo monetario se presta a problemas de minimización o maximización. Podemos utilizar el dinero para averiguar cuál de varias alternativas es más barata, o qué venta nos reportará más beneficios. Pero si examinamos con más detalle lo que está en juego, veremos que hay que hacer muchos cálculos antes de tener en cuenta el dinero. No nos fijemos en la construcción de una simple casa, sino en algo más grande, la primera pirámide de Saqqara, proyectada por Imhotep [4]. Para construirla, Imhotep tuvo que realizar toda una serie de cálculos. Necesitaba, por ejemplo, saber cómo calcular el volumen de la pirámide antes de construirla ([32], p. 40), lo que implica un buen grado de geometría sofisticada<sup>5</sup>. A partir del conocimiento del volumen de una pirámide, y del conocimiento del tamaño de las piedras que pensaba utilizar, podía calcular cuántas piedras serían necesarias. Conociendo el ritmo de colocación de las piedras por parte de los canteros, podía estimar el tiempo que tardarían trabajadores de diferentes tamaños en colocar todas las piedras de la pirámide. A partir del número de piedras y del conocimiento de cuántas personas se necesitan para transportar cada piedra, Imhotep podía calcular el número de personas que tendrían que trabajar trasladando la piedra desde la cantera hasta la pirámide.

Esta mano de obra tendría que ser alimentada, por lo que se necesitaban panaderos, cerveceros y carniceros para alimentarlos ([13], cap. 6). Él, o sus escribas, tendrían que calcular cuántos de estos comerciantes eran necesarios. También habría que calcular las cantidades de grano y de ganado. En el sentido más amplio, todo esto era un cálculo económico, pero habría tenido lugar sin dinero, que aún no se había inventado. Se podría objetar que esto no es lo que Mises entendía por cálculo económico, ya que el cálculo "en especie" de Imhotep no era un cálculo económico sino un cálculo de ingeniería, una mera enumeración de los requisitos previos, lo que faltaba era la valoración o el cálculo del coste de estos insumos. Es cierto que esto no es lo que von Mises entendía por cálculo económico, la cuestión es

---

<sup>4</sup> El ejemplo del ferrocarril se encuentra en [58]. El ejemplo de la construcción de casas está en *Human Action* [60].

<sup>5</sup> El Papiro Rhind, la primera colección conocida de problemas matemáticos, incluye ejemplos en los que el estudiante tenía que calcular el volumen y, por tanto, el número de ladrillos necesarios para las pirámides.

si tenía razón al limitar este concepto al cálculo monetario. Los cálculos de Imhotep revelan que el concepto de Mises puede haber sido demasiado estrecho. Supongamos que la pirámide se construyera ahora, gran parte de los cálculos necesarios serían los mismos. Seguiría siendo necesario calcular la cantidad de piedra que se utilizaría, la cantidad de los distintos tipos de mano de obra que se emplearían, cómo se transportaría la piedra, etc. Esta sería la parte difícil del cálculo, mientras que la suma en dinero sería fácil en comparación.

Considere la cuestión de elegir entre la alternativa más económica. Imhotep ciertamente tuvo que abordar esta cuestión. La construcción de una pirámide era, incluso para los estándares modernos, una empresa enorme. Para llevarla a cabo, no sólo tuvo que abordar cuestiones de estabilidad estructural, sino que también tuvo que idear un método práctico para elevar las piedras en su lugar. El hecho de que no fuera una tarea fácil se ve confirmado por el hecho de que todavía no sabemos con certeza cómo se hizo. Se han hecho varias sugerencias: rampas inclinadas en ángulo recto con la pared de la pirámide por las que se subían las piedras; rampas en espiral que rodeaban la pirámide; rampas en túneles internos; una serie de grúas accionadas manualmente; etc. Si hoy podemos pensar en muchas formas posibles de hacerlo, también debemos suponer que los constructores primigenios debían hacerlo antes de decidirse por el método que realmente utilizaron. Los recursos de mano de obra de los que disponían no eran ilimitados, por lo que tuvieron que descubrir un método que fuera a la vez técnica y económicamente factible. Este es el tipo de elección racional que Mises consideraba imposible sin dinero, pero el hecho de que las pirámides se construyeran, indica que se produjo algún cálculo de este tipo.

La restricción última era la oferta de mano de obra disponible; ningún arquitecto sensato se embarcaría en una construcción que utilizara mucha más mano de obra que otra. En una economía premercantil como la del antiguo Egipto, esta limitación de la mano de obra aparece directamente; en una economía mercantil, la limitación de la mano de obra aparece indirectamente en forma de coste monetario. Los economistas políticos clásicos sostenían que las relaciones monetarias encubrían las relaciones laborales subyacentes, los costes monetarios ocultaban los costes laborales; el dinero era, para Adam Smith, en última instancia, el poder de ordenar el trabajo de otros.

### 3. La planificación en especie

La tarea organizativa a la que se enfrentaba un arquitecto de pirámides era ingente. El hecho de que fuera posible sin dinero era una indicación de que el cálculo monetario no era una condición *sine qua non* del cálculo. Pero a medida que el proyecto que se planifica se vuelve más complejo, la planificación en unidades materiales se vuelve más compleja. En efecto, Mises sostiene que la optimización en los sistemas complejos implica necesariamente la aritmética, en forma de maximización explícita de una función objetivo escalar (el beneficio en el capitalismo es el caso paradigmático), y que la maximización del rendimiento monetario de la producción, o la minimización del coste monetario de los insumos, es la única función objetivo escalar posible. Mises argumentó la imposibilidad de la planificación en especie porque, dijo, la mente humana está limitada en el grado de complejidad que puede manejar.

Entonces, ¿podría el empleo de medios distintos a la mente humana hacer posible la planificación en especie de sistemas complejos? Hay que considerar dos sistemas "inhumanos":





1. Las burocracias. Una burocracia está formada por seres humanos individuales, pero al colaborar en tareas de procesamiento de la información, pueden llevar a cabo tareas que son imposibles para un solo individuo.
2. Redes informáticas. Nadie que conozca el poder de Google<sup>6</sup> para consolidar y analizar la información necesitará convencerse de que los ordenadores pueden manejar volúmenes y complejidades de información que dejarían estupefacta a una sola mente humana, por lo que una red de ordenadores podría realizar claramente cálculos económicos mucho más allá de una mente humana individual.

En general, como señaló Turing [55], cualquier cálculo extenso realizado por los seres humanos depende de ayudas artificiales: memorias, papiros, tablillas de arcilla, pizarras, etc. Con la existencia de tales ayudas a la memoria, el cálculo algorítmico se hace posible, y en este punto la diferencia entre lo que puede calcular un humano utilizando métodos de papel y lápiz o un ordenador digital se reduce sólo a cuestiones de velocidad [53, 54]. Por lo tanto, no hay ninguna diferencia de principio entre la planificación mediante una burocracia y la planificación mediante ordenadores, pero en la práctica hay una gran diferencia en cuanto a la complejidad del problema que se puede tratar de forma expeditiva.

No hay duda de que el procedimiento de cálculo económico considerado por von Mises era fundamentalmente algorítmico. Implica un proceso fijo tal que:

1. Para cada técnica de producción posible
  - a) formar una lista física de materiales.
  - b) utilizar una lista de precios para convertirla en una lista de gastos monetarios.
  - c) sumar la lista para formar un coste final.
2. Seleccione el coste final más barato de entre todos los costes de las técnicas de producción.

Volveremos al problema de Mises después de ver los puntos de vista de su oponente: Neurath.

### 3.1. El argumento original de Neurath

Inicialmente, Mises debatía contra Otto Neurath. En un artículo fechado en 1919, Neurath había argumentado que una economía socialista sería capaz de realizar cálculos *in natura* en lugar de por medio del dinero [42], aunque podría decirse que no proporcionó un medio práctico para hacerlo [56]. Mises es mucho más conocido en el mundo de habla inglesa que Neurath, en gran parte porque las traducciones de las obras sobre economía de Neurath sólo han aparecido recientemente. El hecho de que los lectores de Mises no hayan tenido acceso directo a las ideas contra las que Mises estaba luchando

---

<sup>6</sup> Los algoritmos usados por Google involucran la solución de grandes sistemas dispersos de ecuaciones lineales. Estos, como veremos más adelante, requieren el mismo tipo de cálculo que la planificación en especie. Para una discusión sobre el álgebra lineal utilizada en la recuperación de información, pueden verse los libros del investigador de Google Dominic Widdows, [62] o [57].

puede haber ayudado a la plausibilidad del argumento de Mises. Por lo tanto, vale la pena recapitular lo que Neurath entendía por cálculo en especie, para poder evaluar hasta qué punto las críticas de Mises eran justas.

En su artículo de 1919, Neurath argumenta que la experiencia de la economía de guerra permitió ver ciertas debilidades clave del pensamiento económico del pasado:

*La teoría económica convencional se mantiene en su mayor parte en una conexión demasiado rígida con la economía monetaria, y hasta ahora ha descuidado casi por completo la economía en especie ([42], p. 300).*

En cambio, la economía de guerra ha sido en gran medida una economía en especie:

*Como resultado de la guerra, el cálculo en especie se aplicó más a menudo y de forma más sistemática que antes... Era evidente que la guerra se libraba con municiones y abastecimiento de alimentos, no con dinero ([42], p. 304).*

En cuanto a las valoraciones sobre la calidad de vida en especie, sostiene que esto representa un retorno a las preocupaciones originales de la economía en la ciencia de la economía doméstica y la ciencia del gobierno. Smith se había preocupado especialmente por la renta real de la sociedad, más que por la monetaria, pero esto había sido olvidado por los economistas posteriores, que se habían concentrado en las magnitudes monetarias. Neurath defendió un enfoque explícitamente epicúreo de la economía, identificando su enfoque como epicureísmo social. Neurath afirmaba que este epicureísmo estaba también en la base del pensamiento de Marx, aunque si hay que atender a la tesis doctoral de Marx [34], el énfasis de Neurath en la investigación empírica de las condiciones reales se debe más a Demócrito. Si se quería saber si la calidad de vida real de la población estaba mejorando o no, había que examinar sus vidas en términos materiales, no monetarios [41]. Escribió que la economía debe ser el estudio de la felicidad y la calidad de vida real. Para ello, los economistas deberían recopilar estadísticas desglosadas sobre la calidad de vida de los grupos de población. No sólo se trataría del consumo de alimentos, la ropa y las condiciones de la vivienda, sino también de la mortalidad y la morbilidad, el nivel educativo, las actividades de ocio y la sensación de poder e impotencia de la gente.

*Con cierta expectativa de éxito, podemos intentar reunir todas las condiciones de vida en ciertos grupos más amplios y ordenarlos según el placer de las cualidades de la vida que provocan. Podemos, por ejemplo, indicar qué alimentos consumen los individuos al año, cuáles son sus condiciones de vivienda, qué y cuánto leen, cuáles son sus experiencias en la vida familiar, cuánto trabajan, con qué frecuencia y qué gravedad se enferman, cuánto tiempo dedican a caminar, a asistir a servicios religiosos, a disfrutar del arte, etc. Incluso podemos descubrir ciertas biografías medias, cuyas desviaciones parecen carecer de importancia para las investigaciones aproximadas. De manera similar, podemos determinar las condiciones de vida de grupos enteros de personas, indicando qué proporción de ellas sufre ciertas enfermedades, qué proporción muere a cierta edad, qué proporción vive en ciertos hogares, etc., e incluso qué proporción disfruta de determinados tipos de condiciones de vida. Es obvio que las cantidades que pueden medirse y determinarse con claridad reciben un tratamiento más amplio que las más*

*vagas, como la religiosidad, las actividades artísticas y otras similares. Pero hay que tener cuidado con pensar que todas las magnitudes que pueden tratarse más fácilmente son más importantes o esencialmente diferentes de las vagas. El prestigio profesional, por ejemplo, forma parte de los ingresos como el comer y el beber ([41] p. 326).*

En comparación con estas estadísticas en especie, las cifras de la renta nacional son, según él, mucho menos reveladoras. En particular, advierte del peligro de aceptar la noción de "renta real" o renta monetaria ajustada a la inflación como sustituto de la calidad de vida. La "renta real" no es más que un reflejo de la renta monetaria y, como tal, sólo tiene en cuenta las cosas que se compran y venden como mercancías.

*El concepto actual de consumo, [el llamado] ingreso real, es también comprensible como derivado del cálculo del dinero. Dado nuestro propio enfoque de la eficiencia económica, parece apropiado comprender también el trabajo y la enfermedad bajo el concepto que abarca la alimentación, el vestido, la vivienda, las visitas al teatro, etc. Estas cosas, sin embargo, no forman parte del concepto [actual] de consumo e ingreso real, que sólo abarca lo que aparece como reflejo de la renta monetaria. La renta real [en este sentido] tiene poca importancia en nuestro enfoque del estudio de la eficiencia económica ([41] p. 336).*

Lo que Neurath decía aquí parece muy moderno. Cada vez se reconoce más la inadecuación de las cifras de la renta nacional puramente monetarias para juzgar la calidad de vida de la población de un país. Los objetivos de desarrollo de la ONU se basan en estas preocupaciones y se expresan en términos cualitativos. Es notable que este aspecto del argumento de Neurath a favor de la economía en especie ha sido ignorado por von Mises o sus seguidores. De hecho, Neurath sostiene que el propio von Mises recurre en última instancia a la noción de un sustrato de bienestar en especie con respecto al cual deben juzgarse las diferentes medidas monetarias del bienestar. Mises reconoce que el monopolio reduce el bienestar:

*Él (Mises) llega a la notable afirmación: "Pero se trata, por supuesto, de bienes menos importantes, que no se habrían producido y consumido si se hubieran podido satisfacer las demandas más apremiantes de una mayor cantidad de la mercancía monopolizada. La diferencia entre los valores de estos bienes y el mayor valor de la cantidad de bienes monopolizados no producidos representa la pérdida de bienestar que el monopolio ha infligido a la economía nacional"<sup>7</sup>. Vemos que aquí Mises también llega a un concepto de riqueza que obviamente está divorciado del dinero, ya que se utiliza para evaluar un cálculo monetario, el de los monopolistas. Si, en el caso del monopolio, según Mises, existe un cálculo de la riqueza por el que se puede juzgar el cálculo del dinero, entonces debería estar siempre disponible y permitir juzgar todos los procesos económicos ([40], p. 429).*

Neurath defiende aquí la distinción entre valor de cambio y valor de uso que proviene de Aristóteles [2, 36] y que constituyó un sustrato clave del análisis de Marx sobre la mercancía [35].

---

<sup>7</sup> Neurath está citando [59], p. 389.

En el cálculo en especie de la producción, Neurath era categórico en cuanto a que una economía socialista debía existir sin dinero. En esto era un seguidor ortodoxo de Marx, y, como tal, mucho más radical que el gobierno soviético de posguerra-comunismo. En repetidas ocasiones, subraya que una economía socialista no puede utilizar una sola unidad escalar en sus cálculos, ya sea dinero, horas de trabajo o kilovatios hora. Esto se refiere tanto a:

1. La no conmensurabilidad de los resultados finales en términos no sólo de calidad de vida, sino de calidad de vida de las generaciones futuras;
2. La complejidad de las limitaciones técnicas de la producción.

El énfasis en la no conmensurabilidad hunde sus raíces en sus ideas sobre la medición de los resultados, la calidad de vida actual y la calidad de vida en el futuro:

*Las "cantidades positivas" del orden socialista tampoco vienen a ser lo mismo que el "beneficio" del capitalismo. El ahorro en carbón, árboles, etc., más allá de suponer un ahorro en el disgusto del trabajo, supone la conservación del placer futuro, una cantidad positiva. Por ejemplo, que el carbón se use hoy en día para cosas tontas es culpable de que la gente se hiele en el futuro. Sin embargo, sólo se pueden dar estimaciones vagas. Ahorrar ciertas materias primas puede resultar inútil si se descubre algo nuevo. El futuro sólo figura en los balances del orden capitalista en la medida en que se anticipe la demanda. Los helados habitantes del futuro sólo aparecen si ya existe una demanda de carbón futura ([40], p. 470).*

Neurath sigue a Marx al aceptar el uso de vales de trabajo como un posible medio de distribución de bienes, siempre que la comunidad decida hacerlo así, pero niega que este método tenga algo más que una significación convencional. En particular, sostiene que el cálculo del tiempo de trabajo es inadecuado para la regulación interna de la producción. El cálculo del tiempo de trabajo presupone un plazo largo y la ausencia de limitaciones de recursos naturales. Si hay limitaciones de recursos naturales, o escasez a corto plazo de determinados equipos, pueden tergiversar lo que es potencialmente producible.

*¿Cómo se pueden asignar puntos a los artículos de consumo individuales? Si existieran unidades naturales de trabajo y si se pudiera determinar cuántas unidades naturales de trabajo, de forma "socialmente necesaria", se han gastado en cada artículo de consumo, y si además fuera posible producir cualquier cantidad de cada artículo, entonces, bajo algunas condiciones adicionales, se podría asignar a cada artículo el número de puntos que representa su "esfuerzo de trabajo". [...] Supongamos ahora que la distribución se hace por libre elección de los consumidores en proporción a su trabajo. [...] algunas materias primas serán escasas y el ahorro será necesario. Si hay una gran demanda de artículos fabricados con estas materias primas, habrá que introducir el racionamiento o aumentar el número de puntos para su distribución por encima del número que representa el trabajo empleado en su producción. A la inversa, los artículos de escaso valor se ofrecerán por menos puntos que el trabajo invertido en su producción ([40], pp. 435-436).*

Estos no parecen ser obstáculos insuperables para el uso de vales de trabajo en la distribución de productos finales. Se podría concebir una especie de impuesto sobre los recursos naturales que gravara los bienes cuya producción no pudiera ampliarse hasta que el número de puntos para su distribución fuera igual al trabajo invertido en su producción. La recaudación de este impuesto podría entonces contribuir al trabajo gastado en la prestación de servicios públicos gratuitos. Pero el punto de que los valores del trabajo son insuficientes para la regulación interna de la producción es correcto. En cambio, aboga por estadísticas detalladas sobre el consumo y la utilización de cada materia prima y producto intermedio. Propone un sistema con dos tablas en especie para cada materia prima y producto intermedio X.

1. Una tabla da, en términos cuantitativos, la producción del producto X, las importaciones y exportaciones, y todos los usos. El autor ofrece un ejemplo en el que muestra los flujos, las existencias y la utilización de cobre en Alemania entre 1918 y 1919.
2. En otra tabla se indican, para X, todas las materias primas, los tipos de mano de obra y los productos intermedios que se utilizaron para fabricarlo.

Los balances contables en especie se utilizarán para comprobar la exactitud de las producciones y usos entre estas diferentes tablas. Si observamos esto, podemos ver que, aunque lo presenta en términos de tablas distintas, estas tablas registran la misma información que, respectivamente, los vectores de fila y columna de una matriz de entrada y salida. La única diferencia clave es que las matrices de entrada y salida occidentales actuales enumeran todas las cantidades de la matriz en dinero, mientras que Neurath propone enumerarlas en unidades naturales: toneladas, litros, etc. Desde los trabajos de von Neumann (ya comentados) nos hemos acostumbrado a representar la estructura técnica, los flujos en especie, de la economía en forma de matriz. El uso de matrices permite expresar proposiciones sobre la economía con las notaciones concisas del álgebra matricial y vectorial, y recurrir a los teoremas de dicha álgebra. Pero hay una gran diferencia entre construir pruebas matemáticas abstractas y llevar a cabo una administración económica práctica.

La notación matricial de von Neumann es ciertamente más elegante en términos matemáticos, pero, como herramienta práctica para el cálculo económico, el sistema de Neurath tiene grandes ventajas. Supongamos que, en Alemania, en 1919, hay 200.000 productos industriales distintos a los que hay que seguir la pista. Sabemos por las tablas actuales de I/O que se puede imprimir una tabla de quizás 80 productos al cuadrado en una página A3. La matriz completa de I/O al estilo de von Neumann o Leontief para 200.000 productos tendría entonces más de 6 millones de páginas. La mayor parte de estas entradas estarían en blanco. Si tomamos el ejemplo de Neurath, puede haber un par de docenas de fundiciones de cobre que utilicen el mineral, por lo que la fila del cobre de una matriz completa de I/O de von Neumann estaría en blanco (o en ceros) en miles de páginas. La tabla de uso de Neurath para el cobre, en cambio, podría imprimirse en una sola página. La representación defendida por Neurath es en realidad similar a la que se utiliza en la informática moderna cuando se trata de matrices grandes, donde se denomina representación de "matriz dispersa". Las ventajas de esta representación para la planificación informática se examinan en el capítulo 6 de [9].

Pero si nos ceñimos por un momento a la notación matricial que conocen los economistas modernos, podemos entender por qué Neurath era tan categórico en cuanto a que la calificación socialista tenía que



realizarse en especie y no podía reducirse a la contabilidad en una sola unidad sustitutiva como el trabajo o la energía. Cuando hacemos la contabilidad en dinero, o en un sustituto como el trabajo, sumamos el coste total de cada columna de la matriz de I/O, lo que nos da un vector de producción final en términos monetarios. *Un sistema de precios representa, pues, una enorme destrucción de información.* Una matriz de coeficientes técnicos se reduce a un vector, y en el proceso se pierden de vista las verdaderas limitaciones *en especie* de la economía. Esta destrucción de la información significa que una economía que funciona únicamente sobre la base del vector de precios debe dar tumbos sólo con la comprensión más aproximada de la realidad. Esto, por supuesto, es exactamente la proposición opuesta a la propuesta por Mises.

En resumen, Neurath había argumentado que el cálculo en especie era necesario tanto para permitir la deliberación política sobre los objetivos del plan económico, como para asegurar la coherencia del plan. Mises no tiene una respuesta efectiva al primer punto, y concentró su ataque en el segundo. Mises admite que, si no hay cambio de técnica, el tipo de contabilidad en especie propuesto por Neurath permitiría el funcionamiento continuado de la economía socialista. El problema se plantea en la elección entre las técnicas que compiten entre sí. Aunque Neurath creía claramente que esto era posible, es impreciso en cuanto a la forma de hacerlo. No da un procedimiento o algoritmo por el que se pueda llegar a la evaluación de la eficiencia técnica comparativa utilizando el cálculo en especie.

Se plantea entonces la cuestión de si, independientemente del trabajo de Neurath, ¿existen algoritmos *in-natura* con una función análoga a la que Mises consideraba esencial para el cálculo económico?

Argumentaremos que autores posteriores, que trabajaron en las dos décadas siguientes a la de las propuestas de Neurath, llegaron de hecho, primero, a pruebas matemáticas de que existen soluciones a un sistema de cálculo en especie, y luego, a algoritmos prácticos para llegar a dichas soluciones.

### 3.2. von Neumann

Los dos siguientes protagonistas de nuestro drama tienen ciertas similitudes. Tanto von Neumann como Kantorovich eran matemáticos, más que economistas. Sus contribuciones a la economía fueron sólo una parte de una variedad de logros de investigación. En ambos casos, trabajaron en los primeros programas de armamento nuclear de EE. UU. y la URSS [50] respectivamente. Al menos en el caso de von Neumann, la conexión de su trabajo económico con la física atómica fue más que incidental. Uno de sus grandes logros fue la formalización matemática de la mecánica cuántica [61], que unificó la mecánica matricial de Heisenberg con la mecánica ondulatoria de Schrödinger. Su trabajo sobre la mecánica cuántica coincidió con el primer borrador de su modelo de crecimiento económico [39] pronunciado como conferencia en Princeton, en 1932. En ambos campos emplea espacios vectoriales y operadores matriciales sobre espacios vectoriales, espacios vectoriales complejos en el caso de la mecánica cuántica y espacios vectoriales reales en el modelo de crecimiento. Kurz y Salvadori [30] sostienen que su modelo de crecimiento debe considerarse como una respuesta a los trabajos anteriores de Remak [48], el matemático de tendencia socialista, que trabajó sobre los "precios superpuestos".



Así, Remak construye "precios superpuestos" para un sistema económico en condiciones estacionarias en el que hay tantos procesos de producción de un solo producto como productos, y cada proceso o producto está representado por una "persona" diferente o, más bien, por una actividad o industria. Las cantidades de los diferentes productos adquiridos por una persona durante un cierto período de tiempo a cambio de su propio producto son, por supuesto, las cantidades necesarias como medio de producción para producir este producto y las cantidades de bienes de consumo en apoyo de la persona (y su familia), dados los niveles de sustento. Con una elección adecuada de unidades, el sistema resultante de "precios superpuestos" se puede escribir como

$$p^T = p^T C$$

donde  $C$  es la matriz aumentada de insumos por unidad de producto, y  $p$  es el vector de relaciones de intercambio. Al discutir el sistema, Remak llegó a la conclusión de que tiene una solución, que es semi-positiva y única, excepto por un factor de escala. El sistema se refiere a una especie de economía ideal con productores independientes, sin trabajo asalariado y, por tanto, sin beneficios. Sin embargo, en opinión de Remak, también puede interpretarse como un sistema económico socialista [30].

En Remak, los vínculos matemáticos con la mecánica matricial emergente son sorprendentes: el lenguaje de superposición, el uso de un operador matricial unitario  $C$  análogo a los operadores hermítico en la mecánica cuántica<sup>8</sup>. Pero, aparte de esto, ¿cuál es la importancia económica de la teoría de Remak para el debate del cálculo socialista?

Remak muestra por primera vez cómo, a partir de una descripción en especie de las condiciones de producción, se puede derivar un sistema de precios de equilibrio. Esto implica que el sistema en especie contiene la información necesaria para los precios y que los precios son una proyección del sistema en especie en un espacio de menor dimensión<sup>9</sup>. Si ese es el caso, entonces cualquier cálculo que se pueda hacer con la información en el sistema reducido  $p$  podría, en principio, realizarse mediante algún otro procedimiento algorítmico a partir de  $C$ . Remak expresa su confianza en que, con el desarrollo de calculadoras eléctricas, los grandes sistemas de ecuaciones lineales requeridos serán solucionables.

La debilidad del análisis de Remak es que se limita a una economía en estado estacionario. Mises había reconocido que el cálculo socialista sería posible bajo tales circunstancias.

Von Neumann abordó el debate de dos formas distintas:

1. Modeló una economía en crecimiento, no una economía estática. Asumió una economía en crecimiento proporcional uniforme. Abjuró explícitamente de considerar los efectos de la

<sup>8</sup> Como los operadores hermíticos en mecánica cuántica, el operador de producción de Remak es unitario porque  $p$  es un vector propio de  $C$  y  $|p|$  no cambia bajo la operación.

<sup>9</sup> Supongamos que  $C$  es una matriz cuadrada  $n \times n$ , y  $p$  un vector dimensional  $n$ . Al aplicar el operador de remodelación [24, 23] de Iverson  $p$ , podemos mapear  $C$  a un vector de longitud  $n^2$ , por lo tanto,  $c \leftarrow (n \times n)pC$ , y así vemos que el sistema de precios, que tiene  $n$  dimensiones, implica una reducción de dimensión masiva del vector dimensional  $n^2$ ,  $c$ .

restricción de recursos naturales o de la oferta de mano de obra, suponiendo en cambio que la oferta de mano de obra puede extenderse para adaptarse al crecimiento. Tal vez esto no sea poco realista como imagen de una economía en rápida industrialización (por ejemplo, la Rusia soviética en el momento en que escribe).

2. Permitió que hubiera múltiples técnicas para producir un bien dado; Remak solo permitió una. Estas diferentes técnicas productivas posibles utilizan diferentes combinaciones de insumos, y solo algunos de ellos serán viables.

Von Neumann vuelve a utilizar la idea de una matriz tecnológica introducida por Remak, pero ahora la divide en dos matrices  $A$ , que representa los bienes consumidos en la producción, y  $B$ , que representa los bienes producidos. Por tanto,  $a_{ij}$  es la cantidad de producto  $j$  utilizado en el proceso de producción  $i$ , y  $b_{ij}$  la cantidad de producto  $j$  producido en el proceso  $i$ . Esta formulación permite la producción conjunta, e indica que la depreciación de los bienes de capital se puede modelar de esta manera, un proceso de producción consume nuevas máquinas y produce como efecto secundario máquinas más viejas y gastadas. No es necesario que el número de procesos sea igual al número de tipos de productos distintos, por lo que no tratamos necesariamente con matrices cuadradas.

Al igual que Remak, asume que existe un vector de precios  $y$ , pero también un vector de intensidad  $x$ , que mide la intensidad con la que se opera cualquier proceso de producción dado. Veremos a continuación que Kantorovich utiliza la misma formulación. Las dos variables restantes,  $\beta$  y  $\alpha$ , miden la tasa de interés y la tasa de crecimiento de la economía, respectivamente.

Hace dos suposiciones adicionales. En primer lugar, no hay beneficios, con lo que quiere decir que todos los procesos de producción con intensidad positiva retornan exactamente la tasa de interés. Solo cuenta como ganancia obtener un rendimiento superior a la tasa de interés. Esto también significa que ningún proceso se ejecuta con pérdidas (retornando menos de  $\beta$ ). Su segundo supuesto es que cualquier producto producido en cantidad excesiva tiene un precio cero.

Continúa mostrando que en este sistema hay un estado de equilibrio en el que hay una tasa de crecimiento única  $\alpha = \beta$  y un conjunto definido de intensidades y precios. Las intensidades y los precios se determinan simultáneamente.

¿Cuáles son los resultados significativos aquí?

- Las técnicas en especie disponibles para la economía, capturadas en sus matrices  $A$ ,  $B$ , determinan qué procesos de producción deben utilizarse y en qué intensidades.
- También determinan un conjunto de precios de equilibrio. No se requiere ningún sistema de preferencias subjetivas para derivarlas.
- Las técnicas en especie también determinan la tasa de crecimiento y la tasa de interés.

¿Cuáles son las relaciones sociales en este modelo?

No está claro. Si se trata de una economía capitalista, hace la suposición bastante poco realista de que todos los ingresos por intereses se reinvierten, de modo que los intereses no se convierten tanto en un pago al banco como en una convención contable. Tampoco está claro cómo una economía capitalista real podría alcanzar la senda de equilibrio mostrada. Sraffa [52] presenta un modelo bastante similar, identificándolo explícitamente con la producción capitalista, pero con la adición crucial de que Sraffa permite la posibilidad del consumo capitalista por interés. En ausencia de cualquier consumo capitalista, la interpretación del modelo de von Neumann como una economía administrativa es plausible. Sin embargo, es una economía administrativa con, al menos, precios y cargos teóricos contables por uso de capital. Si quiere decir que la economía debe entenderse como capitalista, entonces debería demostrar realmente que sus condiciones gemelas de precios cero para los bienes con exceso de oferta y una tasa de ganancia absolutamente uniforme pueden lograrse mediante la competencia de mercado. Mostrar esto no habría sido trivial. De hecho, hay motivos para sospechar que no se pueden lograr tasas de beneficio uniformes en modelos dinámicos de este tipo [18].

Si suponemos que von Neumann está describiendo una economía administrativa, entonces es significativamente diferente de la idea de Neurath, debido a la existencia de al menos un vector de precios administrativos. Pero se muestra que este vector de precios surge, junto con la tasa de interés, puramente de la estructura en especie de la economía, por lo que, al igual que con Remak, los precios son un subespacio derivado. Sin embargo, el artículo de von Neumann no proporciona un procedimiento mediante el cual se pueda calcular la solución de equilibrio de la economía. Demuestra la existencia de tal solución, pero no proporciona un medio para calcularla.

Si no tenemos producción conjunta y solo tenemos un proceso para producir cada producto, es relativamente simple resolver el modelo VN. Supongamos que tenemos varios tipos de productos, uno de los cuales es cereal, con las matrices de von Neumann  $A$ ,  $B$  tales que ambas son cuadradas y  $B = I$ . Supongamos además que tenemos las variables de la Tabla 1. Entonces, el Algoritmo 1 encontrará los precios, la tasa de crecimiento y las intensidades arbitrariamente cercanas a la solución de von Neumann dependiendo de  $\varepsilon$ .

Si  $A$ ,  $B$  toman los valores dados en la Tabla 2, entonces con  $\varepsilon = 0.001$  el algoritmo da la solución aproximada que se muestra en la parte inferior de la Tabla 2.

Tabla 1: Variables usadas en el Algoritmo 1

| variable | significado                         |
|----------|-------------------------------------|
| $x$      | vector de intensidad                |
| $n$      | vector de producción neta           |
| $\mu$    | inputs usados                       |
| $y$      | vector de precio denominado en maíz |
| $c$      | vector de coste por unidad de maíz  |
| $\beta$  | tasa de interés                     |
| $\alpha$ | tasa de crecimiento                 |
| ventas   | ventas totales en unidades de maíz  |
| costes   | costes totales en unidades de maíz  |

Tabla 2: Las matrices de los ejemplos A y B y la solución VN a la que dan lugar

|                 |         |         |         |
|-----------------|---------|---------|---------|
| <b>A</b>        |         |         |         |
|                 | cereal  | carbón  | hierro  |
|                 | 0.20    | 0.10    | 0.02    |
|                 | 0.20    | 0.20    | 0.10    |
|                 | 0.20    | 0.70    | 0.10    |
| <b>B</b>        |         |         |         |
|                 | 1.00    | 0.00    | 0.00    |
|                 | 0.00    | 1.00    | 0.00    |
|                 | 0.00    | 0.00    | 1.00    |
| <b>Solución</b> |         |         |         |
|                 | cereal  | carbón  | hierro  |
| n               | 3.11427 | 3.46149 | 1.02518 |
| y               | 1.00000 | 1.80357 | 3.56645 |
| x               | 6.09637 | 6.88489 | 2.04303 |
| $\beta =$       | 1.01806 |         |         |
| $\alpha =$      | 1.01866 |         |         |

---

**Algoritmo 1:** Resolviendo un modelo VN sin elección de técnicas

---

**comenzar**

intensidades iniciales  $x \leftarrow T$  ;  
 precios iniciales  $y \leftarrow 1$  ;  
 interés estimado  $\beta \leftarrow 0.2$  ;

**repetir**

calcular el coste por unidad  $\alpha \leftarrow \beta$  ;  
 fijar precios  $c \leftarrow (A \cdot y) \times (1 + \beta)$  ;  
 $y \leftarrow c$  ;  
 calcular el uso  $y_{\text{cereal}} \leftarrow 1$  ;  
 $\mu \leftarrow \sum ((A^T) \times x)$  ;  
 ventas  $\leftarrow x \cdot y$  ;  
 $n \leftarrow x - \mu$  ;  
 costes  $\leftarrow y \cdot \mu$  ;  
 recalcular el interés  $\beta \leftarrow \frac{\text{ventas} - \text{costes}}{\text{costes}}$  ;  
 $x \leftarrow 0.5 \times (x + \mu \times (1 + \alpha))$  ;

la línea anterior hará que y se mueva hacia una composición en la que las proporciones físicas de inputs y outputs sean las mismas

**hasta**  $|\beta - \alpha| < \epsilon$  ;

**fin**



## **Referencias**

- [1] J. Appel, M. Baker, A.A. Deutschlands, and G.I. Kommunisten. Fundamental Principles of Communist Production and Distribution. Movement for Workers' Councils, von der Kollektivarbeit der Gruppe Internationaler Kommunisten - GIK [Allgemeine Arbeiter Union Deutschlands - AAUD], 1990 (1930).
- [2] Aristotle. The Politics. Hutchinson, 1988.
- [3] D. Bienstock. Potential function methods for approximately solving linear programming problems: theory and practice. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [4] M. L. Bierbrier. The Tomb-Builders of the Pharaohs. American Univ in Cairo Press, 1989.
- [5] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. Information and economics: a critique of Hayek. Research in Political Economy, 18(1):177–202, 1997.
- [6] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. Labour time versus alternative value bases: a research note. Cambridge Journal of Economics, 21:545–549, 1997.
- [7] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. A note on the organic composition of capital and profit rates. Cambridge Journal of Economics, 27:749–754, 2003.
- [8] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. The Scientific Status of the Labour Theory of Value. IWGVT conference at the Eastern Economic Association meeting, in April, 1997.
- [9] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. Towards a New Socialism, volumen Nottingham. Bertrand Russell Press, 1992.
- [10] W. P. Cockshott and A. F. Cottrell. Calculation complexity and planning: the socialist calculation debate once again. Review of Political Economy, 5(1):73–112, January 1993.
- [11] G. B. Dantzig. Linear Programming. Operations Research, 50(1):42–47, 2002.
- [12] G. B. Dantzig. Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, Princeton, 1963.
- [13] A. R. David. The Pyramid Builders of Ancient Egypt: a Modern Investigation of Pharaoh's Workforce. Routledge, 1996.
- [14] R. Dawkins. The God Delusion. Houghton Mifflin Co., 2006.
- [15] R. Dawkins et al. Unweaving the Rainbow: Science, Delusion and the Appetite for Wonder. Houghton Mifflin Company, 1998.

- [16] H. D. Dickinson. Price Formation in a Socialist Community. *The Economic Journal*, 43(170):237–250, 1933.
- [17] H. Dieterich. *La democracia participativa: el socialismo del siglo XXI*, País Vasco, Baigorri, 2002.
- [18] M. Dupertuis and A. Sinha. A sraffian critique of the classical notion of center of gravitation. Technical report.
- [19] E. Farjoun and M. Machover. *Laws of Chaos, a Probabilistic Approach to Political Economy*. Verso, London, 1983.
- [20] J. Gondzio and A. Grothey. Massively parallel implementation of interior point methods for very large scale optimization. In R. Wyrzykowski, J. Dongarra, N. Meyer, and J. Wasniewski, editors, *Parallel Processing and Applied Mathematics, Lecture Notes in Computer Science*, 3911, Berlin, September 2006. Springer-Verlag.
- [21] J. Gondzio and A. Grothey. Solving nonlinear financial planning problems with 109 decision variables on massively parallel architectures. In C. A. Brebia, editor, *Computational Finance and its Applications II, WIT Transactions on Modelling and Simulation*, volume 43. WIT Press, 2006.
- [22] G. Grossman. Review: Against bourgeois economic pseudotheories of socialism. *The American Economic Review*, 53(1):211–213, 1963.
- [23] K. E. Iverson. *A programming language*. Wiley, New York, 1966.
- [24] K. E. Iverson. Notation as a tool of thought. In *ACM Turing award lectures*, page 1979. ACM, New York, NY, USA, 2007.
- [25] L. V. Kantorovich. Mathematical Methods of Organizing and Planning Production. *Management Science*, 6(4):366–422, 1960.
- [26] L. V. Kantorovich. *The Best Use of Economic Resources*. Harvard University Press, 1965.
- [27] N. Karmarkar. A new polynomial-time algorithm for linear programming. *Combinatorica*, 4(4):373–395, 1984.
- [28] L. Khachian. A polynomial algorithm in linear programming. *Soviet Mathematics Doklady*, 20:191–194, 1979.
- [29] V. Klee and G. Minty. How good is the simplex algorithm. In O. Shisha, editor, *Inequalities-III*, pages 159–175. Academic Press, 1972.
- [30] H. D. Kurz and N. Salvadori. Von Neumann's growth model and the classical tradition. *Understanding "classical" Economics: Studies in Long-Period Theory*, 1998.





- [31] O. Lange. *On the Economic Theory of Socialism*. University of Minnesota Press, 1938.
- [32] B. Lumpkin. *Geometry Activities from Many Cultures*. Walch Publishing, 1997.
- [33] K. Marx. *Marginal Notes to the Programme of the German Workers' Party [Critique of the Gotha Programme]*. *Marx and Engels Selected Works*, 3, 1970.
- [34] K. Marx. *The difference between the democritean and epicurean philosophy of nature*. In *Marx-Engels Collected Works Volume 1*. Progress Publishers, 1841.
- [35] K. Marx. *Capital, volume 1*. Progress Publishers, Moscow, 1954. Original English edition published in 1887.
- [36] S. Meikle. *Aristotle's Economic Thought*. Oxford University Press, 1997.
- [37] S. M. Menshikov. *Topicality of Kantorovich's Economic Model*. *Journal of Mathematical Sciences*, 133(4):1391–1397, 2006.
- [38] G. Michaelson, W. P. Cockshott, and A. F. Cottrell. *Testing marx: some new results from UK data*. *Capital and Class*, pages 103–129, 1995.
- [39] J. Neumann. *A Model of General Economic Equilibrium*. *Review of Economic Studies*, 13(33):1–9, 1945.
- [40] O. Neurath. *Economic plan and calculation in kind*. *Otto Neurath: Economic Writings 1904-1945*, 2004.
- [41] O. Neurath. *The Conceptual Structure of Economic Theory and its Foundations*. In Thomas Uebel and Robert Cohen, editors, *Economic Writings*. Kluwer, (1917) 2004.
- [42] O. Neurath. *Economics in Kind, Calculation in Kind and their Relation to War Economics*. In Thomas Uebel and Robert Cohen, editors, *Economic Writings*. Kluwer, (1919) 2004.
- [43] A. Nove. *The Economics of Feasible Socialism*. George Allen and Unwin, London, 1983.
- [44] J. O'Neill. *Markets, Socialism, and Information: A Reformulation of a Marxian Objection to the Market*. *Social Philosophy and Policy*, 6(2):200–210, 1989.
- [45] A. Peters. *Computersozialismus: Gespräche mit Konrad Zuse*. Vaduz, 2000.
- [46] A. Peters. *Das Äquivalenzprinzip als Grundlage der Global Ökonomie*. Akademische Verlagsanstalt, 1996.

- [47] S. Pinker. *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. Harper Collins, 2000.
- [48] R. Remak. Kann die Volkswirtschaftslehre eine exakte Wissenschaft werden. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 131:703–735, 1929.
- [49] R. L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman. A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems. *Communications*, 1978.
- [50] L. D. Ryabev and Y. N. Smirnov. The Atomic Project, Science, and the Atomic Industry. *Atomic Energy*, 99(2):519–527, 2005.
- [51] A. M. Shaikh. The empirical strength of the labour theory of value. In R. Bellofiore, editor, *Marxian Economics: A Reappraisal*, volume 2, pages 225–251. Macmillan, 1998.
- [52] P. Sraffa. *Production of commodities by means of commodities*. Cambridge University Press, Cambridge, 1960.
- [53] A. M. Turing. Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, (49):433–460, 1950.
- [54] A. M. Turing. Lecture on the Automatic Computing Engine, 1947. In B. J. Copeland, editor, *The Essential Turing*. OUP, 2004.
- [55] A. M. Turing. On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungs problem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42:230–65, 1937.
- [56] T. Uebel. Incommensurability, Ecology, and Planning: Neurath in the Socialist Calculation Debate, 1919–1928. *History of Political Economy*, pages 309–342, 2005.
- [57] C. J. Van Rijsbergen. *The Geometry of Information Retrieval*. Cambridge University Press, 2004.
- [58] L. von Mises. Economic calculation in the socialist commonwealth. In F. A. Hayek, editor, *Collectivist Economic Planning*. Routledge and Kegan Paul, London, 1935.
- [59] L. von Mises. *Socialism: An Economic and Sociological Analysis*. Johnathan Cape, 1951.
- [60] L. von Mises. *Human Action*. Hodge and Company, London, 1949.
- [61] J. von Neumann. *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Engl. transl. of the 1931 German edition by RT Beyer, 1955.
- [62] D. Widdows. *Geometry and Meaning*. Number 172 in CSLI Lecture Notes. University of Chicago Press, 2004.
- [63] D. Zachariah. Testing the labor theory of value in sweden.



cibcom.org

[http://reality.gn.apc.org/econ/DZ\\_article1.pdf](http://reality.gn.apc.org/econ/DZ_article1.pdf), 2004.

[64] D. Zachariah. Labour value and equalisation of profit rates. *Indian Development Review*, 4(1):1–21, 2006.