



**Backtesting de estrategia de inversión en activos correlacionados
aplicando series de tiempo**

Alumno: Fernando Garda Olaciregui

Profesor Tutor: Sergio Luis Olivo

Año Lectivo: 2022

INDICE

Introducción	3
Desarrollo	4
2.1 Series de Tiempo.....	4
2.2 Gold-Silver Ratio.....	5
2.3 Series de Tiempo aplicada a GOLD-Silver Ratio	7
2.4 Estrategias de Trading Temporalidad Mensual	14
2.5 Estrategias de Trading Temporalidad Diaria	20
2.6 BTC-ETH Ratio	25
2.7 Estrategias de Trading BTC-ETH temporalidad diaria	31
2.8 Resumen comparativo entre estrategias evaluadas.....	32
Conclusiones Finales	37
Bibliografía	38
Anexo	38

1. Introducción

El siguiente trabajo busca evaluar diferentes estrategias de trading a partir de la información obtenida con estudios de series de tiempo.

En primer lugar, se evaluarán distintas alternativas de trading sobre el oro-plata ratio (precio de cotización del oro sobre precio de cotización de la plata) en 2 temporalidades, mensual y diario, a partir de la base de datos de septiembre 2000 hasta agosto 2022.

Se obtendrán los datos históricos de cotización de estos activos y se los trabajará de forma ordenada en una serie de tiempo, logrando obtener una fórmula de regresión que una los datos históricos más relevantes para lograr pronosticar los valores futuros con la mayor asertividad posible.

Obtenida la fórmula de regresión se evaluarán alternativas de trading. Para poder definir la eficiencia de dicha estrategia se obtendrán los siguientes datos que serán comparados contra una estrategia de Buy&Hold del promedio de cotización del oro y la plata:

- Retorno anual efectivo
- Sharpe
- Max drawdown
- Max time to waterline
- Win rate

Para finalizar, se buscará aplicar un modelo de series de tiempo para el BTC-ETH ratio (precio de BTC sobre el precio de ETH) para temporalidad diaria.

2. Desarrollo

2.1 Series de Tiempo

Una serie de tiempo consiste en el estudio de datos que están relacionados en una línea de tiempo. La herramienta busca construir una fórmula que pueda modelizar el comportamiento de estos datos. Esta fórmula se puede construir mediante una regresión lineal haciendo uso de la relación de los datos con respecto a sus datos históricos.

Aquí nos centraremos en 2 modelos conocidos de series de tiempo:

- Autorregresivo (AR)
- Media móvil (MA)

El modelo AR construye una formula regresiva mediante el uso de la correlación de los datos consigo mismos separados por un periodo k de diferencia (lags).

Fórmula 1

$$X_t = \alpha + \varrho_1 X_{t-1} + \dots + \varrho_p X_{t-p} + \varepsilon_t$$

El modelo MA construye una formula regresiva mediante el uso de los errores presentados en la diferencia entre la serie original y la media móvil elegida

Fórmula 2

$$X_t = \alpha + \varphi_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \varphi_q \varepsilon_{t-q}$$

Se distinguen 2 formas de medir el orden de autocorrelación en una serie de tiempo:

ACF: Autocorrelation Function: Mide la relación lineal entre la covarianza de los datos con retraso k (lag) y la varianza de la serie de datos en evaluación. Una serie de datos se considera débilmente correlacionada entre si a un lag k en caso de que los valores de ACF para dicho k sean estadísticamente iguales a 0. En una serie de tiempo estacionaria, los valores de ACF convergen a 0 a medida que el orden de k aumenta.

Fórmula 3

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=k+1}^T (r_t - \bar{r})(r_{t-k} - \bar{r})}{\sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$$

PACF: Partial Autocorrelation Function: Es una función de la ACF vista anteriormente; su mayor utilidad es para poder determinar el orden del modelo regresivo a utilizar. El valor de PACF k, k converge al coeficiente de la regresión de orden k. Se puede observar que a partir de un nivel de lag k los valores de PACF convergen a 0; dicho nivel k debería corresponder con el orden óptimo de la regresión.

Fórmula 4

$$P_k \phi_k = \rho_k$$

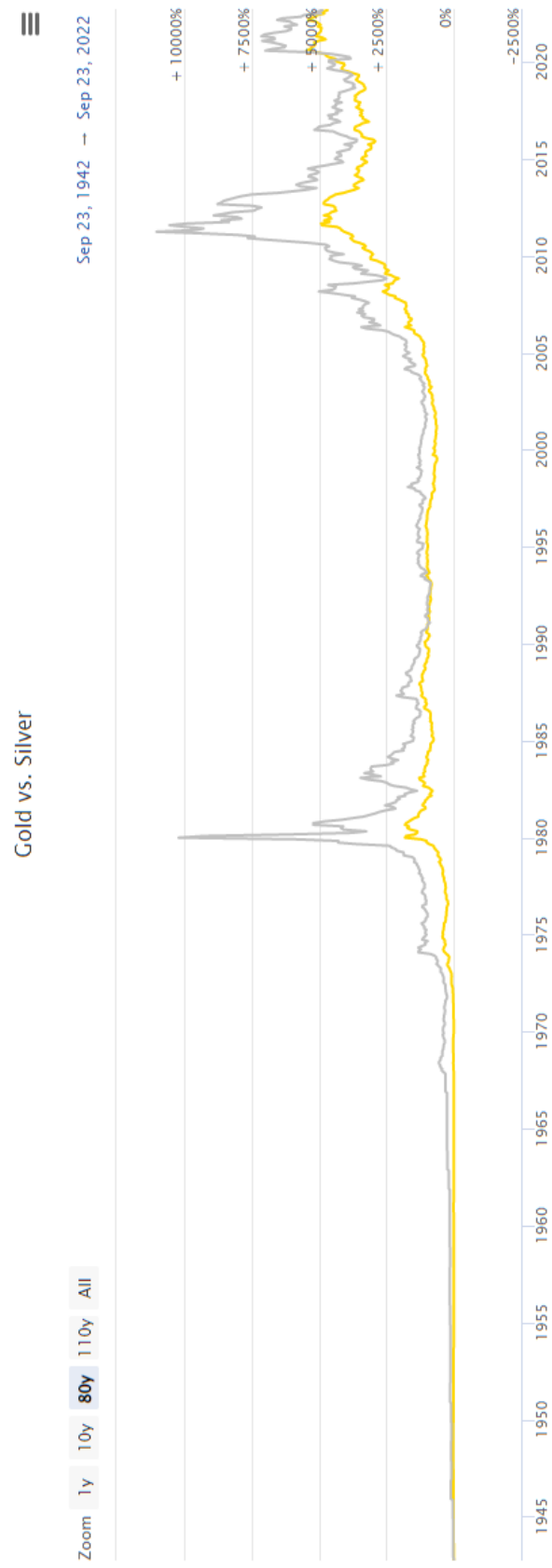
Fórmula 5

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-2} \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 & \dots & \rho_{k-3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{k1} \\ \phi_{k2} \\ \dots \\ \phi_{kx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \dots \\ \rho_k \end{bmatrix}$$

2.2 Gold-Silver Ratio

El gold-silver ratio es la relación entre el precio spot del oro y el precio spot de la plata. Se puede interpretar como la cantidad de onzas de plata necesarias para comprar 1 onza de oro. Este ratio es uno de los ratios mas antiguos en la historia de las finanzas, data desde mismo los antiguos egipcios, donde habrá alcanzado un nivel de 1:1, el imperio romano que seteó este mismo en 12:1 y finalmente el gobierno de US corrigió el ratio a 15:1 en 1792. A medida que se fueron descubriendo nuevas minas de oro y plata este ratio fue ganando volatilidad. Hasta llegar ahora al siglo 21 donde el ratio varía en base a los precios de mercado de ambos activos, donde sus valores tocaron un valor mínimo de 32 en 2011, en línea con la recuperación económica luego de la explosión de la crisis de hipotecas subprime en US, y máximo de 125 en 2020 en línea con la crisis de covid19 y la inestabilidad económica en ese momento.

Gráfico 1



Este indicador se ha ido popularizando en el area del trading de forma de poder sacar el mayor partido posible al timing de cuando un trader debe posicionarse en oro y cuando en plata.

2.3 Series de Tiempo aplicada a Gold-Silver Ratio

En primer lugar, el horizonte de estudio será septiembre 2000 hasta agosto 2022. Se obtienen los cierres ajustados de ambos activos desde *Yahoo! Finance* y se empieza a evaluar la información en Excel.

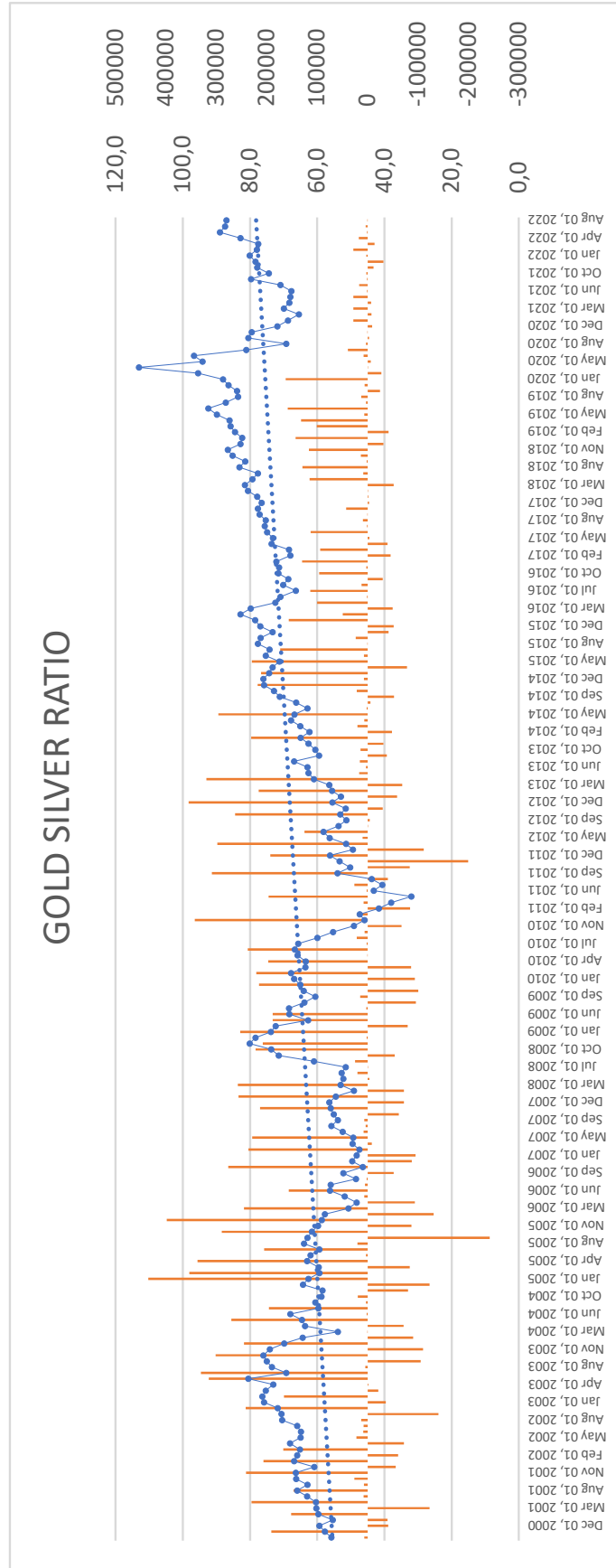
En dicho periodo ambos activos tuvieron una correlación del 87%

Tabla 1

	<i>Gold</i>	<i>Silver</i>
<i>Gold</i>	1	
<i>Silver</i>	0,87072275	1

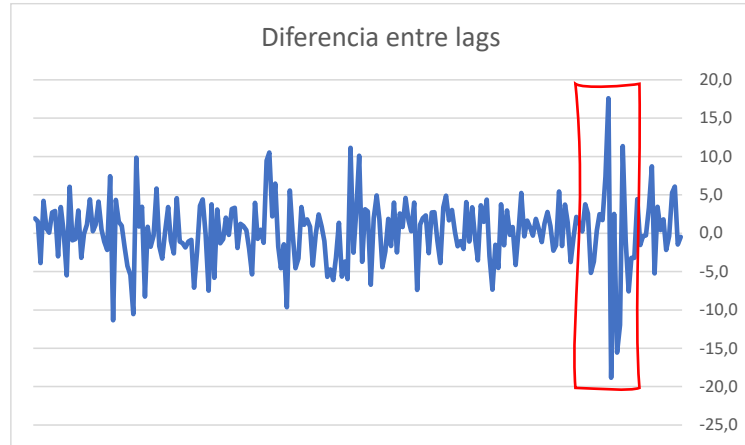
Si se grafica su evolución y volumen en este horizonte de tiempo se obtiene un comportamiento con una leve tendencia al alza en la cotización del ratio, y a la baja en volumen operado de oro - plata

Gráfico 2



Se empieza con la evaluación en una temporalidad mensual. Si se evalúa su evolución en estos 22 años se encuentra un movimiento que se puede considerar estacionario, pero con un cierto nivel de heteroscedasticidad

Gráfico 3



La heteroscedasticidad significa que la varianza no se mantuvo homogénea en el periodo de tiempo evaluado, este concepto es importante de considerar ya que nos puede llevar a errores en la varianza de nuestro modelo. En este ejemplo en particular, el mayor desvío se generó en la crisis de covid19, se modeliza la regresión con esta apertura de 22 años donde este efecto se verá diluido.

Se calcula el ACF y PACF que se muestra a continuación

Gráfico 4

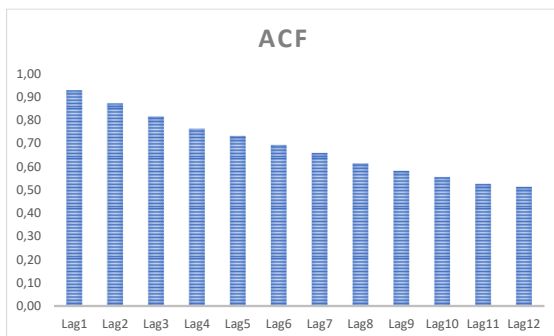
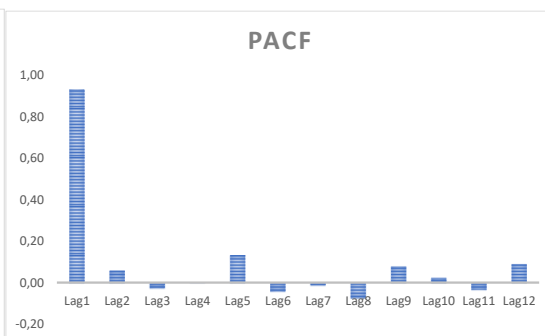


Gráfico 5



De esta manera se puede interpretar que existe una autocorrelación entre los lags del ratio y en una temporalidad mensual el orden de regresión óptimo a considerar debería ser $k=1$

Con el fin de comprobar esta misma premisa se calcula la regresión mediante Excel utilizando 10 lags. De la misma se obtiene la siguiente regresión con un 88% de R^2

Tabla 2

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	93,8%
Coefficiente de determinación R ²	88,1%
R ² ajustado	87,5%
Error típico	4,4199
Observaciones	215

Es interesante observar 2 puntos en los resultados de los coeficientes a continuación. En primer lugar, se comprueba que el orden $k=1$ en el PACF también es el orden óptimo evaluado a través del p-value (“Probabilidad” en la “Tabla 3”) de la regresión. En segundo lugar, se comprueba que el coeficiente del lag1 que es 0,88 converge al valor de PACF (1) calculado arriba, este era otro concepto que se destacó en el PACF más arriba.

Tabla 3

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	3,37	1,86	1,81	7%
Lag1	0,88	0,07	12,56	0%
Lag2	0,07	0,09	0,77	44%
Lag3	0,02	0,09	0,22	82%
Lag4	-0,15	0,09	-1,66	10%
Lag5	0,18	0,09	1,91	6%
Lag6	-0,04	0,09	-0,41	68%
Lag7	0,08	0,09	0,91	37%
Lag8	-0,18	0,09	-1,99	5%
Lag9	0,09	0,09	0,93	35%
Lag10	0,01	0,07	0,12	91%

Entonces, en pos de conseguir la regresión más eficiente para describir el comportamiento del ratio en temporalidad mensual, tendría que ser usado solamente lag1, pero aún queda el interrogante de si pudiera mejorar la asertividad del modelo considerando la variable volumen ¿Existirá una relación entre el movimiento del ratio y el volumen operado en ese momento por el oro o la plata que nos pueda ayudar a pronosticar el movimiento siguiente? Se realiza una prueba con una regresión lag1 + volumen oro-plata para saber qué relación existe, lamentablemente se encuentra que el dato de volumen no es un buen pronosticador del siguiente movimiento en conjunto con el lag1

Tabla 4

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	4,08	1,66	2,46	1%
Lag1	0,94	0,02	38,52	0%
Dif Vol	0,00	0,00	-0,79	43%

Por lo tanto, se avanzará con una regresión construida solamente con el lag1 la cual tiene las siguientes características:

Tabla 5

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	93,5%
Coefficiente de determinación R ²	87,5%
R ² ajustado	87,4%
Error típico	4,424
Observaciones	215

Vale la pena destacar que se ha simplificado la ecuación de 10 coeficientes a 1 coeficiente y una ordenada al origen y nuestro R² ha variado de 88,1% a 87,5% y el error típico prácticamente no se ha movido; una variación muy pequeña frente al beneficio de simplificación del modelo.

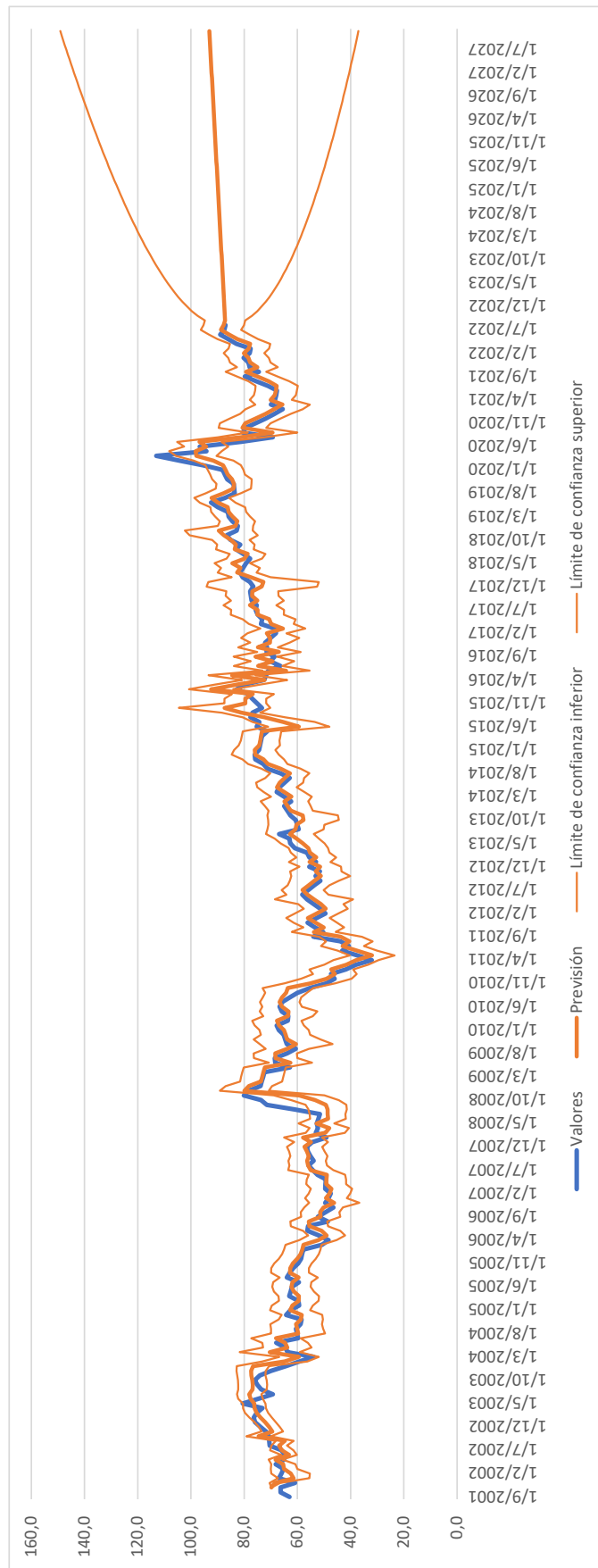
A continuación, se hace uso de la herramienta de estadística del Excel para poder graficar el resultado del pronóstico con límites de banda de 95% de confianza (herramienta Excel: "Previsión"). Se observa que al final del periodo analizado proyecta para adelante con un cono de bandas de probabilidad hacia donde podría desviar el ratio a medida que avanza el tiempo. Este dato es interesante debido a que expone la evolución del error de pronóstico con el tiempo. Esta gráfica es construida en base a una distribución de comportamiento normal, asume un drift (tendencia) que se mantendrá constante y es igual a su tendencia según histórico, sin una estacionalidad o variación; un desvío constante en el tiempo y una apertura según un intervalo de confianza del 95%; sin la herramienta del Excel, también es posible obtener la gráfica mediante simulación de Montecarlo. Se observa de forma cónica debido a que inicialmente se expande con mayor magnitud y a medida que avanza el tiempo la apertura incremental empieza a perder fuerza.

También podemos calcular la gráfica ordenando la serie estudiada con el tiempo y aplicando la formula "Pronostico.ETS.Confint(Fecha deseada a estimar, Datos reales, Fechas de datos reales)" con dicha formula se calculará el racional descripto arriba: área de probabilidad al 95% de confianza según lo alejada que esta la fecha deseada a calcular de las fechas de los datos reales:

Gráfico 6

C256 =PRONOSTICO.ETS(A256;\$B\$2:\$B\$253;\$A\$2:\$A\$253;1;1)					
	A	B	C	D	E
1	Escala de tiempo	Valores	Previsión	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
2	1/9/2001	62,9			
3	1/10/2001	66,3			
4	1/11/2001	66,4	69,73	69,73	69,73
5	1/12/2001	60,9	68,50	66,55	70,45
6	1/1/2002	66,9	61,41	55,52	67,30
7	1/2/2002	66,0	62,54	55,31	69,78
253	1/8/2022	87,0	87,68	80,10	95,27
254	1/9/2022		87,15	79,58	94,72
255	1/10/2022		87,25	77,06	97,44
256	1/11/2022		87,34	75,07	99,61
257	1/12/2022		87,44	73,39	101,48
258	1/1/2023		87,53	71,91	103,16

Grafico 7



2.4 Estrategias de Trading Temporalidad Mensual

La primera observación que se detecta en este modelo es que hay ciertos periodos de tiempo donde los datos originales se escaparon de las bandas del 95% de confianza. Se podría diseñar una estrategia que opere el ratio cuando el mismo se encuentra por fuera de las bandas proyectando que volverá a converger dentro de las bandas en su movimiento siguiente:

Por lo tanto, se programa la siguiente operación durante los 22 años de estudio:

- Si el ratio se encuentra por encima del intervalo del 95% de confianza del modelo, operar long plata y short oro. Interpretando que caerá en búsqueda del intervalo del modelo
- Si el ratio se encuentra por debajo del intervalo del 95% de confianza del modelo, operar long oro y short plata.
- Si el ratio se encuentra dentro del 95% de confianza del modelo, no operar, invertir el dinero en money market.

Para esta última opción, se ha exportado la tasa de rendimiento de money market histórica para cada mes de estos 22 años pasados. Si para un determinado mes, el valor se encuentra dentro del rango de no operar, se busca la tasa de interés que estuvo vigente durante ese mes y se aplica esa tasa de rendimiento al capital en ese momento. Finalmente, para tener un valor promedio se consolida todos los rendimientos pasados en money market y se calcula una tasa equivalente media durante todo el periodo. Se muestra a continuación parte de las tasas históricas:

Tabla 6

Tasas libre de riesgo					
Fecha	Último	Apertura	Máximo	Mínimo	% var.
ago-22	2,775	2,67	2,902	2,521	4,42%
jul-22	2,658	3,022	3,101	2,618	-11,90%
jun-22	3,017	2,864	3,498	2,833	5,86%
may-22	2,849	2,932	3,203	2,706	-3,00%
abr-22	2,938	2,352	2,981	2,352	25,26%
mar-22	2,345	1,84	2,557	1,668	28,74%
feb-22	1,822	1,787	2,065	1,739	2,12%
ene-22	1,784	1,531	1,902	1,529	17,99%
dic-21	1,512	1,477	1,56	1,335	3,82%
nov-21	1,456	1,575	1,693	1,412	-6,71%
oct-21	1,561	1,501	1,705	1,453	4,58%
sep-21	1,492	1,317	1,567	1,26	14,18%
ago-21	1,307	1,237	1,379	1,127	6,65%
jul-21	1,226	1,47	1,485	1,128	-16,51%
jun-21	1,468	1,608	1,639	1,354	-7,13%
may-21	1,581	1,631	1,707	1,469	-2,78%
abr-21	1,626	1,737	1,753	1,528	-6,77%
mar-21	1,744	1,395	1,776	1,383	23,99%
feb-21	1,407	1,071	1,614	1,06	31,38%

Como resultado de la simulación obtenemos:

Tabla 7

KPIs	GSRM1	Bench BH	Farol
Tasa Equiv	5,38%	10,53%	●
Money Market	3,14%	0,0%	●
Max Drawdown	39%	43%	●
Time to WL	4,50 años	7,42 años	●
Sharpe	0,36	0,61	●
Operadores	12%	0%	●
WR	96%	57%	●
Odds	0,44%	0,84%	●

Definiciones:

Tasa Equivalente: Tasa efectiva anual de retorno evaluada por cierre ajustado

Max Drawdown: Máxima caída sufrida desde un ATH hasta su valor siguiente mínimo

Time to Waterline: tiempo que tardo en recuperarse desde el mínimo hasta sobrepasar el ATH

Operadores: cantidad de veces que la estrategia ha operado de forma activa durante los 22 años, mientras menor este número, mejor en términos de ahorro de costos transaccionales

WR: porcentaje de veces que la operación devuelve una ganancia al operar

Odds: Renta promedio que devuelve la estrategia en su temporalidad

La estrategia se plantea como una oportunidad de inversión que disminuye el riesgo de drawdown comparado al benchmark, pero en contraposición reduce el rendimiento esperado con un sharpe aún menor que el benchmark, es decir que, en comparación, reduce mayormente el rendimiento de lo que reduce el desvío. Mas allá de tener un WR bien alto, no se presenta como una estrategia óptima. Tiene un 12% de operadores, lo que es similar a mencionar que un 88% del tiempo esta invertido en money market, durante este tiempo la tasa promedio fue de 3,14% efectiva anual

Se plantea una segunda posible estrategia que consiste en operar observando el valor del ratio vs el pronóstico del modelo en exactamente el mismo momento, con la interpretación de “reversión a la media”. Se utiliza la herramienta “Solver” para poder evaluar si existe un margen de seguridad para poder operar, es decir, no se buscará solo que el valor real este por encima o por debajo del pronóstico; se buscará que este valor supere un +/-X% del pronóstico para operar. Se busca maximizar a través de la banda, el retorno obtenido en la implementación de la estrategia; el valor óptimo sugerido por la herramienta “Solver” es una banda de 14,5%, es decir, si se toma una banda de no operación de 15% se tendrían más operaciones en money market en lugar de operar long y short en los activos, perdiendo operaciones ganadoras; si se reduce a 14% se entraría a long y short en los activos mayor cantidad de veces con resultados desfavorables. El valor que maximiza el retorno esperado maximizando las entradas ganadoras y minimizando las perdedoras es 14,5%.

A continuación, se demuestra el cálculo realizado por la herramienta “Solver” en detalle:

En el Excel se plantea la necesidad de maximizar el retorno esperado en estos 22 años. La estrategia a través del cálculo de la columna “Operador” sugiere continuamente entradas que no son rentables, se inicia entonces el proceso abriendo el cuadro de “Solver” y eligiendo la celda a maximizar que es “Resultado” y la celda a modificar que es “Margen”

Gráfico 8

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: **\$I\$13**

Para: Máx Mín Valor de: 0

Cambiar las celdas de variables: **\$P\$10**

Sujeto a las restricciones:

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: GRG Nonlinear

Método de resolución
 Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Resolver

Fecha	Gold	Silver	Position G	Position S	Interes	Resultado	Ratio	Operador	Regresión	
1/8/2022	Aug 01, 2022	1.799	21	-0,5	41,9	0,0	862,40	87,0	1,0	86,4
1/7/2022	Jul 01, 2022	1.763	20	0,5	-42,3	0,0	887,17	87,5	-1,0	87,8
1/6/2022	Jun 01, 2022	1.804	20	-0,5	45,1	0,0	851,96	89,0	1,0	82,0
1/4/2022	Apr 01, 2022	1.909	23	-0,5	42,4	0,0	915,03	82,9	1,0	77,1
1/3/2022	Mar 01, 2022	1.949	25	-0,5	39,0	0,0	976,21	77,6	1,0	77,4
1/2/2022	Feb 01, 2022	1.899	24	0,5	-39,1	0,0	980,95	78,0	-1,0	79,5
1/1/2022	Jan 01, 2022	1.795	22	-0,5	43,5	0,0	952,10	80,2	1,0	77,8

Margen: 0,0%

La columna “Operador” une las variables “Margen” y “Resultado” sugiriendo operar mediante la siguiente formula:

$SI(\text{Margen de operación} < \text{Diferencia de Precio Ratio y Estimación Regresión}; \text{“Operar”}; SI(-\text{Margen de operación} > \text{Diferencia de Precio Ratio y Estimación Regresión}; \text{“Operar”}; \text{en otro caso “NO operar”})$

Por lo tanto, la variable libre a iterar será Margen de operación y la variable a maximizar será “Resultado”. Se obtiene entonces el valor de margen de 14,5% con el siguiente valor en columna “Resultado”. Se observa cómo se evita ingresar en operaciones no satisfactorias vs el caso visto sin margen

Tabla 8

Fecha	Gold	Silver	Position G	Position S	Interes	Resultado	Ratio	Operador
1/8/2022 Aug 01, 2022	1.799	21	0,0	0,0	8,7	3.762,80	87,0	0,0
1/7/2022 Jul 01, 2022	1.763	20	0,0	0,0	8,3	3.754,12	87,5	0,0
1/6/2022 Jun 01, 2022	1.804	20	0,0	0,0	9,4	3.745,82	89,0	0,0
1/4/2022 Apr 01, 2022	1.909	23	0,0	0,0	9,1	3.736,43	82,9	0,0
1/3/2022 Mar 01, 2022	1.949	25	0,0	0,0	7,3	3.727,30	77,6	0,0
1/2/2022 Feb 01, 2022	1.899	24	0,0	0,0	5,6	3.720,04	78,0	0,0
1/1/2022 Jan 01, 2022	1.795	22	0,0	0,0	5,5	3.714,40	80,2	0,0
1/12/2021 Dec 01, 2021	1.828	23	0,0	0,0	4,7	3.708,88	78,3	0,0
1/11/2021 Nov 01, 2021	1.774	23	0,0	0,0	4,5	3.704,21	77,9	0,0
1/10/2021 Oct 01, 2021	1.783	24	0,0	0,0	4,8	3.699,73	74,5	0,0

Para atención del lector, se mostrará cual hubiera sido el resultado con margen de 15% (“Tabla 9”) y del 14% (“Tabla 10”)

Tabla 9

Fecha	Gold	Silver	Position G	Position S	Interes	Resultado	Ratio	Operador
1/8/2022 Aug 01, 2022	1.799	21	0,0	0,0	8,2	3.559,08	87,0	0,0
1/7/2022 Jul 01, 2022	1.763	20	0,0	0,0	7,8	3.550,87	87,5	0,0
1/6/2022 Jun 01, 2022	1.804	20	0,0	0,0	8,9	3.543,02	89,0	0,0
1/4/2022 Apr 01, 2022	1.909	23	0,0	0,0	8,6	3.534,14	82,9	0,0

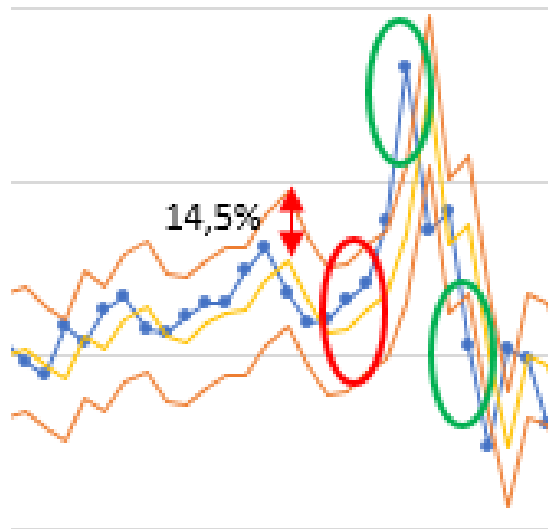
Tabla 10

Fecha	Gold	Silver	Position G	Position S	Interes	Resultado	Ratio	Operador
1/8/2022 Aug 01, 2022	1.799	21	0,0	0,0	7,8	3.378,62	87,0	0,0
1/7/2022 Jul 01, 2022	1.763	20	0,0	0,0	7,4	3.370,82	87,5	0,0
1/6/2022 Jun 01, 2022	1.804	20	0,0	0,0	8,4	3.363,37	89,0	0,0
1/4/2022 Apr 01, 2022	1.909	23	0,0	0,0	8,2	3.354,94	82,9	0,0
1/3/2022 Mar 01, 2022	1.949	25	0,0	0,0	6,5	3.346,74	77,6	0,0

Dejando demostrado que 14,5% genera un máximo en el valor de retorno para esta estrategia.

Para ilustrar más gráficamente este parámetro de margen se muestra abajo el uso de este. Se crea una banda de no operación de un tamaño de 14,5% de diferencia vs la regresión, siempre que el precio cotice por fuera de dichas bandas se operará buscando que el precio vuelva a introducirse dentro de las bandas, la zona roja es de no operación, sería de money market y la zona verde sería la de operación, la línea azul representa el precio observado y la amarilla el precio pronosticado por la regresión:

Gráfico 9



Entonces la estrategia es:

- Si el ratio se encuentra un 14,5% por encima del pronóstico del modelo calculado para este mismo mes que se observa el valor real; operar long plata y short oro. Interpretando que caerá en búsqueda de la media del modelo
- Si el ratio se encuentra un 14,5% por debajo del pronóstico del modelo calculado para este mismo mes que se observa el valor real; operar Long Oro y Short Plata.
- Si el ratio se encuentra dentro del 14,5% del pronóstico del modelo calculado para este mismo mes que se observa el valor real; no operar, invertir el dinero en money market

Como resultado de la simulación obtenemos

Tabla 11

KPIs	GSRM2	Bench BH	Farol
Tasa Equiv	7,32%	10,53%	●
Money Market	3,12%	0,0%	●
Max Drawdown	17%	43%	●
Time to WL	1,83 años	7,42 años	●
Sharpe	0,71	0,61	●
Operadores	7%	0%	●
WR	98%	57%	●
Odds	0,59%	0,84%	●

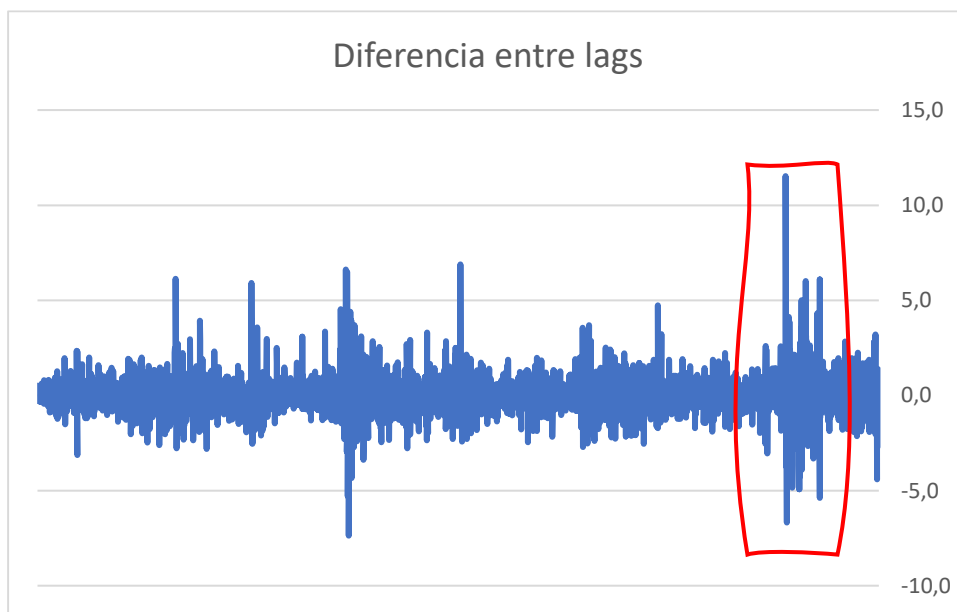
Esta estrategia logra mejorar el rendimiento esperado vs la anterior pero aún no supera al bench, aunque reduciendo enormemente el riesgo, por lo tanto, mejorando el indicador de sharpe. Se nota también

una ventaja significativa en los valores de drawdown y time to water line, donde solo cae un 17% y tarda aproximadamente 2 años en recuperar su nivel. Obtiene un win rate del 98% aunque arroja solo un 7% de operadores en 22 años, es decir, un 93% del tiempo esta invertido en money market a una tasa promedio de 3,12% efectiva anual

2.5 Estrategias de Trading Temporalidad Diaria

Para la temporalidad diaria se observa mismo comportamiento estacionario y también mismo efecto de heteroscedasticidad concentrado en la crisis de covid19. Se actuará de misma forma que se ha hecho con la temporalidad mensual, analizando la serie completa en búsqueda de la fórmula que represente mejor el comportamiento del ratio

Gráfico 10



Se comienza igualmente que con la temporalidad mensual; con el cálculo de ACF y PACF para identificar la existencia de una autocorrelación y su nivel de orden de regresión.

Gráfico 11

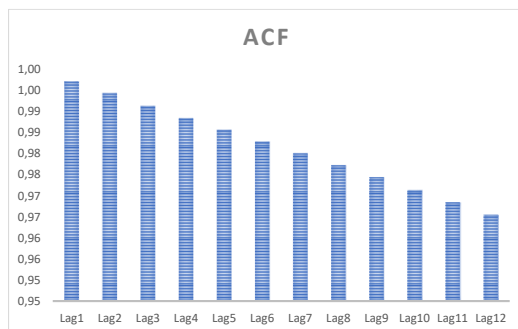
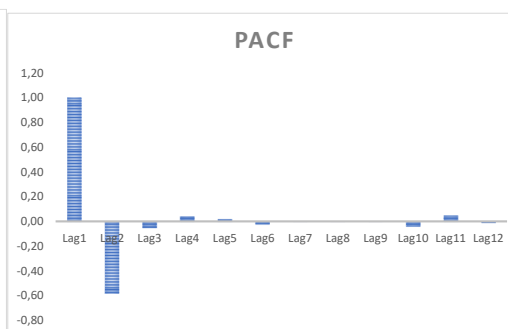


Gráfico 12



De esta forma nuevamente se interpreta que existe una correlación con sus lags de un posible orden $k=2$, existiendo un coeficiente positivo y otro en menor medida negativo. Se avanza con el estudio de

la regresión mediante Excel para poder llegar a la fórmula de un modelo autorregresivo. Se encuentra una relación de R² del 99%

Tabla 12

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	1,00
Coefficiente de determinación R ²	99%
R ² ajustado	99%
Error típico	0,89
Observaciones	5.496

Al evaluar los coeficientes de la regresión se encuentra con una relación según el p-value significativa de los primeros 3 lags, pero también incluyen cierto nivel explicativo el lag 9 y lag 10

Tabla 13

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	0,17	0,07	2,63	1%
Lag1	0,97	0,01	71,89	0%
Lag2	0,08	0,02	4,19	0%
Lag3	-0,07	0,02	-3,93	0%
Lag4	-0,01	0,02	-0,29	77%
Lag5	0,03	0,02	1,47	14%
Lag6	0,01	0,02	0,46	64%
Lag7	0,00	0,02	-0,17	86%
Lag8	0,00	0,02	0,04	96%
Lag9	0,05	0,02	2,58	1%
Lag10	-0,05	0,01	-3,99	0%

Para simplificar el modelo se vuelve a correr la regresión solo teniendo en cuenta los primeros 3 lags. Se encuentra que la regresión mantiene un R² de 99% y mismo nivel de error típico, por lo tanto, se avanza en la construcción del modelo de esta forma

Tabla 14

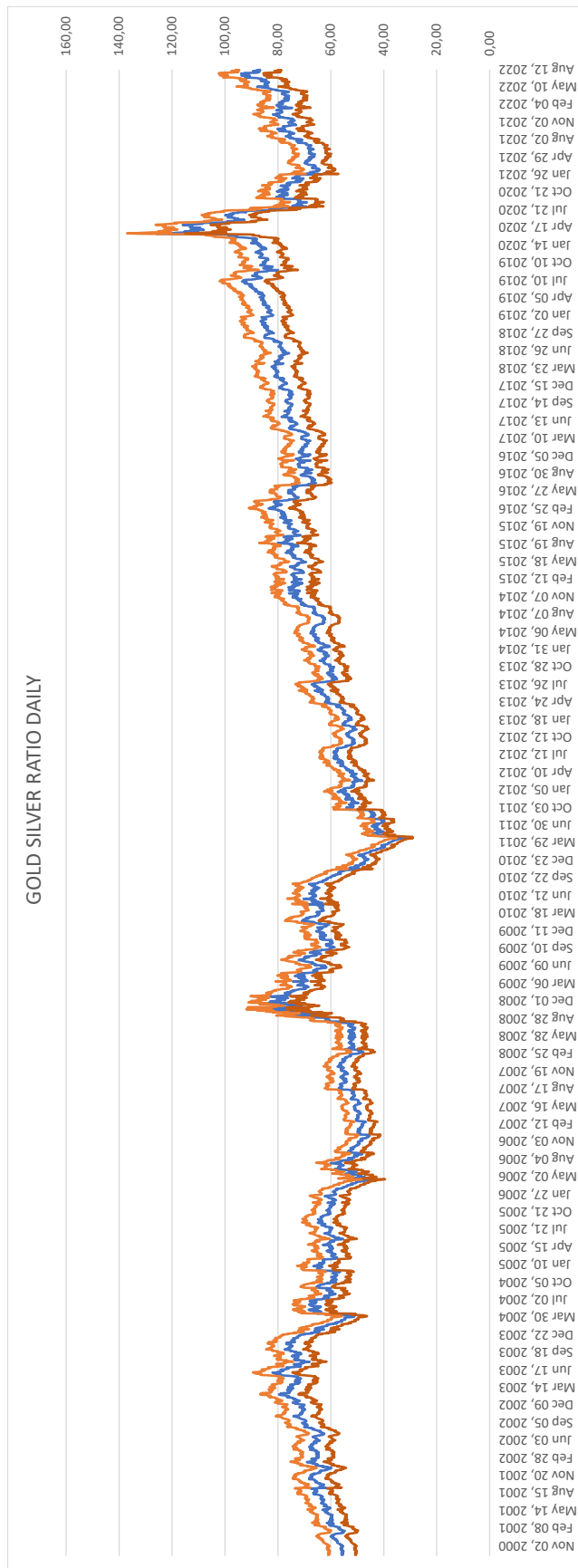
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	1,00
Coefficiente de determinación R ²	99%
R ² ajustado	99%
Error típico	0,89
Observaciones	5496

Tabla 15

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	0,17	0,07	2,60	1%
Lag1	0,97	0,01	71,91	0%
Lag2	0,08	0,02	4,18	0%
Lag3	-0,05	0,01	-3,71	0%

A continuación, se grafica el modelo obtenido con sus bandas de 95% de confianza:

Gráfico 13











En esta oportunidad se busca evaluar la estrategia que fue más efectiva en la modalidad mensual, se busca operar según el desvío presentado entre el valor real vs el pronóstico obtenido el mismo día del pronóstico, asumiendo un margen de acción de 0,0136% obtenido mediante herramienta “Solver”. De esta manera se programa el siguiente plan de trading:

- Si el ratio se encuentra un 0,0136% por encima del pronóstico del modelo para el mismo día de la observación del dato real; operar long plata y short oro. Interpretando que caerá en búsqueda de la media del modelo
- Si el ratio se encuentra un 0,0136% por debajo del pronóstico del modelo para el mismo día de la observación del dato real; operar long oro y short plata.
- Si el ratio se encuentra dentro del 0,0136% del pronóstico del modelo para el mismo día de observación del dato real; no operar, invertir el dinero en money market

Como resultado de la simulación obtenemos lo siguiente

Tabla 16

KPIs	GSRD1	Bench BH	Farol
Tasa Equiv	12,22%	10,53%	
Money Market	2,07%	0,0%	
Max Drawdown	51%	43%	
Time to WL	4,68 años	7,42 años	
Sharpe	0,59	0,61	
Operadores	99%	0%	
WR	53%	57%	
Odds	0,05%	0,04%	

Esta estrategia obtiene un beneficio superior en el rendimiento esperado superando inclusive al bench, aunque se observa un aumento del nivel de riesgo frente al benchmark lo cual se expone en un sharpe menor. Si bien la caída en su peor momento es mayor a la de Buy&Hold, logra recuperarse en un menor tiempo. Por otro lado, el win rate no es significativamente superior al 50% lo cual provoca también un nivel de riesgo que debe ser gestionado mediante estrategias de control de riesgos, diversificando lo máximo posible lo invertido en cada oportunidad de entrada. Por último, el punto alto de operadores; si bien es de utilidad que el modelo entregue varias oportunidades de entrada, esto provoca que se generen excesivos costos transaccionales de entrada y salida, lo cual tenderá en la práctica a disipar un nivel de las ganancias. Esta estrategia resulta atractiva por el alto valor de rendimiento esperado, pero también posee un riesgo alto asociado. También se deduce que estuvo un 1% del tiempo invertido en money market, a una tasa promedio de 2,07% efectiva anual

Se ha evaluado también para ambas temporalidades el modelo MA, generando una regresión mediante los errores obtenidos entre los valores observados y una media móvil de estos. Al generar dicha regresión se ha obtenido exactamente los mismos resultados que con el modelo AR, por esta razón no se profundiza en esos cálculos en este trabajo.

2.6 BTC-ETH Ratio

El mundo de las criptomonedas se presenta como una oportunidad de inversión OTC con una expresiva volatilidad bien superior a las inversiones tradicionales. Las 2 monedas de mayor capitalización son BTC y ETH las cuales por su peso dentro del mercado se suelen evaluar sus tendencias como para poder encontrar indicios hacia donde puede estar direccionándose este mercado. Si se evalúa como evolucionó su ratio en el tiempo se encuentra también con una gráfica bien interesante para ser evaluada con la misma estrategia que se ha estudiado.

Para estos activos, estaremos evaluando el periodo de cotización de noviembre 2017 hasta agosto 2022, aproximadamente 5 años.

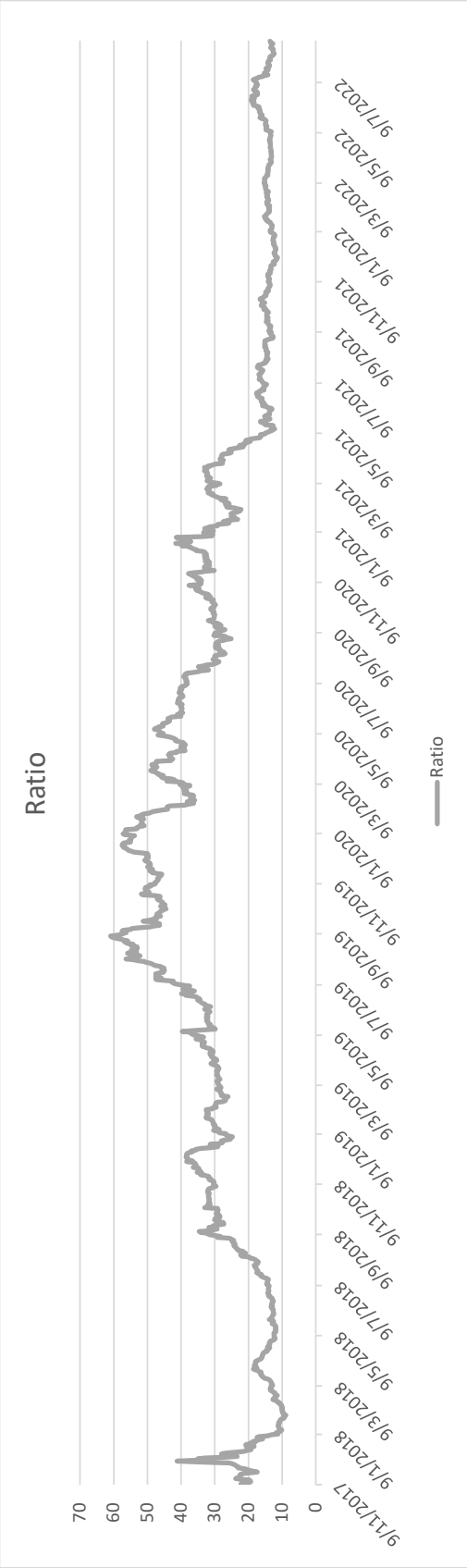
Para comenzar, BTC y ETH posee una alta correlación, llegando a superar inclusive la de oro-plata:

Tabla 17

	<i>BTC</i>	<i>ETH</i>
<i>BTC</i>	1	
<i>ETH</i>	0,92615669	1

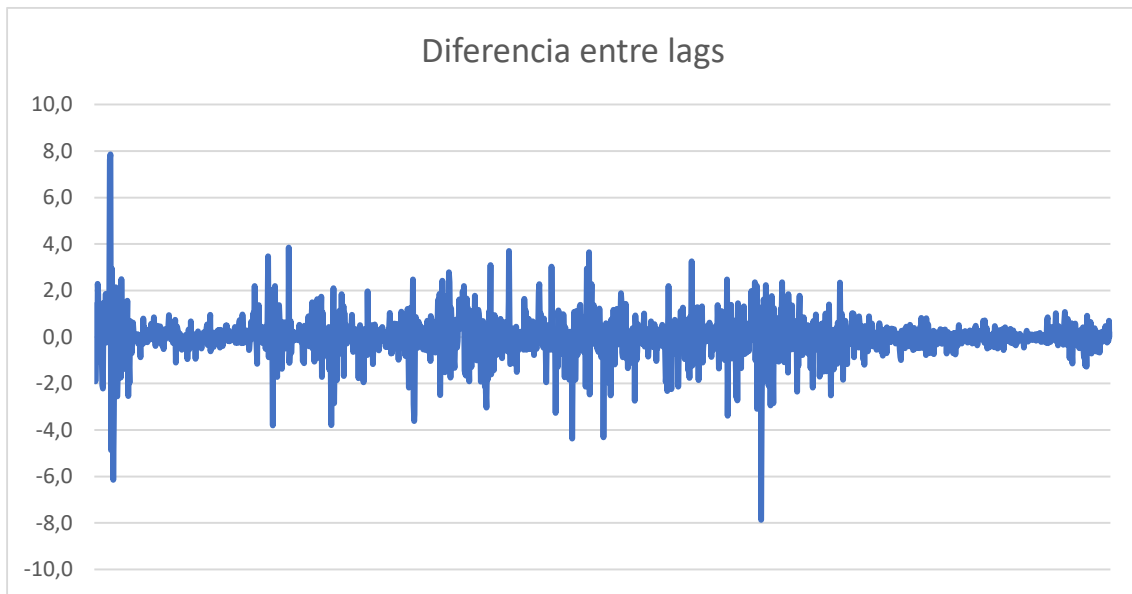
Si se grafica su comportamiento durante este periodo se encuentra un ratio que ha estado variando desde mínimos de 9 hasta máximos de 60:

Gráfico 14



Para este ratio solo se evalúa temporalidad diaria, si se grafica la diferencia entre lags para estos 5 años se obtiene una serie de datos que parece comportarse de forma estacionaria, pero también se identifican efectos de heteroscedasticidad bien marcados que en el último tiempo han ido tendiendo a reducir dicha volatilidad en el ratio

Gráfico 15



Con el fin de continuar con el análisis por el momento se seguirá adelante con la evaluación de la regresión mediante la herramienta de serie de tiempo. Se calcula los parámetros de ACF y PACF para saber si hay una oportunidad de aplicar el modelo AR

Gráfico 16

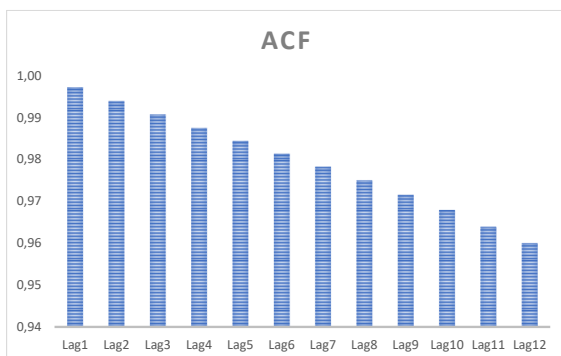
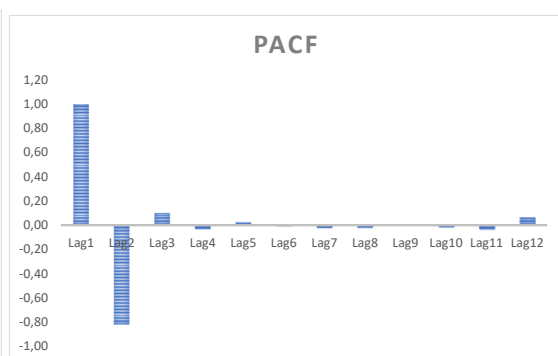


Gráfico 17



Se encuentra una serie de datos que posee autocorrelación y que tendería a tener un orden de modelo AR $k=2$ con una componente positiva y otra componente negativa.

Se avanza entonces con construir el modelo mediante un estudio de regresión con Excel iniciando primero con la evaluación de 10 lags y se encuentra un modelo que se expresa con un R^2 prácticamente del 100%

Tabla 18

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	1,00
Coeficiente de determinación R ²	100%
R ² ajustado	100%
Error típico	0,90
Observaciones	1.744

En este caso como se anticipó con el cálculo de PACF se encuentra que el modelo podría simplificarse a un estudio de lag 1 y lag 2 con una componente positiva y una negativa

Tabla 19

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	0,07	0,05	1,33	18,5%
Lag1	1,11	0,02	46,07	0,0%
Lag2	-0,15	0,04	-4,24	0,0%
Lag3	0,04	0,04	1,23	21,7%
Lag4	-0,01	0,04	-0,18	86,1%
Lag5	-0,01	0,04	-0,22	82,3%
Lag6	0,04	0,04	1,08	27,8%
Lag7	0,01	0,04	0,33	73,8%
Lag8	-0,02	0,04	-0,48	63,5%
Lag9	0,01	0,04	0,35	72,8%
Lag10	-0,03	0,02	-1,38	16,6%

Por lo tanto, se vuelve a correr la regresión, utilizando únicamente los 2 primeros lags y se obtiene que la regresión no pierde en conceptos de R² y error standard

Tabla 20

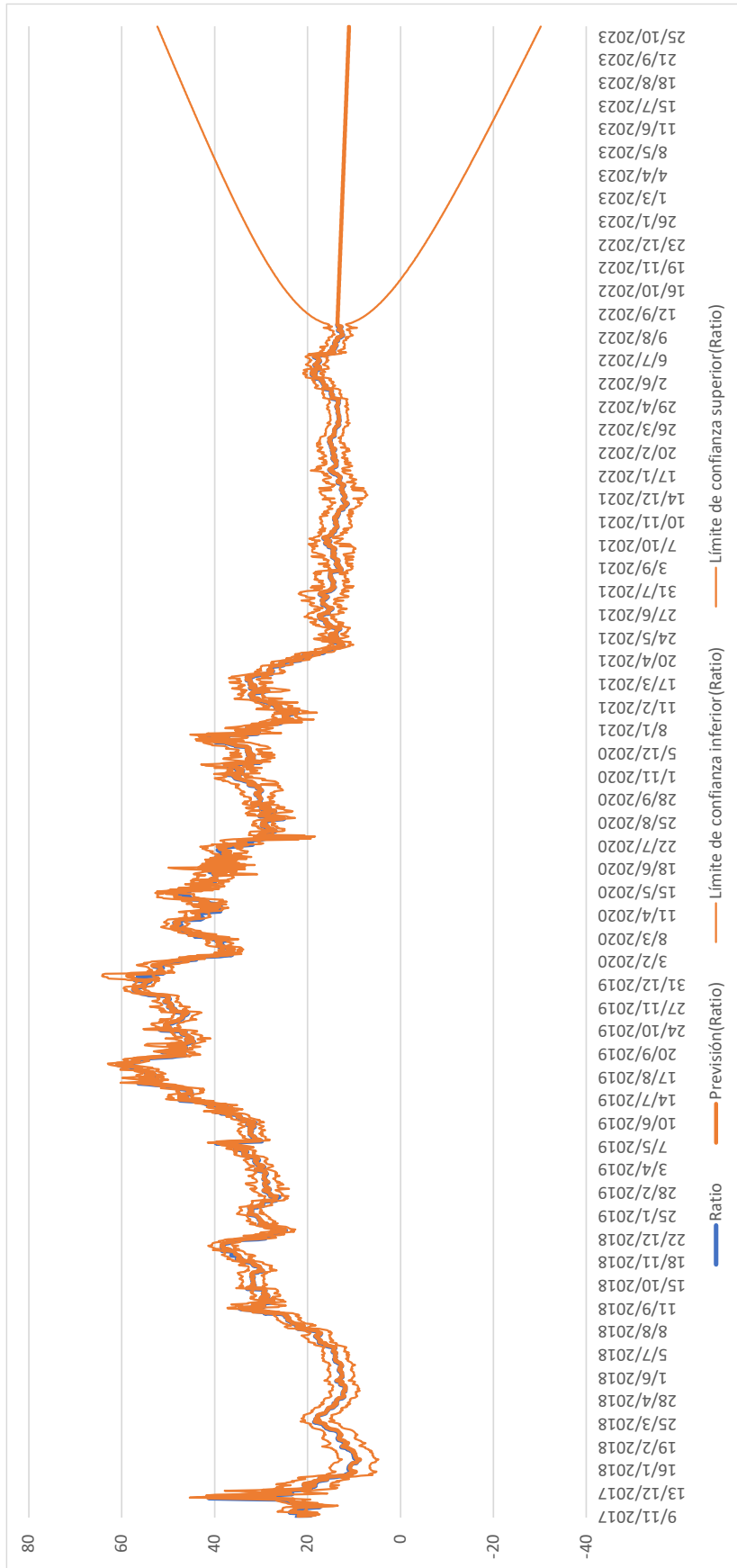
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	100%
Coeficiente de determinación R ²	100%
R ² ajustado	100%
Error típico	0,90
Observaciones	1.744

Tabla 21

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	0,06	0,05	1,23	22%
Lag1	1,10	0,02	46,34	0%
Lag2	-0,11	0,02	-4,47	0%

Se continúa entonces con la fórmula obtenida en esta última regresión y se grafica a continuación el modelo obtenido mediante la herramienta de Previsión del Excel explicada anteriormente, se observa mismo comportamiento del cono en la proyección final:

Gráfico 18



2.7 Estrategias de Trading BTC-ETH temporalidad diaria

Para este ratio de activos se presentarán 2 estrategias que se han evaluado. En primer lugar, se operará con el pronóstico de la regresión identificando la dirección que nuestro modelo plantea que seguirá el ratio en el siguiente día, al igual que en los casos anteriores hace uso de la herramienta “Solver” para el cálculo de un nivel de margen óptimo para generar la operación, la cual nos entrega un valor de 0,05%, por lo tanto:

- Si el ratio se encuentra un 0,05% por encima del pronóstico del modelo para el siguiente día del valor real observado, operar long ETH y short BTC. Interpretando que caerá en búsqueda del pronóstico del modelo
- Si el ratio se encuentra un 0,05% por debajo del pronóstico del modelo para el siguiente día del valor real observado, operar long BTC y short ETH.
- Si el ratio se encuentra dentro del 0,05% del pronóstico del modelo para el siguiente día del valor real observado, no operar, invertir el dinero en money market

Como resultado de la simulación se obtiene los siguientes resultados que se compara contra Buy&Hold de una tenencia del promedio de BTC y ETH

Tabla 22

KPIs	BTCETHD1	Bench BH	Farol
Tasa Equiv	36,85%	24,54%	●
Money Market	1,41%	0,0%	●
Max Drawdown	60%	84%	●
Time to WL	1,74 años	2,96 años	●
Sharpe	0,63	0,35	●
Operadores	84%	0%	●
WR	58%	52%	●
Odds	0,09%	0,06%	●

La estrategia arroja una tasa esperada muy positiva, asociada a un nivel de riesgo de caída menor al benchmark, también con un nivel de tiempo de recuperación más rápido, este expresivo nivel de retorno vs riesgo se ve en un mejor nivel de sharpe. Por otro lado, vale la pena mencionar que este modelo empieza a presentar un nivel de WR más atractivo para operar con un 84% de señales de entrada en un periodo de 5 años, también recordar que un alto número de entradas significa también un alto nivel de costos transaccionales que pueden diluir el retorno. También decanta de este valor que se estuvo un 16% del tiempo invertido en money market a una tasa promedio 1,41% efectiva anual

La siguiente estrategia es un tanto curiosa, pero evaluando los datos históricos se ha observado que este ratio tiene tendencia a comportarse exactamente al revés de lo esperado por el modelo comparado con los datos obtenidos en el mismo día, es decir, anteriormente se evaluó el motor de reversión a la media, este ratio parece tener un motor de “alejamiento” de la media obtenida. Entonces se aprovechará para generar una estrategia con esta observación:

En esta oportunidad se hará entonces lo contrario de lo que se hizo en los esquemas anteriores de reversión a la media. Aquí lo que se hará es evaluar el valor del día vs lo pronosticado por el modelo y si se encuentra por encima del modelo se pronostica que intentará alejarse aún más, se buscará aprovechar la volatilidad implícita en estos activos. Para este caso también se ha calculado un nivel de margen con herramienta “Solver” y se ha obtenido 0,1%, entonces:

- Si el ratio se encuentra un 0,1% por encima del pronóstico del modelo para el mismo día del valor real observado, operar long BTC y short ETH. Interpretando que se alejara aún más del pronóstico del modelo
- Si el ratio se encuentra un 0,1% por debajo del pronóstico del modelo para el mismo día del valor real observado, operar long ETH y short BTC.
- Si el ratio se encuentra dentro del 0,1% del pronóstico del modelo para el mismo día del valor real observado, no operar, invertir el dinero en money market

Obtenemos los siguientes resultados simulando esta estrategia

Tabla 23

KPIs	BTCETH-D2	Bench BH	Farol
Tasa Equiv	83,18%	24,54%	
Money Market	1,36%	0,0%	
Max Drawdown	63%	84%	
Time to WL	2,36 años	2,96 años	
Sharpe	1,40	0,35	
Operadores	96%	0%	
WR	53%	52%	
Odds	0,17%	0,06%	

La estrategia presenta un nivel de retorno esperado extraordinario, con un nivel de drawdown similar al anterior; pero con un tiempo para recuperarse más lento que la anterior estrategia. Este retorno superior supera con creces el nivel de riesgo incremental asumido y esto es reflejado en un sharpe 4x el benchmark. Por otro lado, el nivel de win rate no es expresivamente distinto de 50%, requiere una estrategia de diversificación de riesgo en las entradas para hacer valer estas probabilidades en el tiempo; el nivel de entradas en el tiempo es alto, por lo tanto, hay que cuidar la variable de costos transaccionales. El tiempo invertido en money market es del 4% a una tasa promedio 1,359% efectiva anual

Para este ratio se ha evaluado también el modelo MA obteniendo exactamente los mismos resultados que el modelo AR, por esta razón no se profundizará en este modelo.

2.8 Resumen comparativo entre estrategias evaluadas

A continuación, para comodidad del lector se resumirán todas las estrategias de forma consolidada en mismas gráficas, pero tener bien presente que la inversión en criptoactivos es una operación bien distinta a la operación de oro-plata, desde el punto de vista de volatilidad implícita y riesgo como también desde el

punto de vista de regulación del mercado, participantes en el mismo. Se podría decir que dichos activos oro-plata y BTC-ETH se encuentran en extremos opuestos frente a estas variables.

En el siguiente cuadro se encuentran resumidos los cuadros de resultados de las simulaciones (se recuerdan las definiciones brindadas anteriormente para comodidad del lector):

Definiciones

Tasa Equivalente: Tasa efectiva anual de retorno evaluada por cierre ajustado

Max Drawdown: Máxima caída sufrida desde un ATH hasta su valor siguiente mínimo

Time to Waterline: tiempo que tardo en recuperarse desde el mínimo hasta sobrepasar el ATH

Operadores: cantidad de veces que la estrategia ha operado de forma activa durante los 22 años, mientras menor este número, mejor en términos de ahorro de costos transaccionales

WR: porcentaje de veces que la operación devuelve una ganancia al operar

Odds: Renta promedio que devuelve la estrategia en su temporalidad

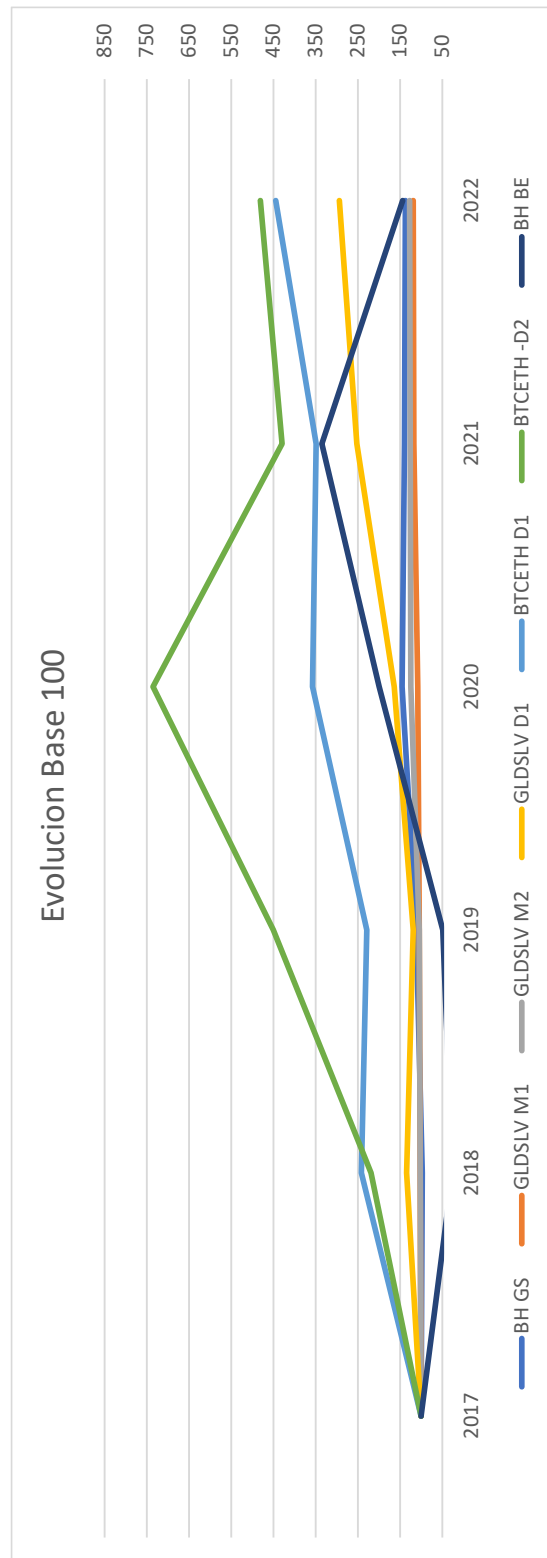
Tabla 24

KPIs	Bench BHGS	GSRM1	GSRM2	GSRD1	BTCETHD1	BTCETH-D2	Bench BHBE
Tasa Equiv	10,53%	5,38%	7,32%	12,22%	36,85%	83,18%	24,54%
Money Market	0,00%	3,14%	3,12%	2,07%	1,41%	1,36%	0,00%
Max Drawdown	43%	39%	17%	51%	60%	63%	84%
Time to WL	7,42 años	4,50 años	1,83 años	4,68 años	1,74 años	2,36 años	2,96 años
Sharpe	0,61	0,36	0,71	0,59	0,63	1,40	0,35
Operadores	0%	12%	7%	99%	84%	96%	0%
WR	57%	96%	98%	53%	58%	53%	52%
Odds	0,84%	0,44%	0,59%	0,92%	1,91%	3,71%	1,33%

Recordar que el valor de odds en los casos diarios esta expresado en días en las simulaciones, aquí se ha convertido a su equivalente mensual para poder hacer la comparación

A continuación se pondrá en común todas las estrategias evaluadas en este trabajo en base 100 para poder comparar todos los casos en una misma escala de tiempo para inicios de 2018 en adelante del benchmark y resto de las estrategias, se observa cómo se destaca la última estrategia de BTC-ETH por las demás pero también como se observa su marcada volatilidad, por otro lado también se observa que las estrategias M1 y M2 no han superado al benchmark en este periodo de tiempo pero se han comportado con un nivel de volatilidad más controlado.

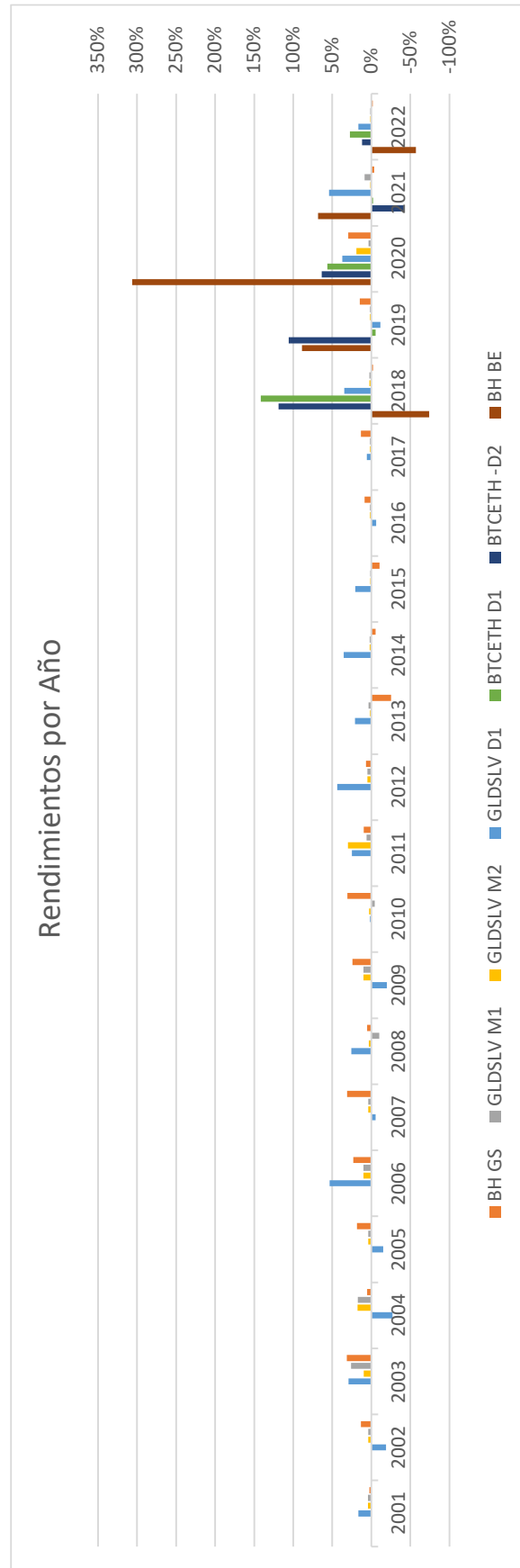
Gráfico 19



También se aprovecha para graficar comparativamente el rendimiento anual que ha tenido cada caso cada año. Es destacable observar como la estrategia de mayor rendimiento de BTC ETH presenta niveles bien altos en sus primeros años, pero luego una caída muy fuerte en el año 2021, estos niveles de volatilidad

tienen que ser bien conocidos para el inversor que decida entrar de esta manera. Por el otro lado se observa una performance más estable de las estrategias M1 y M2 a través del tiempo y una performance del D1 que ha sabido superar al benchmark en varios años pero que en consecuencia también ha perdido de forma negativa más que el benchmark en otros años

Gráfico 20



Conclusiones Finales

Estas estrategias presentan oportunidades de inversión con diferentes niveles de riesgo asociados, y, por lo tanto, no son adecuadas todas por igual al mismo perfil de inversor. No necesariamente se debería ir adelante con la estrategia que presente el retorno esperado más alto, se debe siempre evaluar la naturaleza de inversión mediante el resto de las variables que esta estrategia implica y poder evaluar en su completitud si resulta comfortable con la misma o no.

Por ejemplo, para un inversor más conservador se vería inclinado hacia la estrategia GSRM2, la cual no presenta el mayor rendimiento esperado, pero si el menor riesgo esperado ante un drawdown histórico del 17% con un sharpe muy atractivo en comparación, también niveles de WR altos ante las señales de entrada suele dar una mayor confortabilidad al transitar la estrategia. Esto es una evaluación que cada inversor debe hacer antes de invertir y poder conocer su nivel de aversión al riesgo y nivel de actividad que desea mantener. Adicionalmente también es posible pensar en combinaciones lineales de estas estrategias para poder alcanzar un nivel máximo de retorno sin incrementar mucho el riesgo.

3. Bibliografía

Albright Winston *Business Analytics Data Análisis & Decision Making*

Wiley Finance *Analysis of Financial Time Series*

Yahoo Finance < <https://finance.yahoo.com/>>

4. Anexo



Trabajo final.xlsx

Autorización para publicar los trabajos finales

Completar cada punto con SI o NO:

- **Repositorio Institucional** (*completar con SI o NO*):

__SI_ autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Repositorio Institucional** de la Universidad de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Catálogo en línea** (*completar con SI o NO*):

__SI_ autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Catálogo en línea** (acceso con usuario y contraseña) de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Página web UCEMA** (*completar con SI o NO*):

__SI_ autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en la **página web de la Universidad** como Trabajo destacado, si el mismo obtuviese la distinción correspondiente, con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

Firma digital:



Aclaración: Fernando Garda Olaciregui

DNI: 32.064.670