

La Química de las Finanzas

Óscar Rodríguez Montoro

Resumen: La Química y las Finanzas parecen ser en principio dos materias sin mucha relación y dispares una de otra. Pero si se hace una reflexión y se establecen una serie de paralelismos de la presencia de la Química en los diferentes activos financieros, tanto vetustos, como contemporáneos, estas diferencias se acortan enormemente.

Palabras clave: Química de las Finanzas, Monedas, Billetes, Mercados de Valores, Didáctica de la Química.

Abstract: Chemistry and Finance seem to be in principle two subjects without much relationship and far from each other. But when a reflection is made and a series of parallels are established for the presence of Chemistry in the different financial assets, both ancient and contemporary, these differences are greatly reduced.

Keywords: Finance Chemistry, Coins, Banknotes, Stock Markets, Chemistry Didactic.

INTRODUCCIÓN

A priori, las Finanzas^[1] engloban términos y materias muy alejados de la Química, esto es, mercado de divisas, renta fija, renta variable, acciones cotizadas, valores, futuros, *commodities* y otra serie de terminología. Pero en todos ellos, tal y como veremos a lo largo del presente manuscrito, de alguna u otra manera la Química está presente.

Las Finanzas se encargan de la obtención y el manejo de capitales en relación con las inversiones. Como capital, no solo se debe entender la acumulación de dinero en forma de billetes o en cuentas corrientes. Se ha de tratar desde el punto de vista de activos de muy diferente índole, como son el conjunto de bienes económicos que entran en juego en una actividad socio-económica determinada.

Es cierto, que la manera más habitual de poseer el capital es en forma de: billetes, monedas, capital en cuentas corrientes, cuentas remuneradas, etc. Pero también es cierto que la riqueza además se acumula en forma de otros activos financieros como títulos de renta fija o va-

riable, acciones cotizadas o no cotizadas en bolsa, empresas, obras de Arte, productos de Numismática y Filatelia, metales y piedras preciosas, mercancías o *commodities*, etc.

La naturaleza de estos activos ha ido cambiando a lo largo de la Historia; obviamente, no siempre estuvieron presentes en estos términos tan contemporáneos. Pero lo que sí estuvo indefectible fue la Química.

Por dinero se considera todo aquel objeto de valor claramente identificable y susceptible de ser utilizado (y aceptado) como forma de pago en cualquier transacción que entrañe el intercambio de bienes, servicios y/o deudas.

De todos es sabido que el dinero no siempre circuló en forma de monedas o billetes, tal y como se conocen hoy en día. Objetos para intercambio por trueque o mercancías dinero (*commodity money*), están datados desde el comienzo de la propia Historia humana. E incluso, se conjetura que ya existieran en la Prehistoria, antes de los primeros registros escritos.^[2]

Los metales nobles como el oro, la plata y otros como el cobre, fueron tradicionalmente usados como *commodity money* (no como monedas propiamente dichas) desde los primeros tiempos de la civilización. El empleo de estos metales como mercancías, tienen su origen en Mesopotamia y en el Antiguo Egipto, alrededor del año 2500 a.C. Lo que muestra a su vez, el manejo avanzado de la metalurgia de estas civilizaciones. El uso de estos metales fue incluso recogido en diferentes códigos de la época, como por ejemplo, en el famoso Código de Hammurabi (1790 a.C.), en el que se reflejan pagos por deudas, multas infracciones, etc., a través de diferentes pesos en plata.^[3]



Ó. Rodríguez
Montoro

Dpto. Química-Física.
Universidad Complutense de Madrid
Avda. Complutense s/n. 28040. Madrid. España
C-e: ormontoro@ucm.es

Recibido: 13/08/2020. Aceptado: 28/10/2020.



Figura 1. Piezas utilizadas durante la Dinastía Zhou en China, como dinero mercancía. Izquierda: Pequeñas espadas; Derecha: conchas del gasterópodo cauri. (Fotos realizadas en la exposición sobre la moneda china, organizada por alumnos del Instituto Bidebieta de San Sebastián, año 2009)

A los metales anteriormente citados, durante la propia Edad de Bronce (1700-800 a.C.), se unió el uso de la aleación del cobre y el estaño, como dinero mercancía de intercambio.

Desde la Dinastía Zhou en China (650-400 a.C.), han llegado hasta nuestros días utensilios como los mostrados en la Figura 1, espadas metálicas y pequeñas conchas de la Clase Gasterópodo cauri (*Monetaria Moneta*) utilizadas como mercadería de la época.^[4]

Las conchas de los moluscos están formadas principalmente de carbonatos de calcio, CaCO_3 , presente en dos de sus polimorfos, como son la calcita y el aragonito^[5] (véase Figura 2), lo que les confiere la resistencia suficiente para haber podido perdurar en el tiempo.

A finales del Imperio Lidio (1200-546 a.C.), afincado en el oeste de la península de Anatolia, en la actual Turquía, aparecieron las primeras monedas (véase Figura 3). Eran piezas acuñadas y en forma de disco, compuestas de una aleación de oro y plata (denominadas “electro”), que ya sí se pueden considerar como las primeras monedas de cambio utilizadas por la humanidad.^[6]

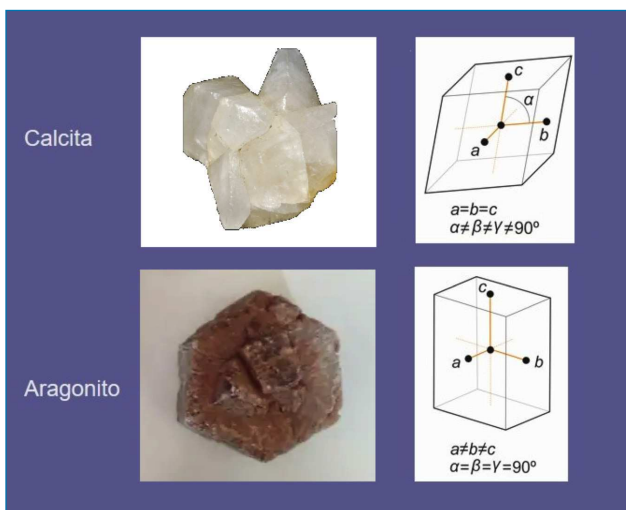


Figura 2. La concha de los gasterópodos está formada principalmente de los minerales polimórficos de carbonatos de calcio: aragonito y calcita. Se diferencian entre ellos por la ordenación de sus moléculas dentro de redes cristalinas con diferente simetría, lo que se denomina sistemas cristalinos (trigonal en calcita y ortorrómbico en aragonito). Estas diferencias provocan que los cristales de ambos minerales tengan morfologías, propiedades mecánicas y ópticas diferentes^[5]



Figura 3. Moneda de un tercio de estatera (unos 5/3 de gramo de electro), fechada en el siglo VII a.C., utilizadas en el Antiguo Imperio Lidio. A la derecha, en una de las caras se muestra la cabeza de un león rugiendo, junto con un sol con múltiples rayos en la frente; a la izquierda en el anverso, un doble golpe de incisión

Poco a poco el uso de las monedas en las transacciones económicas se fue normalizando hasta llegar a nuestros días. Tal y como veremos en los apartados siguientes, a los minerales ya nombrados se fueron añadiendo otros metales (níquel, zinc, estaño, plomo...) y varias aleaciones (latón, acero, oro nórdico...) para abaratar el coste de la acuñación de los discos monetarios utilizados.

Como mercancía de cambio, no solo se han utilizado los metales a lo largo de la Historia.^[3] Por ejemplo, la obsidiana de Anatolia (cuya composición química es a base de silicatos de aluminio y óxidos de silicio en gran porcentaje), ya fue usada como mercancía de intercambio durante la edad de piedra. En el antiguo Imperio Romano (27 a.C. – 476 d.C.), los soldados solían recibir sus emolumentos en forma de sal común (mayoritariamente formada por cloruro sódico, NaCl o halita, véase Figura 4), de lo que se derivó el término “salario” (del latín *salarium*) que significa “pago por sal”. Poseer sal en la antigüedad era de vital importancia, ya que permitía mantener conservados alimentos por largos períodos de tiempo en salazón, como la carne o el pescado. Curiosamente, varios milenios después, la halita, fue la primera estructura cristalina que se determinó mediante el uso de la técnica de la difracción de rayos X. Henry y Lawrence Bragg, padre e hijo, premios Nobel de Física en 1915, sentaron las bases de la cristalografía y el análisis estructural.^[7]

Pero demos un gran salto cuantitativo en el tiempo hasta nuestros días, para centrarnos en los productos financieros más contemporáneos y en la presencia de la Química en ellos.

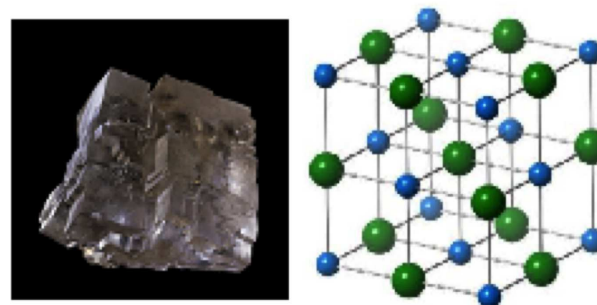


Figura 4. Izquierda: Monocristal de sal común de NaCl , conocido como halita; Derecha: estructura cristalina de la misma, determinada por Henry y Lawrence Bragg

MERCADO DE DIVISAS. CAMBIO DE MONEDA

Se debe entender como moneda a la unidad monetaria que permite la transferencia de bienes y servicios cotidianos. Mientras que divisa es la moneda bajo soberanía externa a la propia que permite la transferencia de bienes entre países de manera telemática.

El mercado de divisas (*Foreign Exchange*, Forex, FX o mercado de divisas) es un mercado global descentralizado o de venta libre (*over-the-counter*, OTC, u *off-exchange*), es decir, sin la supervisión de un intercambiador, para el comercio de divisas. Este mercado determina los tipos de cambio para cada moneda. En términos de volumen de negociación es, con mucho, el mercado más grande del mundo, teniendo un volumen casi igual a todos los demás mercados bursátiles juntos.^[8]

Las operaciones de cambio de moneda y los procesos de compra y venta cotidianos mayoritariamente se realizan por medio de transacciones bancarias telemáticas, con ausencia de dinero físico. No obstante, a día de hoy globalmente, se sigue dependiendo en gran medida del uso de moneda material para estas actuaciones. En todo caso, estos mercados llevan consigo, el respaldo de activos físicos, como son los patrones dinerarios, divisas, monedas y billetes bancarios. Veamos la presencia de la Química en todos ellos.

El patrón del dinero. Representativo y fiduciario

El dinero representativo es aquel que, a diferencia del *commodity money*, se basa para demostrar su valor en otro activo (patrón) como el oro, plata, petróleo u otra divisa. Tiene la cualidad de ser convertible al activo al cual representa.^[9]

Actualmente, existen otros tipos de dinero como son el dinero por decreto (fiat) y el fiduciario, que es el modelo monetario que más se utiliza hoy día en el mundo, y que son las conocidas como divisas, esto es, dólar americano (USD), el Euro (EUR) y todas las otras monedas de reserva. No se respalda por metales preciosos ni nada que no sea una promesa de pago por parte de la entidad emisora.^[10]

El oro constituyó el patrón principal utilizado por el sistema monetario de forma más o menos constante desde la batalla de Waterloo (1815) hasta la Primera Guerra Mundial (1914-1918). Simplemente, los billetes podían intercambiarse por oro, y el oro a su vez en billetes, a una tasa de cambio fija e inviolable. Este sistema simple desapareció tras la I Guerra Mundial, siendo sustituido por un sistema parecido donde eran lingotes de oro (véase Figura 5) en posesión de los bancos centrales de cada país los que respaldaban el valor de las monedas y billetes. Con el tiempo, los bancos centrales comenzaron a saltarse las normas de este respaldo, produciéndose numerosos fraudes, pasando a ser la Libra Esterlina (GBP) la divisa de respaldo hasta la II Guerra Mundial. Después de la cual, pasó a serlo el USD, con lo que el sistema de reserva de oro o de lingotes, desapareció por completo. A día de hoy, el patrón



Figura 5. Lingote de oro. Patrón utilizado como respaldo del dinero físico hasta el siglo XX

dólar tampoco existe, es el Banco Central de cada país el que respalda con divisas, títulos propios y con créditos que los Bancos Centrales supranacionales conceden al Sistema Bancario.^[11] Aunque el valor del oro como refugio de inversores sigue encontrándose en pleno auge, la pérdida de los patrones de metales preciosos, trajo consigo la inflación y que los Bancos Centrales de las principales potencias, sean los que impriman sus divisas sin el control deseado.

Monedas contemporáneas

En la introducción del presente manuscrito, se comentó como a lo largo de la Historia se han utilizado los diferentes metales y aleaciones en la fabricación de monedas. Hoy día, solo se utilizan los metales nobles como el oro, plata y platino, para realizar monedas de coleccionistas. Utilizándose otro tipo de metales y de aleaciones más económicas para la fabricación de las monedas de curso legal de las diferentes nacionalidades. Nos detendremos en la composición de las monedas de euro como muestra general (Figura 6).^[12]



Figura 6. Monedas de euro, con el cuño alemán



Figura 7. Serie de monedas de antiguas Liras de la Serenísima República de San Marino de 1984, anteriores a que este país adoptara el euro. Por orden, acuñadas en el anverso: Hipócrates, Alexandro Volta, Louis Pasteur, Pierre Marie Curie, Enrico Fermi y Albert Einstein

Las monedas de 1, 2 y 5 céntimos de euro están fabricadas en acero, recubierto de una película de cobre. Las monedas de 10, 20 y 50 céntimos de euro están fabricadas de la aleación conocida como “oro nórdico”, cuya composición es cobre 89%, aluminio 5%, zinc 5% y estaño 1%. La moneda de 1 euro está compuesta en su perímetro exterior por níquel-latón (aleación de cobre-zinc); y su interior por tres capas: cobre-níquel, níquel y níquel-cobre. La moneda de 2 euros, tiene la disposición contraria a la moneda de euro, interior en cobre-níquel; y perímetro exterior en tres capas: níquel-latón, níquel y latón-níquel.^[12]

En relación con la Numismática (entendida como activo financiero de coleccionismo), la acuñación del anverso de las monedas de manera recurrente, ha sido de imágenes de mandatarios, pero de manera muy esporádica han aparecido imágenes de científicos en monedas de algunos países. En la Figura 7, se pueden observar la serie de monedas que la Serenísima República de San Marino emitió en 1984, en la que aparecen eminentes científicos de diferentes épocas.

Papel moneda

El papel moneda comenzó a utilizarse durante la Dinastía Tang en China, (618-907 d.C.). Los mercaderes de la época usaban un documento elaborado a partir de la morera del papel (*Broussonetia papyrifera*), donde constaba una promesa de reembolso, similar al pagaré actual, que a su vez, les permitía aligerar su propio equipaje cargando monedas metálicas.^[13]

Actualmente, el papel moneda se elabora con láminas especiales hechas de fibras alargadas de algodón, incluyendo lino u otras fibras textiles, con técnicas de impresión complejas. Para evitar falsificaciones, en esta ardua elaboración del papel moneda, se añaden la marca al agua o filigrana (permitiendo que imágenes impresas con diferente espesor se puedan ver al trasluz), hologra-



Figura 8. Billete de 100 Dólares de Nueva Zelanda cuya base es polimérica y no de fibra de algodón. El billete es un homenaje al científico neozelandés Ernest Rutherford, premio Nobel de Química en 1908

mas, agentes fluorescentes o fosforescentes, tintas ópticamente variables (*Optically variable ink, OV*) que cambia de color según el ángulo del observador y la incidencia de la luz (iridiscencia o *Pearlescent coating* referido a la tinta).^[14] La tendencia actual en cuanto a medidas de seguridad, es el uso de nanopartículas capaces de emitir por *upconversion* (conversión ascendente de fotones) tras excitación por longitudes de onda del infrarrojo cercano (980 nm).^[15]

En las últimas décadas, muchos países están optando por la fabricación de billetes cuya base es polimérica (polipropileno orientado biaxialmente, BOPP),^[16] como se puede observar en la Figura 8. Estos billetes incorporan alguna característica de seguridad que no está disponible en los billetes en papel.^[17] Los que tienen base de polímero duran mucho más que los billetes de papel, lo que provoca una disminución del impacto ambiental y un menor costo de producción y reemplazo de moneda.

Aunque no muy habitual, también se han utilizado imágenes de eminentes científicos para caracterizar billetes en algunos países. En la Figura 8, se puede observar el billete de 100 dólares neozelandés (NZD) con la imagen de Lord Ernest Rutherford, padre de la Química nuclear y premio Nobel de Química en 1908.

Dinero electrónico

Cada día es más habitual la realización de todo tipo de transacciones con tarjetas de crédito o de débito, evitando el uso de dinero material. Las tarjetas de banda magnética son una clase de fichas capaces de almacenar datos modificando el magnetismo de pequeñas partícu-

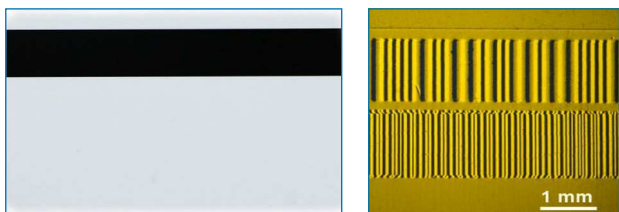


Figura 9. Izquierda: detalle del reverso de una tarjeta de crédito con banda magnética; Derecha: la banda magnética aumentada

las magnéticas. Estas bandas están fabricadas con partículas de óxidos de hierro sobre una base de resina (véase Figura 9). La banda magnética, se lee al pasar un cabezal de lectura magnética en el terminal del punto de venta (TPV).

Hoy día, la gran mayoría de tarjetas de crédito también llevan integrado un pequeño chip, cuya base es el elemento silicio (Figura 10), que integrado junto con el resto de microelectrónica, permite almacenar datos bancarios en dichos circuitos electrónicos integrados. No hay que confundir el uso de los chips en las tarjetas, con la tecnología *contactless*, que se genera al almacenar información en las mismas y ser emitida por medio de una pequeña antena NFC (*Near Field Communication*) alojada en su interior.

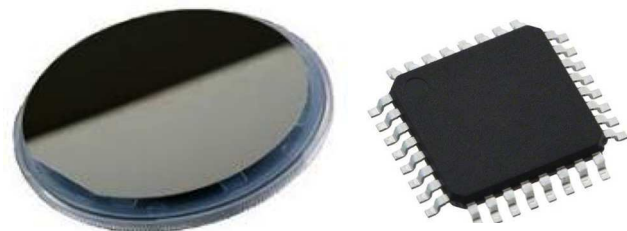


Figura 10. Oblea de silicio monocristalino pulido de una sola cara de dos pulgadas y microchip de silicio

Criptomonedas

Las criptomonedas^[17] son un activo digital diseñado para funcionar como un medio de intercambio novedoso. En este sistema, los registros individuales de propiedad de monedas se almacenan en un libro de contabilidad acumulado en una forma de base de datos computarizada que utiliza una criptografía sólida para asegurar registros de transacciones (*blockchains*). Y, a su vez, controlar la creación de monedas adicionales y verificar la transferencia de propiedad de monedas. Estos procesos mantienen una alta tasa de procesamiento de algoritmos gracias al usuario en general (denominados “mineros”), que de esta manera tienen la oportunidad de recibir una pequeña “propina”, que se reparte de manera aleatoria, por su trabajo. Utilizar medios de pago como *PayPal™* y pagar con una criptomoneda, se diferencian en que con el primero, el pago se hace

a través de redes privadas similares a las usadas por las tarjetas de crédito y bancos, mientras que con las criptomonedas no hay intermediarios; el pago va del comprador al vendedor directamente. De esta forma, se tiene un sistema de transferencia universal de valor, libre de intermediaciones.

El nivel de encriptación usado actualmente en los ordenadores para salvaguardar este tipo de transacciones, ha sido capaz de alcanzarse debido a la fabricación de microchips de diminutas dimensiones. Pero no se pueden llegar a fabricar chips infinitamente pequeños, ya que a escala nanométrica, los electrones se escapan de los canales por efectos cuánticos o efecto túnel. Como consecuencia, este tipo de computación digital tarde o temprano no tardará en llegar a su límite físico, si la tecnología de los ordenadores cuánticos no lo remedia antes.

INVERSIÓN EN ACTIVOS

La gestión del capital obtenido por las personas por los medios que fuere, no es una operación trivial. El dinero no ha de ser un fin ni una obsesión, sino que ha de ser un medio para poder vivir como a cada persona le plazca. La búsqueda de la inversión perfecta y con totales garantías de éxito, no existe. La inversión de capitales no es una ciencia exacta, se puede llegar a predecir e incluso parametrizar ciertos factores que se repiten cíclicamente en el tiempo, pero la gran mayoría de veces, los mercados financieros se comportan al azar totalmente. En los siguientes apartados, se va a intentar sacar analogías entre la Química y los activos financieros relacionados con la inversión de capitales. Se harán principalmente semejanzas entre la cinética química y los equilibrios químicos con el comportamiento de ciertos activos.

Cuentas corrientes no remuneradas

La frase favorita de todo economista es “el dinero vale hoy más que mañana”. Esto es verdad, debido a la inflación (aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes en un año). El mantenimiento inmovilizado de capitales en una cuenta no remunerada, aunque parezca sinónimo de ahorro (no de inversión) a largo plazo, no se terminará produciendo. Se ocasionará todo lo contrario, el capital perderá valor. Podemos hacer una analogía de este producto financiero con las cinéticas químicas de orden cero (véase Figura 11), que son aquellas reacciones cuya concentración inicial de reactivo, va desapareciendo de manera constante con el tiempo para obtener los productos de reacción. Siendo la pendiente el valor de la inflación, el valor del capital inicial ahorrado (semejante a la concentración inicial de reacción), irá minorando de una manera más o menos constante año a año.

$$[A] = [A]_0 - k t$$

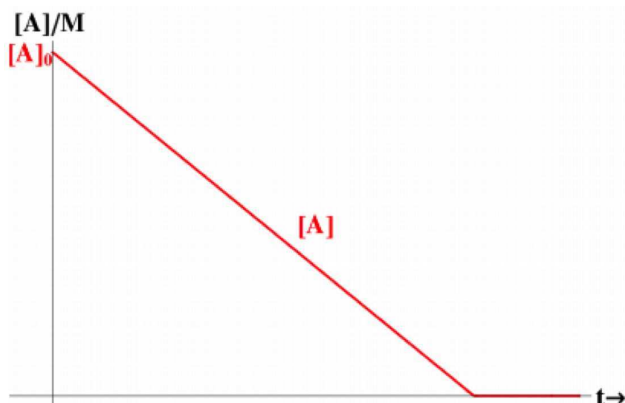


Figura 11. La cinética química de orden cero, donde una concentración inicial $[A]_0$, va desapareciendo de manera constante con el tiempo "t", se asemeja al comportamiento de los capitales presentes en las cuentas no remuneradas

Cuentas corrientes remuneradas y depósitos a plazo fijo

Estos tipos de productos financieros sí poseen un interés por el capital invertido (que si supera a la inflación, repercutirá en un beneficio real). Dependiendo de que estas cuentas se rijan por las fórmulas del interés simple o compuesto (véase Figura 12), se puede hacer respectivamente una analogía con la inversa de las cinéticas de primer orden, segundo orden..., orden "n". Las cinéticas diferentes a las de orden cero, representan reacciones químicas en las que los productos desaparecen exponencialmente, pero con una potencia recíproca cada vez más elevada. Mientras que en Química la concentración

Interés Simple	Interés Compuesto
$F = P(1 + n * i)$	$F = P(1 + i)^n$

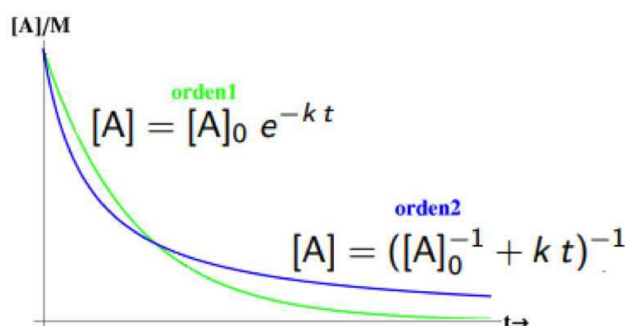


Figura 12. Arriba: Fórmulas de los intereses simples y compuestos, donde "i" es el interés, "F" es el capital final, "P" el capital inicial, "n" el número de ciclos mensuales, trimestrales, etc. Abajo: Las cinéticas químicas de orden uno y orden dos, donde una concentración inicial $[A]_0$, va desapareciendo de manera exponencial con el tiempo "t". Hecho que se asemeja al comportamiento inverso de los capitales presentes en las cuentas remuneradas por interés simple y compuesto, respectivamente

inicial disminuirá exponencialmente, en este producto financiero el beneficio crecerá exponencialmente, pero elevado a diferente potencia.

Renta fija

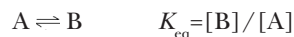
Los activos de renta fija, también conocidos como "bonos" son instrumentos financieros de deuda emitidos por los gobiernos nacionales, provinciales o incluso, por empresas privadas. Funcionan como los préstamos. El interesado va recuperando su inversión inicial junto con un interés acordado. Por lo que su analogía sería una cinética química de orden cero, pero de pendiente positiva, es decir, el interés acumulado se sumaría al capital inicial de una manera constante en el tiempo.

Renta Variable. Acciones cotizadas en Bolsa

La renta variable constituye un tipo de activo basado en la rentabilidad de la inversión y la recuperación del capital inicial invertido, más un beneficio. Aunque existe un riesgo real de no conseguirlo, ya que la recuperación del capital inicial y el beneficio no están garantizados de antemano. Este producto financiero engloba muchos artículos diferentes, acciones, derivados, futuros, índices, CFD's, etc. La rentabilidad que se puede llegar a obtener de la renta variable es función de distintos factores diferentes, como pueden ser la evolución de una determinada empresa en la que se ha invertido, su situación económica, la de las empresas del mismo sector, el comportamiento de los mercados financieros, etc.

El ejemplo por antonomasia de renta variable es la compra de acciones o valores de empresas cotizadas. Con ello, el comprador se convierte en "dueño" de la empresa en un porcentaje proporcional al número de títulos que posea, adquiriendo una serie de derechos entre los que se encuentra el cobro de dividendos por beneficios generados fruto de la actividad de la empresa. El beneficio de la inversión lo obtendrá si es capaz de vender esas mismas acciones a un precio mayor al de compra, no importa en cuánto tiempo (puede ser en 5 minutos, 5 meses o 5 años, corto, medio o largo plazo).

La compra venta de acciones sigue la ley de la oferta y la demanda, que en esencia se asemeja a los equilibrios químicos:



Si hay una fuerte demanda de compra de unas determinadas acciones, pero baja disposición para la venta, su precio subirá. Si sucede lo contrario, baja demanda de compra, pero alta disposición de órdenes de venta, el precio de los títulos se desplomará. En ambos casos no existe un equilibrio, por lo que este estará desplazado en uno u otro lado. En el caso de que las órdenes de compra y de venta estén compensadas, porque hay muchas o

porque apenas las haya, se establecerá un equilibrio tal, que el precio de la acción no se moverá prácticamente.

Anticiparse, pronosticar o adivinar cómo se comportarán los mercados financieros, es una tarea casi propia de futurólogos, que escapa de la ciencia. No obstante, al igual que la Física Clásica no fue capaz de justificar la naturaleza y comportamiento a escala atómica de la materia y tuvo que echar mano de la Estadística para llegar a la Física Cuántica, las matemáticas financieras también utilizan la estadística para, a partir de comportamientos pasados en los mercados financieros, ser capaces de predecir comportamientos futuros. Es el llamado análisis técnico de un valor.

A continuación, se hará un breve repaso de los indicadores de bolsa más utilizados para anticipar comportamientos.

Los ciclos bursátiles hacen referencia a las variaciones a lo largo del tiempo que experimentan las cotizaciones de los valores cotizados (véase Figura 13. Arriba). Normalmente, se producen fases de crecimiento, expansión (de mercados alcistas) y fases de decrecimiento, de recesión (de mercados bajistas). Este comportamiento recuerda al de las reacciones oscilantes (reacción de Belousov-Zhabotinsky, o Reacción BZ).^[19] Estas “parecen” que nunca llegar al equilibrio y permanecen oscilando con un patrón repetitivo, durante un período de tiem-



Figura 13. Arriba: Ciclos bursátiles acontecidos en la cotización de la empresa petrolera Repsol durante los últimos 15 años. Abajo: La reacción redox BZ en la que se oxida el ácido malónico por bromatos en un medio ácido y en presencia de sales de cerio, mediante ciclos de oscilación en el tiempo

po significativo y evolucionan de manera caótica (véase Figura 13. Abajo). De hecho, son el ejemplo por antonomasia de la teoría del caos.

Otros indicadores estadísticos muy utilizados en los mercados de valores son el RSI (*Relative Strength Index*) y el MACD (*Moving Average Convergence Divergence*), que pueden llegar a ser ajustados a períodos cortos de duración, al contrario que los ciclos bursátiles que se prolongan en el tiempo. Ambos son indicadores tipo oscilador, que se pueden ajustar al período que se desee y son susceptibles de ser comparados también, con las reacciones oscilantes BZ.

El RSI mide la fuerza con la que actúa la oferta y la demanda de un valor determinado en un momento de tiempo, éste se expresa en porcentaje (de 0 a 100). El MACD muestra la fuerza con la que actúa la oferta y la demanda, basándose en medias móviles de cotización de largo y corto plazo, y se expresa normalmente en valores entre 1 a -1.

El seguimiento de la cotización de los valores con el tiempo, puede dar lugar a determinados patrones, que normalmente dan lugar a que otra acción en las mismas condiciones, reaccione de la misma manera, aunque pertenezcan a otro sector empresarial. Estos son los patrones llamados de banderín, bandera y *wedget*, que anticipan períodos de bajadas, incertidumbre y períodos alcistas, respectivamente (véase Figura 14). Volviendo a la similitud con los equilibrios químicos, en los mercados bursátiles ocurriera todo lo contrario a la búsqueda de equilibrio de reacción que se alcanza en Química. En los mercados de valores, la aparición de alguno de estos patrones, es sinónimo de que la oferta y la demanda se está igualando y, en cualquier momento, el mercado va a romper este equilibrio bruscamente.

Otro tipo de metodología de análisis bursátil es el llamado análisis fundamental, basado en investigar una empresa determinada, hasta calcular, considerar y asignar un precio hipotético a dicho valor y, con ello, compararlo con el precio actual de cotización, para anticipar su comportamiento para invertir. Para un científico, realizar un análisis fundamental de ciertos sectores empresariales, desde el punto de vista del estado del arte, no debería ser complicado. Obviamente, los sectores de empresas que tienen más presencia de la Química son las petroleras, las farmacéuticas, las químicas, agua, alimentación, etc. Pero en cualquier sector seguro que seríamos capaces de encontrar alguna presencia de la Química.

PATRONES: BANDERIN, BANDERA Y WEDGET

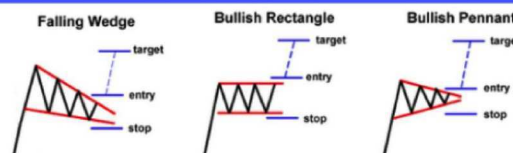


Figura 14. Patrones que muy comúnmente se presentan en la cotización de los activos de la renta variable, y que por empirismo, anticipan cambios bruscos en la cotización



Figura 15. Estampas de tulipanes exóticos infectados con el virus del mosaico o tulip breaking virus (TBV), que le hace tener unas bonitas combinaciones de coloraciones

No se puede terminar esta sección, sin hacer una reseña a lo que supuso el primer crack bursátil de la Historia (en 1637). Provocado por la búsqueda de tulipanes cada vez más exóticos en color y aspecto (véase Figura 15), por combinaciones de ondas del espectro electromagnético visible más extrañas. Todo ello, llegó a convertirse en la primera gran de “burbuja” financiera de la Historia.

Renta Variable. Acciones no cotizadas en Bolsa

Invertir en empresas no cotizadas respecto a las anteriores, básicamente se diferencia respecto a las que sí cotizan, en que en las primeras no existen tantas fluctuaciones a corto plazo del precio de valor de los títulos adquiridos al invertir en ellas. Pero este tipo de inversión supone un riesgo idéntico. El análisis fundamental servirá para la elección de en qué sector empresarial invertir.

Dentro de este apartado destacaremos la inversión en empresas de base tecnológica (EBT), spin-off, start-ups, empresas de capital riesgo (venture capital) y transferencia de conocimiento en general en el ámbito de la Química. Siendo una aplicación ideal para el sector I+D+i. Todas estas variantes ofrecen a los investigadores la posibilidad de llevar a la práctica empresarial sus proyectos o invertir en otros que les parezcan sugerentes.

El ejemplo de empresa de transferencia tecnológica de éxito lo tenemos en Tesla Motors, Inc., que diseña, fabrica y vende automóviles eléctricos, basando gran parte de sus patentes de explotación en las baterías de litio. Esta empresa ya hoy día cotizada, salió a bolsa en 2010 a un precio por acción de 17 USD; en julio de 2020, alcanzó los 1.650 USD de cotización en NASDAQ.

Otros ejemplos son empresas que dedican su actividad a actuaciones en relación con la Química sostenible, la Química verde, tratamiento de residuos, catalizadores, etc.

Materias Primas en Tiempo Real »

Energía »

Materias primas :	Mes :	Último	Anterior	Máximo	Mínimo	Var. :	Var. % :	Hora :
Petróleo Brent	Ago 2016	49,38	47,19	49,40	47,01	+2,19	+4,64%	17/06
Petróleo crudo	Jul 2016	48,26	46,21	48,29	45,84	+2,05	+4,44%	17/06
Gas natural	Jul 2016	2,643	2,580	2,647	2,559	+0,063	+2,44%	17/06
Aceite de Calefacción	Jul 2016	1,4877	1,4229	1,4888	1,4190	+0,0648	+4,55%	17/06

Metales »

Materias primas :	Mes :	Último	Anterior	Máximo	Mínimo	Var. :	Var. % :	Hora :
Oro	Ago 2016	1.301,75	1.298,40	1.302,60	1.279,50	+3,35	+0,26%	17/06
Plata	Jul 2016	17,515	17,607	17,525	17,205	-0,092	-0,52%	17/06
Cobre	Jul 2016	2,054	2,048	2,073	2,046	+0,006	+0,29%	17/06
Platino	Jul 2016	970,95	978,30	983,15	963,40	-7,35	-0,75%	17/06

Figura 16. Cotización de materias primas energéticas y metales en tiempo real. Principalmente se cotizan en la Bolsa de Metales de Londres (LME), la Chicago Board of Trade (CBOT) y la New York Mercantile Exchange (NYMEX)

Commodities o Materias Primas

En los mercados de Commodities se negocia con bienes no manufacturados a nivel mundial y de manera descentralizada. Realizándose transacciones tanto a presente como a futuro o, como opciones de compra.

Para la Química (véase Figura 16) destacan los productos energéticos en relación con el petróleo, gas, combustibles, etc., y los metales, donde se negocia con el precio del oro, plata, cobre, platino y, sobre todo, de especial importancia hoy día, las tierras raras.

Fuera de este activo financiero pero en relación con las tierras raras, cabe especial mención la labor que la empresa española Sacyr, está realizando a través de su filial Valoriza Minería,^[20] para conseguir recuperar de minas antiguas españolas (Figura 17), todo aquel mineral de tierras raras desechado en su momento y, que parece contener el subsuelo peninsular en abundancia.^[21]

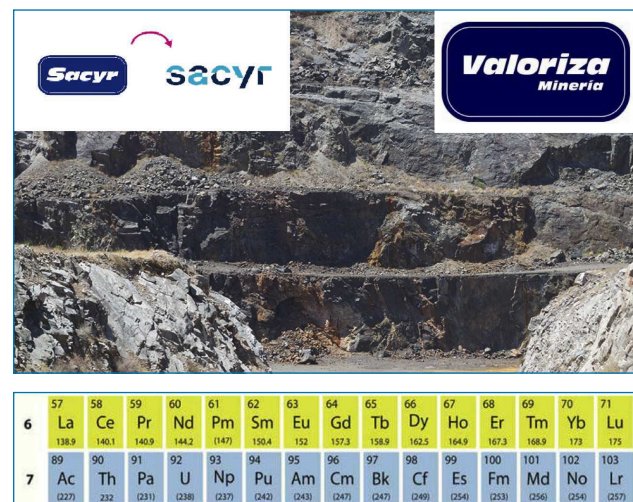


Figura 17. Explotación por la empresa Sacyr de antiguas minas para la recuperación de elementos químicos de Tierras Raras

© 2020 Real Sociedad Española de Química

COLECCIONISMO

En el coleccionismo como inversión (o en las aficiones), cabe todo objeto imaginable: cromos, vinilos, billetes de lotería, juguetes, objetos antiguos, etc. Aunque utilizar las aficiones como inversión, normalmente no tiene un beneficio que supere a la inflación, incluso a muy largo plazo. En este apartado, nos detendremos en el Arte, la Numismática y la Filatelia.

Arte y patrimonio

Huelga comentar la relación existente entre las obras de arte con todo material químico imaginable, pinturas, tintes, mármoles, metales, etc.

Desde el punto de vista financiero, ganar dinero invirtiendo en obras de Arte, es muy complicado. Incluso invirtiendo a muy largo plazo, es difícil sacar rentabilidad, más allá de que una obra de arte pase de generación en generación y realmente se revalorice en valor. La inversión en Arte no solo ha de ser una acción privada, sino que ha de ser fomentada por los gobiernos para aumentar su patrimonio cultural.

Podemos encontrar en escultura algún ejemplo de la presencia de la Química, como el “Atomium” de Bruselas que se puede apreciar en la Figura 18, que representa la celda unidad cristalina cúbica centrada en el cuerpo del hierro.

En Pintura, la aparición de imágenes cotidianas donde la Química haya sido el tema elegido, ha sido poco recurrente. Pero sí encontramos algunos ejemplos donde la Alquimia es la protagonista, como las obras de arte mostradas en la Figura 19 del pintor Hendrick Heerschop.



Figura 18. Situado en el parque de Heysel en Bruselas (Bélgica), se encuentra el monumento llamado “El Atomium”, formado por una estructura de 102 metros de altura construida para la Exposición de Bruselas de 1958. Representa un cristal de hierro



Figura 19. Tres cuadros de Hendrick Heerschop (1626-1690), “El alquimista”, “Un experimento de química se prende fuego”, “Un alquimista haciendo oro”. (Bader Collection, copias de los cuales fueron distribuidos por la compañía Aldrich Chemical Ltd.)

Como ocurre en otras disciplinas, en el Arte existen las falsificaciones, que incluso aplicando las técnicas más precisas para detectar fechorías, asignar autorías, etc. Por ejemplo, discernir los pigmentos utilizados en pintura, en un determinado siglo o descartar el uso de colorantes más modernos que aparecen en obras muy antiguas, nunca se estará seguro 100% de estar acertando en el veredicto del peritaje. Las técnicas tradicionales en esta labor forense son la fluorescencia de rayos X, las espectroscopias FTIR, Mößbauer, Raman,^[22] etc. (véase Figura 20).



Figura 20. Sala de los Polícromos de la Cueva de Altamira, cuyos pigmentos fueron estudiados por análisis Raman *in situ*^[22]



Figura 21. Sellos emitidos con Correos, en el Año Internacional de la Química y en el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos

Filatelia

En Filatelia, la aparición de la imagen en sellos de figuras relevantes de la Ciencia en general y, de temas en relación con ellas a nivel mundial, sí ha sido un tema mucho más recurrente que en otras disciplinas. Incluso, la aparición de estampas con la imagen de la Tabla Periódica o elementos de ella, aparece repetidamente en los sellos de diferentes países.^[23] En la Figura 21, podemos observar dos ejemplos españoles recientes.

Piedras Preciosas

Con la inversión en piedras preciosas (diamantes, esmeraldas, zafiros, rubíes, ámbar, etc., véase la Figura 22) sucede un poco como con el resto de piezas de coleccionismo. Es difícil obtener beneficios desde la inversión inicial superando la inflación, salvo en casos contados.

Además, en este activo financiero, también aparecen con mucha frecuencia las falsificaciones. Las mismas técnicas espectroscópicas numeradas en la sección de Arte para luchar contra los fraudes, son válidas para éste. Destacando por encima de ellas, la espectroscopia Raman.^[24]



Figura 22. Colección de piedras preciosas más valiosas como activo



Figura 23. Uso de partículas de oro en suspensión en vinos espumosos contemporáneos.

Enología

Dentro de este punto general de coleccionismo, se puede llegar a incluir la enología, por toda la química (fermentación, acidez, taninos, polifenoles...) que lleva consigo esta disciplina y, considerar la recopilación de vinos antiguos por parte de los amantes y de los paladares más exquisitos, como un activo financiero más. Merece la pena incluir en este punto el uso de técnicas innovadoras en la enología moderna, que se valen del empleo de dispersiones de partículas de oro en vinos espumosos, tal y como se puede observar en la Figura 23.

CONCLUSIONES

En el presente manuscrito se han mostrado como la Química y las Finanzas, dos disciplinas que en principio parecen estar tan alejadas en materias, no lo están. Encontrando nexos de unión y la aparición de los rasgos propios de la Química, en la mayoría de activos financieros de alguna u otra manera. Por lo tanto, la próxima vez que el lector se aventure a invertir, piense en Química primero, porque quizás sabe más de finanzas de lo que cree.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hernández-Jiménez, G. Educación financiera partiendo de cero. Editor: CreateSpace Independent Publishing Platform; Edición: 1 (2014). ISBN-10: 1495247481; ISBN-13: 978-1495247484.
- [2] Keynes, J. M. A Treatise on Money. Vol. I: The Pure Theory of Money. Pp. 363. Vol. 2: The Applied Theory of Money. Pp. 424. London: Macmillan and Co., Ltd., (1930). ISBN 10: 0333107241; ISBN 13: 9780333107249.
- [3] Williams, J.; Eagleton, C. Historia del dinero. Paidós (2009). ISBN 978-84-493-2294-5.
- [4] Hoang, P.; Ducie, M. Cambridge IGCSE and O Level Economics 2nd edition. Hodder Education (2018). ISBN 9781510420205.
- [5] Periódico Litoral de Granada. <https://bit.ly/3oyuB8e> (consultado el 1 de agosto de 2020)

- [6] "Lydia". Encyclopædia Britannica. <https://bit.ly/3e3imvG>, visitada 1/08/2020.
- [7] Klein, C.; Cornelius S. Jr. Hurlburt. Manual de Mineralogía. Ed. Reverté, Barcelona (1997), ISBN978-84-291-4606-6.
- [8] Record, N. Currency Overlay (The Wiley Finance Series, 2003). ISBN-10: 0470850272; ISBN-13: 978-0470850275.
- [9] Escobar Gallo, H. Diccionario económico financiero (3a ed edición, 2006). Universidad Medillin. p. 156. ISBN 9589794483.
- [10] Blog de Economía, <https://bit.ly/35Kvlpj>, visitada el 1/07/2020.
- [11] Grant J. How Bullion Lost Its Luster? Wall Street Journal. Artículo periodístico (2009). <https://on.wsj.com/3owoSQL>, visitado el 1/07/2020.
- [12] <http://www.bde.es/> (consultado 1 de julio de 2020)
- [13] Morgan, V. E. Historia del dinero. Ediciones Istmo, 1972. ASIN: B00ANP3BWG
- [14] European Central Bank: <https://bit.ly/34BIwSY>, visitada 01/08/2020.
- [15] Gee, W. J. Review. *Aust. J. Chem.* (2019) <https://doi.org/10.1071/CH18502>
- [16] Australian migration service, <https://bit.ly/31KQ4Bh>, visitada 01/08/2020.
- [17] Artigas, J. M.; Perea, P. C.; Ramo, J. P. (2002) Tecnología del color. Universitat de València. ISBN 9788437054360.
- [18] Schueffel, P.; Groeneweg, N.; Baldegger, R. (2019). The Crypto Encyclopedia: Coins, Tokens and Digital Assets from A to Z.
- [19] Hudson, J. L.; Mankin, J. C. (1981). "Chaos in the Belousov–Zhabotinskii reaction". *J. Chem. Phys.* 74 (11): 6171-6177. doi:10.1063/1.441007.
- [20] Sacyr, <https://bit.ly/3jCKkiS>, visitada 01/08/2020.
- [21] Diario ABC, <https://bit.ly/35JAK2m>, visitada 01/08/2020.
- [22] Rull, F. *et al.* (2002). A preliminary study of archaeological materials in Altamira (Spain) cave using XRD, IR and Raman techniques. 5th GeoRaman, Acta Universitatis Carolinae. *Geologica*, 16 (1) p. 79.
- [23] Diario Herald, <https://bit.ly/3e5B1XM>, visitada 01/08/2020.
- [24] Bersani, D.; Lottici, P. P. Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry. *J. Raman Spectrosc.* 2016, 47, 499-530.

