

CIENCIA UNIVERSIDAD

REVISTA DE ECONOMÍA

No. 42 Enero - Junio de 2021 ISSN 0185-6618



DIFUSIÓN DE RIESGO Y REDES DE COINTEGRACIÓN EN EL MERCADO DE VALORES MEXICANO COMO RESULTADO DE LA CRISIS DE COVID-19.

DANIEL GONZÁLEZ OLIVARES, JAIR SALGADO GARCÍA.

LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN PRIVADA EN SINALOA EN TIEMPOS DE PANDEMIA.

CUAUHTEMOC ESPINOZA.

POLÍTICAS PÚBLICAS DEPORTIVAS EN GOBIERNOS LOCALES. CASO CULIACÁN 2014-2016.

ROSALINDA GÁMEZ GASTÉLUM, PEDRO URTUSUASTEGUI NAVARRO.

EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN Y USO DE LA PLATAFORMA NACIONAL DE TRANSPARENCIA EN CULIACÁN, SINALOA.

SOFÍA KARELY MOLINA ESPINOZA, MARTÍN LEÓN SANTIESTEBAN.

IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SALUD EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ANTE LA CRISIS POR EL CORONAVIRUS COVID-19.

EVA GRISEL CASTRO CORIA, ELSA CALDERÓN ALTAMIRANO.

CALIDAD Y EFECTIVIDAD DE LA PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL CONSEJO DE GESTIÓN DE TURISMO DE JUIZ DE FORA (BRASIL).

DUARTE PIMENTEL, CARVALHO FABIOLA, COSTA BIFANO, FERES ELISA.

DIFUSIÓN DE RIESGO Y REDES DE COINTEGRACIÓN EN EL MERCADO DE VALORES MEXICANO COMO RESULT- TADO DE LA CRISIS DE COVID-19

JAIR SALGADO GARCÍA

Universidad de Guadalajara
Correo electrónico: jair_sg@hotmail.es

DANIEL GONZÁLEZ OLIVARES

Universidad de Guadalajara
Correo electrónico: daniel.gonzalez.o@cucea.udg.mx

Resumen: En este documento se analizan las redes de cointegración y la difusión de riesgo para las acciones de 98 empresas del Mercado de Valores Mexicano. Para el estudio de la difusión de riesgo interno, se presenta un análisis de causalidad de Granger y se detecta el sentido de impacto por sector económico. En los resultados, las redes de 2019 son comparadas con 2020 y se observa una sustancial desintegración, causada principalmente por la pandemia del COVID-19, de los equilibrios a largo plazo de los sectores económicos, con especial protagonismo en las telecomunicaciones y servicios de consumo frecuente. Considerando el camino de difusión de riesgo entre sectores, se presenta un resultado circular involucrando al sector de los materiales (MATE), el sector industrial (INDU) y el financiero (FINA) bajo el siguiente mecanismo $MATE \rightarrow INDU \rightarrow FINA \rightarrow MATE$.

Palabras clave: Redes de cointegración, difusión de riesgo, causalidad de Granger.

Abstract: *In this document we analyze cointegration networks and risk diffusion of 98 Mexican stock market shares. Internal risk diffusion is analyzed throughout the use of causality Granger tests over the Mexican economic sectors. In the results, the 2019 networks are compared in 2020 and it is found that, primarily due to the COVID-19 pandemic, there is a substantial disintegration of the Mexican economic sector, with special emphasis in Telecommunications and Frequent Consumer Services take prominence. Analyzing risk diffusion, a circular path is found which involves the Materials sector (MATE), the Industrial sector (INDU) and the Financial sector (FINA); the diffusion path is as follows $MATE \rightarrow INDU \rightarrow FINA \rightarrow MATE$.*

Keywords: Cointegration networks, risk diffusion, Granger causality.

INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XX las crisis financieras se asociaron con pánicos bancario y muchas recesiones coincidieron con estos pánicos (Aliber & Kindleberger, 2017), otras situaciones que a menudo se denominan crisis financieras son las caídas de los mercados de valores y el estallido de burbujas, las crisis monetarias y los impagos soberanos (Aliber & Kindleberger, 2017). Por su parte el estudio del término "contagio" se introdujo por primera vez en 1997, cuando la crisis monetaria tailandesa se extendió rápidamente por todo Asia Oriental, Rusia y Brasil en menos de 2 meses (Claessens & Forbes, 2001).

En 2008 la crisis de las hipotecas subprime se propagaría de Estados Unidos al resto del mundo. De acuerdo con el Banco de Pagos Internacionales el tamaño de los activos titulizados de las hipotecas de alto riesgo en 2007 era menos del 4 por ciento del sistema financiero estadounidense y aun así tuvo un impacto masivo en todo el sistema. Un choque de un mercado aparentemente pequeño y aislado tuvo un impacto global (Rigobón, 2018).

En los últimos años las crisis financieras han sido responsables de ver a la arquitectura del sistema financiero como causa y determinante de sus naturalezas (Acemoglu et al., 2015). Para entender esto debemos entender que facilitar la transferencia de recursos excedentes entre agentes es el propósito esencial de dicho sistema (Boot & Thakor, 1997) y su arquitectura se refiere al diseño de construcción, al cómo estos agentes se relacionan entre sí para llevar a cabo una transferencia.

Si, por un lado, se intercambia efectivo por un activo de gran liquidez hablaremos del mercado de dinero (e.g., efectivo contra depósito bancario), si, por el contrario, se intercambia por acciones, lo llamaremos mercado accionario o de capitales de renta variable. Similarmente, si se intercambia por bonos, nos referiremos al mercado de deuda; y así sucesivamente, cada activo financiero tiene su mercado donde se comerciará.

Un sistema financiero estará bien diseñado en la medida que los recursos sean asignados eficientemente en los mercados (Boot & Thakor, 1997). Por su parte, los reguladores deben supervisar el funcionamiento, la equidad de los mercados, y mantener un sistema transparente.

Llegado este punto podríamos deducir que cualquier disrupción en el sistema sería corregida por el regulador antes que supusiera un problema mayor. Sin embargo, en la práctica no resulta evidente qué es una disrupción, cómo o dónde inicia, ni si supondrá un riesgo por el

cual se deba intervenir en primer lugar. Más aún, cuando hablamos del regulador del sistema realmente hablamos de una amalgama de diversos organismos que cumplen funciones distintas, e incluso con perfecta coordinación entre organismos, las regulaciones que estos aplican buscan limitar sólo el riesgo de cada entidad financiera de forma aislada. Por ejemplo, el riesgo de crédito y el riesgo de mercado se regulan individualmente pero no de forma coordinada, las regulaciones no están enfocadas en riesgo sistémico i.e., el riesgo de que una crisis en un sector financiero se propague a lo largo de todo el sistema (Acharya & Richardson, 2009, p. 283).

La necesidad de regulación de riesgo sistémico –o de contagio– se ve ilustrada cuando los intermediarios financieros catalogados como demasiado-grandes-para-fallar, en efecto, fallan. El ejemplo por excelencia nos remite a la quiebra de los grandes bancos de inversión de Wall Street en 2008, como Bear Stearns –que fue rescatado–, o Lehman Brotes –que no lo fue–, y el posterior desenlace de la crisis financiera. Los intermediarios, además, poseen riesgo sistémico intrínseco debido al gran nivel de interconectividad del sistema, cuando uno de ellos falla se produce una disrupción que contagia al resto.

La falta de regulación de riesgo sistémico pone en peligro el funcionamiento del sistema a llegada de choques desestabilizadores externos o internos. Esta investigación se enfoca al análisis del riesgo sistémico desde el mercado accionario, la razón de esto, es que las acciones que se comercian guardan relaciones subyacentes entre sí a través de las cuales, a la llegada de choques externos o internos al sistema, se dispersa el riesgo de unas a otras, el cual, es posible analizar dado la rápida actualización de los datos y a su fácil obtención.

En lo que respecta al análisis de choques externos podemos encontrar su estudio dentro de lo que la literatura llama efecto contagio o efecto derrame, donde hay un agente causante y uno o varios receptores. Podemos definir estos efectos como el fenómeno en donde un choque de un país es transmitido a otro. Por su parte, los choques internos son el fenómeno en donde un choque de un sector es transmitido a otro en el mismo país, los cuales pueden ser internos-generales (devaluaciones, recesiones, presiones inflacionarias y cambios en materia fiscal) o monetarias (internos-particulares) que engloban quiebras, fusiones, adquisiciones de empresas, etc.

Si el origen del choque es externo, los valores accionarios en el mercado de capitales asimilarán el choque y respondieron a esta perturba-

ción instantáneamente en forma de variación en sus precios de cotización (cada uno en diferente magnitud). Luego, aquellos títulos influenciados en mayor grado dispararán choques por medio de sus conexiones dentro de la red. Si el origen del choque es interno, por el contrario, no necesariamente todos los valores accionarios serán afectados simultáneamente sino solo aquellos que guarden mayor relación con la parte afectada. Un ejemplo de un choque interno lo encontramos el 27 de enero de 2021, después de la noticia de la hospitalización por COVID-19 del magnate de telecomunicaciones Carlos Slim, las acciones de cuatro de sus empresas que cotizan en bolsa sufrieron pérdidas: América Móvil (AMX L) cayó 1.52 por ciento, Grupo Carso (GCARSO B-1) perdió 3.84 por ciento, Grupo Financiero Inbursa (GFINBUR O) retrocedió 1.71 por ciento y Telesites (SITES B-1) 0.76 por ciento, fue un choque localizado que no derivó en una crisis en el sistema por sí mismo pero sí transmitió sus efectos.

La difusión de riesgos es similar a la difusión de un virus, necesita una plataforma para su transmisión, en el sistema financiero las fluctuaciones de una empresa tendrán un impacto en otras (Tu, 2014). La extensión de estos choques es todavía motivo de asombro entre los investigadores (Rigobón, 2018). Estos fenómenos son intrigantes debido a que evidencian mecanismos de transmisión inexplorados, mientras que el papel específico que desempeña la estructura de la red financiera en la creación del riesgo sistémico sigue siendo, en el mejor de los casos, imperfectamente comprendido (Acemoglu et al., 2015).

En 2020 la economía mundial atravesaría uno de sus momentos más críticos de la época contemporánea. La pandemia por COVID-19 ha cobrado la vida, a nivel global, de más de cuatro millones de personas y amenaza la de cientos de millones más, los países subdesarrollados vuelven a ser los más afectados y en todos los casos lo son quienes conforman los estratos socioeconómicos más bajos (World Health Organization, 2021). La cantidad de nuevos pobres a causa de la pandemia se estima entre 119 y 124 millones de entre los cuales al menos 96 millones sufrirán inseguridad alimentaria crítica (Nishio, 2021). La reacción en los mercados financieros no se hizo esperar y en apenas unos días los índices de todo el mundo retrocedían al son de medidas de confinamiento social. En la jornada del 16 de marzo de 2020 el Promedio Industrial Dow Jones cerró con una caída de 2,997.10 puntos, un 12.9%, –su peor caída desde el Lunes Negro de 1987–, mientras que el Nasdaq cerró un 12.3% por debajo, hasta los 6,904.59 puntos, en su

peor caída de la historia. Las empresas en todo el mundo resienten los efectos de la pandemia, mientras que algunas del ramo de comercio electrónico, farmacéutica y telecomunicaciones toman protagonismo.

La pandemia por COVID-19 es un choque externo que no ha surgido a causa de debilidades manifiestas en los sistemas financieros como lo fue la Gran Recesión del 2008, pero sí serán ellas las que determinen la magnitud del daño. En la medida en que se busque comprender los mecanismos de transmisión de riesgo en su totalidad, es necesario estudiar la estructura interna una economía mediante la interacción de sus agentes. En ese sentido, si un choque se origina en los Estados Unidos, no es suficiente con analizar la parte del mecanismo de transmisión por el cual dichos choques impactarán a México, es necesario un entendimiento de la segunda parte del mecanismo, el de transmisión local i.e., preguntarse ¿a qué empresas se afecta en mayor magnitud y a partir de estas cómo es que otras empresas se contagian de este choque? ¿cuál es el camino interno de difusión del riesgo?

Como Rigobón (2018) menciona, el estudio empírico de los derrames y el contagio es una de las cuestiones aplicadas más complicadas que aborda la literatura debido a que los modelos de derrame y contagio implican que las variables observadas son endógenas y/o variables omitidas están presentes; en segundo lugar, los datos financieros presentan problemas de heteroscedasticidad; la combinación de estos dos problemas (variables omitidas y heteroscedasticidad) implica que el error en el grado de especificación cambia en toda la muestra. Por lo tanto, los sesgos se desplazan a través del tiempo. En consecuencia, las correlaciones, los componentes principales, las regresiones de OLS, los modelos de VAR, Arch y Garch, Probit y Logit, están sesgados y son dependientes del tiempo y responder a preguntas como ¿cuál es la propagación de los choques del país 1 al país 2?, ¿son estables los efectos indirectos a lo largo del tiempo? O ¿existe el contagio?, no pueden tener una respuesta satisfactoria con metodologías estándar (Rigobón, 2018).

Por otro lado, los estudios que han abordado este problema desde una perspectiva sistémica interna han utilizado aproximaciones a través de matrices de insumo-productos (Ren et al., 2014) y modelos de equilibrio general (Adelman & Yeldan, 2000) que han permitido representar los efectos de un cambio en la política fiscal en sectores económicos y simular las condiciones mínimas para la generación de una crisis financiera. No obstante, ambos presentan la limitación de velocidad de actualización y recopilación de los datos mientras que las

matrices, al requerir los insumos producidos y los productos derivados, suelen ser muy grandes y presentan una dificultad adicional al momento de conciliar la información (Gao et al., 2018).

Finalmente, nuevas teorías sobre contagio financiero han resaltado la importancia de redes entre instituciones financieras como vehículo de propagación (Elliot et al., 2014), mostrando ser un área de investigación prometedora aun cuando la medida de la interconexión en la red es todavía materia de discusión. Wang et al. (2017) estiman el valor en riesgo (VaR) y la prueba de riesgo de causalidad de Granger para cuantificar los efectos indirectos del riesgo mostrando que los sectores inmobiliario y bancario son emisores netos de efectos indirectos de riesgo y el sector asegurador y de finanzas diversificadas son receptores netos. Por su parte Billio et al. (2012) proponen medidas de conectividad basadas en el Análisis de Componentes Principales y las aplican a los rendimientos mensuales de fondos de cobertura, bancos, corredores/intermediarios y compañías de seguros; encontrando que los cuatro sectores se han interrelacionado mucho en la última década, lo que probablemente aumente el nivel de riesgo sistémico en los sectores de las finanzas y los seguros. Más aún, la teoría de redes ha mostrado ser de gran utilidad para la modelación de fenómenos financieros a través de series de tiempo para estudiar el papel de los diferentes tipos de empresas en la difusión del riesgo en el mercado de valores y la relación entre las empresas basándose en las cotizaciones de sus acciones (Tu, 2014). De ahí que se use este enfoque para visualizar la red vinculada, donde, además, se zanja los problemas de velocidad de actualización y complejidad de los datos. Las relaciones entre las cotizaciones bursátiles se cuantificarán mediante métodos econométricos para posteriormente construir los modelos de redes de acciones desde dos vertientes: un modelo de red de cointegración y un modelo de red de causalidad de Granger. De la red de cointegración podemos analizar equilibrios a largo plazo y de la red de causalidad de Granger la dirección de la transmisión y caminos de difusión de riesgos potenciales (Gao et al., 2018).

En este sentido, la presente investigación no solo aporta un análisis profundo sobre la discusión referente a la difusión de riesgos dentro del mercado accionario mexicano, sino que además, considera los mecanismos de transmisión de riesgo internos a partir del estudio microestructural. Es importante mencionar que en la literatura existente del tema, tenemos los modelos de equilibrio general y las matrices de insumo producto, sin embargo, ellos son caracterizados por sus limitaciones temporales debido a la lenta actualización y a la compleja demanda de sus datos, para nuestro caso, por el contrario, se emplean

datos en los mercados financieros donde su actualización es inmediata y su obtención accesible.

La investigación estará dividida de la siguiente manera: la introducción al tema donde además de servir como presentación también se repasa la literatura más relevante y los antecedentes se presenta a continuación. Posteriormente se presenta la metodología donde se abordará el método y los procedimientos seguidos. Los datos donde se explicarán los detalles desde la obtención y limpieza de la información, se encuentra en la tercera entrada. Los resultados, posteriormente, y por último, se presentan las conclusiones.

SECCIÓN II. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es cuantitativo, se toman datos correspondientes al precio de cierre de las acciones en el periodo 2019 y 2020 de las empresas más bursátiles del mercado mexicano, la unidad de observación son las acciones de dichas empresas. Las fuentes de investigación empleadas son secundarias y comprenden la revisión de artículos y obtención de información a través del portal web de la Bolsa Mexicana de Valores. La población comprende a todas las acciones que se encuentren cotizando de forma activa al 1 de octubre de 2020 en la Bolsa Mexicana de Valores (i.e. 121 en total). La muestra está conformada por las empresas más bursátiles de 2019 que también se encuentren cotizando en 2020 de forma activa, siendo un total de 98 las que cumplen con este criterio y las cuales se agruparon en 7 sectores de acuerdo a su actividad económica; construcción (CONS), financiero (FINA), industrial (INDU), materiales (MATE), productos de consumo frecuente (PRCF), servicios y productos de consumo no frecuente (SPNF) y telecomunicaciones (TECM).

Tabla 1. Estadística descriptiva del precio de cierre 2019 (arriba) y 2020 (abajo).

Sector	N	Min	Max	Media	D. E.
CONS	9	0.07	204.61	33.79	2.96
FINA	17	3.36	123.69	38.70	3.21
INDU	18	6.00	363.55	65.62	6.18
MATE	15	5.00	110.30	36.34	2.96
PRCF	16	9.59	234.69	59.38	3.65
SPNF	16	3.25	1463.60	119.12	13.70
TECM	7	0.72	92.93	21.77	2.09
Total	98	0.07	1463.60	58.13	5.40

Sector	N	Min	Max	Media	D. E.
CONS	9	0.04	208.91	30.18	3.11
FINA	17	4.19	128.00	34.89	7.40
INDU	18	3.96	393.25	55.97	10.71
MATE	15	3.50	121.07	33.20	5.11
PRCF	16	9.00	281.21	57.06	5.70
SPNF	16	0.28	1407.90	116.65	11.08
TECM	7	0.29	77.55	17.87	2.14
Total	98	0.04	1407.90	53.82	7.21

Nota. Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.

El procedimiento empleado sigue al de Gao et al. (2018) en su estudio del mercado accionario chino. Se implementa un test Dickey-Fuller Aumentado verificando estacionariedad y orden de integración de las series con la siguiente especificación:

$$\Delta y_t^i = \beta_1^i + \beta_2^i t^i + \pi^i y_{t-1}^i + \sum_{k=1}^{\min\{AIC,3\}} \gamma_k^i \Delta y_{t-k}^i + u_t^i$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \pi = 0$$

Donde β y π son los coeficientes de la tendencia temporal y del primer rezago de la i -ésima acción respectivamente; k variables endógenas rezagadas (tres rezagos máximos) son incluidas para asegurar errores esféricos (i.e. homocedásticos y no-autocorrelacionados) determinadas en cada caso por el criterio de información de Akaike. Incluir una cuarta variable en términos de su poder de explicación a la primera diferencia en todos los casos resulta insignificante.

Los estadísticos obtenidos a un nivel de significancia de 0.01 en ningún caso superaron el valor crítico $\phi=6.09$. El no-rechazo la hipótesis nula es interpretado simultáneamente como la presencia de series no estacionarias sin una tendencia lineal ni una constante.

Por otro lado, el modelo de Dickey-Fuller utilizado para probar la estacionariedad en las series diferenciadas corresponde a la siguiente especificación:

$$\Delta y_{t-1}^i = \pi^i y_{t-2}^i + \sum_{k=2}^{\min\{AIC, 3\}} \gamma_k^i \Delta y_{t-k}^i + u_t^i$$

$$H_0: \pi = 0$$

Los estadísticos obtenidos a un nivel de significancia de 0.01 en todos los casos fueron más negativos que el valor crítico² $\tau = -2.58$

La razón detrás de utilizar dos especificaciones distintas para la probar. Primero, la no-estacionariedad de las series no-diferenciadas. Y segundo, la estacionariedad de las series en su primera diferencia es debido a que la inapropiada exclusión o inclusión de los términos de constante o tendencia temporal determinista arrojarían como resultado un estimador sesgado del coeficiente π y una reducción del poder del test respectivamente (Campbell y Perron, 1991).

Luego se emplea el método cointegración de Johansen entre cada par de acciones $\binom{98}{2} = 4753$ basados en el modelo VAR definido como sigue

Considerando la especificación definida previamente de un VAR de orden p

$$\begin{pmatrix} Y_t^j \\ Y_t^i \end{pmatrix} = \Phi_1 \begin{pmatrix} Y_{t-1}^j \\ Y_{t-1}^i \end{pmatrix} + \Phi_2 \begin{pmatrix} Y_{t-2}^j \\ Y_{t-2}^i \end{pmatrix} + \dots + \Phi_p \begin{pmatrix} Y_{t-p}^j \\ Y_{t-p}^i \end{pmatrix} + \epsilon_t$$

La siguiente especificación de un VECM existe

$$\begin{pmatrix} \Delta Y_t^j \\ \Delta Y_t^i \end{pmatrix} = \Gamma_1 \begin{pmatrix} \Delta Y_{t-1}^j \\ \Delta Y_{t-1}^i \end{pmatrix} + \Gamma_2 \begin{pmatrix} \Delta Y_{t-2}^j \\ \Delta Y_{t-2}^i \end{pmatrix} + \dots + \Gamma_p \begin{pmatrix} \Delta Y_{t-p}^j \\ \Delta Y_{t-p}^i \end{pmatrix} + \epsilon_t$$

Donde

$$\Gamma_k = -(I - \Phi_1 - \Phi_2 - \dots - \Phi_k), \quad k = (1, 2, \dots, p-1)$$

Y

$$\Phi = -(I - \Phi_1 - \Phi_2 - \dots - \Phi_p)$$

²Valores críticos obtenidos de Dickey-Fuller (1981)

Las matrices Γ_k contienen los impactos acumulados de largo plazo, los términos de error (2×1) i.i.d. $\epsilon_t \sim N(0, \Sigma)$, Las Φ_i representan las matrices de coeficientes de (2×2) e I la matriz identidad de (2×2) . Y representa el logaritmo del precio de cierre de las acciones (i, j) , ϵ es el vector columna del error estocástico y p el rezago obtenido mediante el Criterio de Información de Akaike. Bajo el 5% de nivel de significancia se concluye si existe o no cointegración entre cada par de posibles combinaciones de acciones y se construye la red no direccionada (i.e., el sentido de la cointegración es la misma en ambas direcciones $Y^j \leftrightarrow Y^i$) donde se podrán obtener inferencias respecto a las relaciones de equilibrio a largo plazo, así como identificar las acciones y sectores clave del sistema.

Para los casos donde exista cointegración se realiza el test de causalidad de Granger al 95% de confianza y se crea una red direccionada del camino de difusión del riesgo en el mercado accionario mexicano.

De acuerdo con el modelo VAR previamente definido, se toma la siguiente especificación para probar causalidad en el sentido de Granger. Primero, bajo la hipótesis nula de que la serie Y_t^j no Granger-cause a Y_t^i y segundo invirtiendo el orden de la causalidad.

$$\begin{pmatrix} Y_t^j \\ Y_t^i \end{pmatrix} = \sum_{\tau=1}^{AIC} \begin{pmatrix} \alpha_{jj,\tau} & \alpha_{ji,\tau} \\ \alpha_{ij,\tau} & \alpha_{ii,\tau} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{t-\tau}^j \\ Y_{t-\tau}^i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_t^j \\ \epsilon_t^i \end{pmatrix}$$

En otras palabras, se realiza una prueba de hipótesis sobre los coeficientes α_{ji} (i.e. para todos los rezagos τ) para saber si son conjuntamente diferentes de cero $H_0: \alpha_{ji,\tau} = 0$ para $\tau = 1, 2, \dots, AIC$) bajo el supuesto de covarianza estacionaria. Si al menos uno de los coeficientes es significativamente diferente de cero al 95% de confianza se concluirá causalidad en el sentido de Granger.

SECCIÓN III. DATOS

En esta sección se detalla el proceso de obtención y limpieza de los datos. Toda la información fue obtenida del portal de la Bolsa Mexicana de Valores y como se mencionó anteriormente, tenemos 121 empresas que cotizan en bolsa de forma activa en el periodo de 2019 a 2020. Con el fin de analizar las series, se obtienen los rendimientos diarios de los precios de cierre como la diferencia logarítmica de dos precios. $R_t^i = \log(Y_t^i) - \log(Y_{t-1}^i)$ donde Y es el precio de la acción i en el tiempo t (i.e., la primera diferencia logarítmica).

Luego, para delimitar la muestra se siguen dos criterios. Primero, se conservan únicamente las acciones que tengan presencia en ambos años, naturalmente, para fines de comparabilidad entre un año y el otro, las unidades de observación deben ser las mismas. Segundo, se conservan únicamente las acciones que se encuentren cotizando de forma activa en ambos años durante por lo menos 97% de los días en que la Bolsa Mexicana de Valores tuvo operaciones, e.g., si una empresa cotizo en 2019 el año completo, pero solo seis meses en 2020 esta empresa no será considerada.

Finalmente, una vez que tenemos la muestra delimitada construimos un vector que contenga el logaritmo de los precios de cierre a elegir a fin de probar la no-estacionariedad de la muestra.

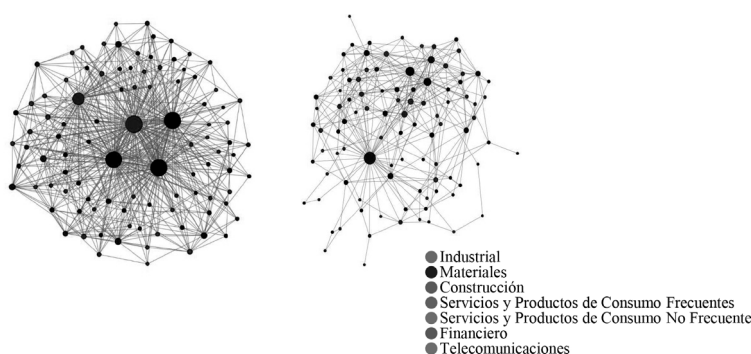
SECCIÓN IV. RESULTADOS

Entenderemos una red como un conjunto de elementos llamados nodos con conexiones entre ellos llamados *bordes* Newman (2018), los nodos en ambas redes serán cada una de las 98 acciones y los bordes (o conexiones) las relaciones de cointegración y causalidad significativas respectivamente.

4.1 Red de Cointegración

La red de cointegración no-direccionada se ve representada en la Figura 1 para 2019 y 2020, cada nodo se muestra más grande a medida que se encuentran más relaciones de cointegración significantes.

Figura 1. Red de cointegración en 2019 (izquierda) y 2020 (derecha)



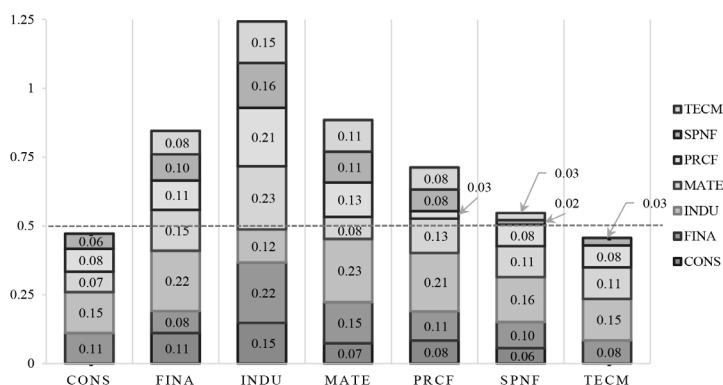
Nota. Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.

Los cambios en la estructura de la red de un año respecto al otro son evidentes, en 2019 encontramos una red más interconectada y en 2020 una red más desintegrada, la cantidad de nodos en ambos años fue de 98, sin embargo, el número de bordes en 2019 fue de 622 contra 362 en 2020 (i.e., una reducción en la cantidad de relaciones de cointegración de 41.8%).

La *densidad de la red*³ paso de 0.131 a 0.076 en 2020 ($1 - 0.076 = 92.4\%$ de las relaciones entre acciones no presentan cointegración significativa) lo que indica un debilitamiento de las relaciones de equilibrio a largo plazo que ya eran escasas (de solo 13.1% en 2019). El *grado promedio*⁴ pasó de 12.6 a 7.4 lo que se refleja una menor interconexión entre empresas y que se distingue gráficamente en nodos más pequeños. La *longitud promedio de camino*⁵ paso de 1.86 a 2.45 en 2020 (i.e., tomando dos nodos cualesquiera se requieren en promedio 2.45 conexiones para llegar de uno a otro) y el *diámetro*⁶ de la red pasó de 2 a 5 indicando una pérdida de conectividad y por lo tanto de la transmisibilidad de choques o fluctuaciones. Este resultado es esperado en una red con una menor cantidad de relaciones dinámicas como es el caso para 2020.

La densidad de la red por sectores económicos se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2. Densidad de la red de cointegración: 2019 (arriba)
y 2020 (abajo)

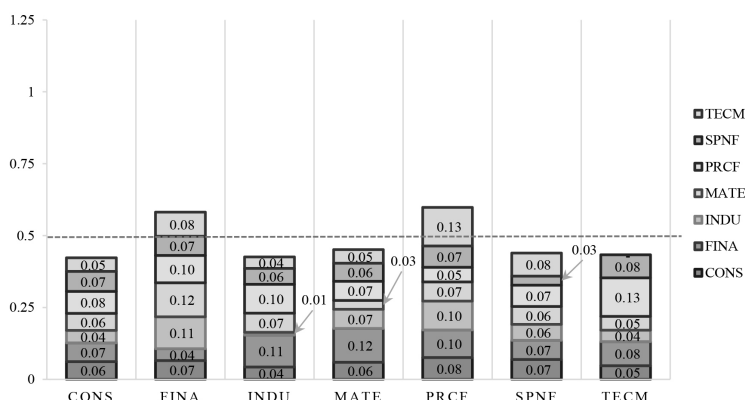


³Relación entre el número de bordes con respecto al máximo de bordes posibles i.e., $b/((98 \cdot 2))$

⁴Número medio de bordes conectados a un nodo.

⁵Número medio de bordes que hay que recorrer a través del camino más corto para todos los pares de nodos de la red.

⁶Distancia (en número de bordes) del camino más largo entre cualquier par de nodos.



Nota. Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.}

El sector con mayor grado de interconexión general en 2019 fue el sector industrial conformado por los grupos y líneas aeroportuarias, empresas de logística, transporte, controladoras (e.g., Grupo Carso, Alfa) entre otras; el sector con el que se más se interconectó fue materiales (23%) y financiero (22%). Por su parte el sector con menor grado de interconexión general fue el sector de telecomunicaciones que incluyen a compañías de telefonía celular, servicios de internet y grupos televisivos (e.g, América Móvil, Axtel, Televisa, TV Azteca).

Tabla 2. Incremento del número de relaciones de cointegración 2020 vs 2019

	CONS	FINA	INDU	MATE	PRCF	SPNF	TECM
CONS	-	-41%	-71%	-20%	-8%	25%	-
FINA		-48%	-49%	-21%	-10%	-31%	0%
INDU			-92%	-71%	-52%	-66%	-74%
MATE				-61%	-47%	-44%	-58%
PRCF					86%	-5%	67%
SPNF						100%	200%
TECM							-

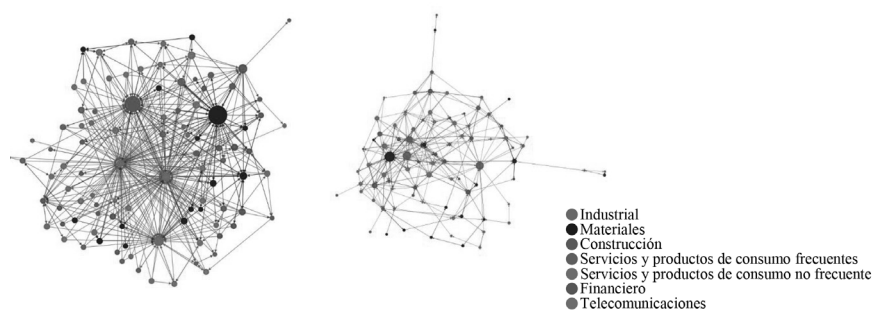
Nota. Los campos “-” indican cero relaciones en alguno de los dos años. Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.

Para 2020 la cointegración de la red se encuentra muy disminuida, por un lado, el sector industrial paso a ser el más perjudicado perdiendo 66% de sus relaciones dinámicas, seguido del sector materiales (50%), financiero (33%), servicios y productos de consumos no frecuentes (30%), construcción (24%), servicios y productos de consumos frecuentes (23%) y telecomunicaciones (11%). Estos dos últimos sectores se muestran como los más resilientes ante la recesión económica del 2020; el sector de PRCF es conformado por supermercados y empresas dedicadas a la producción de alimentos como leche (Grupo Lala) y pan (Grupo Bimbo), y otras dedicadas a la producción artículos de higiene personal como pañales, toallas sanitarias y papel higiénico entre otros (Kimberly-Clark); las empresas productoras de este tipo de artículos sufrieron relativamente menos afectaciones respecto a otras dedicadas a actividades consideradas no esenciales, lo que favoreció a un incremento en sus relaciones de equilibrio a largo plazo con empresas de su mismo sector en un 86% (Tabla 2). Por su parte las empresas del sector TECM vieron incrementada la demanda de sus servicios en la medida que se digitalizaban actividades escolares y empresariales, mientras decrecían un 74% sus conexiones con sectores como Industrial, incrementaban con SPNF un 200% (Tabla 2).

4.2 RED DE CAUSALIDAD DE GRANGER

La red de causalidad de Granger se encuentra representada en la Figura 3 para ambos años, es una red direccionada en la cual podemos ver el sentido de la transmisión de fluctuaciones de una variable a otra, es decir, el camino de difusión riesgo en la red financiera.

Figura 3. Red de causalidad de Granger en 2019 (izquierda) y 2020 (derecha)



Nota. Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores

⁸Número de bordes conectados a un nodo

Para 2019 la estructura es mucho más compacta, vemos que los nodos con mayor grado de salida son empresas del sector industrial y materiales; estos nodos muestran un gran protagonismo en la red como agentes causantes, a través de estos nodos se disipa con mayor facilidad el riesgo repitiendo sus fluctuaciones en otros nodos con algún rezago. Esta estructura aparece drásticamente modificada en 2020, los nodos del sector industrial no se muestran como actores principales y el potencial de contagio entre empresas parece menos probable, resultado de una menor cantidad de interacciones de causalidad significativas.

La red cuenta con 98 nodos, 446 bordes en 2019 y 326 bordes en 2020 (i.e., 326 relaciones de causalidad significativas en el sentido de Granger), la densidad de la red es de 0.047 (2019) y 0.034 (2020), ambas redes se muestran mucho más dispersas que las redes de cointegración. El grado promedio es de 4.55 y 3.32, es decir, una reducción de 27% en la cantidad promedio de conexiones por empresa para 2020. El diámetro de la red incrementó de 7 a 9 que es consistente con la pérdida de conectividad de la red, aun así, la difusión de algún choque es rápida.

Tabla 3. Magnitud de la Causalidad de Granger 2019 entre sectores

	CONS	FINA	INDU	MATE	PRCF	SPNF	TECM	Total	
CONS			0.020	0.052	0.007	-	0.003	-	0.08
FINA	0.010		0.074	0.022	0.015	0.017	0.021	0.16	
INDU	0.006	0.023		0.017	0.012	0.003	0.024	0.09	
MATE		0.015	0.029	0.083		0.015	0.010	0.024	0.18
PRCF	0.003	0.018	0.064	0.006		0.010	0.018	0.12	
SPNF	0.003	0.028	0.071	0.010	0.006		0.009	0.13	
TECM		-	0.021	0.056	0.014	0.009	0.004		0.10
Total	0.04	0.14	0.40	0.08	0.06	0.05	0.10		

Nota. Cada campo indica la razón entre el número de relaciones de causalidad de dos sectores y el máximo teórico de relaciones de causalidad posibles entre esos sectores. La dirección de la causalidad es de los sectores en fila a los sectores en columna. El total vertical a la derecha es una medida de lo influyente del sector, el total horizontal abajo indica lo influenciable que es.

Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.

⁹Al ser una red direccionada la densidad de la red pasa a estar expresada por: $\frac{b}{2 * \binom{98}{2}}$

En la Tabla 3 podemos ver la magnitud de la causalidad por sectores para 2019 donde encontramos al sector de Materiales como el más influyente (0.18), conformado entre otras, por empresas cementeras, acereras, mineras, vidrieras y productoras de químicos (e.g., Cemex, Grupo México, Vitrio, Cydsa, etc.). El sector al que influye en mayor grado es al sector

Industrial (0.083) y este, en general, se muestra como el más influenciado (0.40) por el resto de los sectores. En este sentido la transmisión de riesgos de empresas en el sector Materiales afectaría en mayor grado a empresas del sector Industrial en lo que intuitivamente refleja una relación de proveeduría de materia primas y cadena de suministros. El camino de difusión de riesgos se muestra $MATE \rightarrow INDU$.

Para 2020 los sectores que presentan mayor injerencia en la red son el sector industrial (0.12) y el de servicios y productos de consumo frecuente (0.12), este último presenta una magnitud de causalidad de 0.031 –el segundo más alto en la red de 2020– hacia el sector de telecomunicaciones, el camino de difusión de riesgo $PRCF \rightarrow TECM$ no resulta en principio intuitivamente esperado, sin embargo, los dos sectores presentan características similares. Ambos sectores son los más resilientes en el contexto de la crisis sanitaria, por un lado el sector PRCF pudo continuar con sus actividades con relativa normalidad al ser proveedor de productos de primera necesidad como alimentos y medicinas, la red de cointegración lo muestra como el sector con mayor densidad de relaciones dinámicas a largo plazo en 2020 (Figura 2); por otro lado el sector de TECM fue el que menor pérdida relativa tuvo respecto al año 2019 de relaciones de cointegración, así pues, el camino de difusión de riesgo en el sentido $PCFR \rightarrow TECM$ indica una mayor asociación entre los sectores relativamente menos afectados a posteriori a la llegada de un choque desestabilizador.

Una afectación al sector PCFR que implique un desabasto de productos básicos provocaría, dada su influencia en la red de 2020, aún más inestabilidad en un sistema ya vulnerable; compras de pánico –como las vistas en 2020 por alcohol, cubrebocas o el papel higiénico– serían una consecuencia casi inmediata, las preferencias de los consumidores se adaptarían a corto plazo y la elasticidad de la demanda de estos productos incrementaría conforme incrementa su precio. Así pues, la importancia de asegurar un sector de PCFR estable en tiempos de crisis se muestra como fundamental.

La evolución de la dinámica del sector FINA de 2019 a 2020 es particularmente interesante debido a la estructura empresarial a gran es-

cala que caracteriza la economía mexicana. En 2019 presentaba una relación de causalidad bidireccional i.e., era el segundo sector más influyente y el segundo sector más influenciable (Tabla 3; 0.16 y 0.14 respectivamente).

Tabla 4. Magnitud de la Causalidad de Granger 2020 entre sectores

	CONS	FINA	INDU	MATE	PRCF	SPNF	TECM	Total
CONS			0.026	0.015	0.011	0.010	0.010	0.024
FINA		0.020		0.023	0.027	0.013	0.015	0.004
INDU		0.019	0.041		0.019	0.012	0.017	0.012
MATE		0.015	0.027	0.022		0.010	0.019	0.010
PRCF		0.014	0.029	0.019	0.006		0.018	0.031
SPNF		0.014	0.015	0.005	0.017	0.012		0.009
TECM		0.016	0.013	0.012	0.019	0.013	0.018	0.09
Total	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.07	0.10	0.09

Nota. Cada campo indica la razón entre el número de relaciones de causalidad de dos sectores y el máximo teórico de relaciones de causalidad posibles entre esos sectores. La dirección de la causalidad es de los sectores en fila a los sectores en columna. El total vertical a la derecha es una medida de lo influyente del sector, el total horizontal abajo indica lo influenciable que es.

Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores.

Para 2020 (Tabla 4) el sector se presentaba más subordinado, especialmente al sector Industrial, y con una relación de causalidad bidireccional con el sector Materiales (0.027). Para comprender este resultado debemos entender la dinámica de los Grupos Económicos entendidos como conglomerados empresariales fuertemente diversificados y/o con integración vertical (Chavarín, 2018). Un caso ejemplar de la dinámica de estos grupos en la red accionaria mexicana es el Grupo de la familia Slim, cuatro de sus controladoras más grandes cotizan en bolsa en cuatro sectores diferentes (Grupo Carso en sector industrial, América Móvil en telecomunicaciones, Inbursa en financiero e IDEAL en construcción); este fenómeno provoca relaciones atípicas entre sectores. Por un lado la amplia diversificación implica una mayor tolerancia ante la presencia de choques desestabilizadores, los recursos de

una o varias empresas pueden dirigirse a otra afectada, las ganancias extraordinarias de una empresa de telecomunicaciones como América Móvil pueden llegar al Grupo Carso del sector industrial de ser necesario en el contexto de una pandemia mundial que potencia el sector de la primera y perjudica al de la segunda. Si en dicho grupo además se encuentran instituciones bancarias que pueden conceder financiamiento en forma de líneas de crédito para asegurar el cumplimiento de las obligaciones a corto plazo de una empresa miembro y así podemos hablar de una relación de causalidad bidireccional e.g., MATE ↔ FINA (Tabla 4).

SECCIONES Y CONCLUSIONES

En la presente investigación analizó la difusión de riesgos en el mercado accionario mediante la aplicación de teoría de redes complejas, haciendo énfasis en los procesos microestructurales desde la experiencia del caso mexicano y basado en el procedimiento de Gao et al., (2018).

El algoritmo creado en este documento, no solo permite entender el camino que sigue el choque estructural (pensado como causalidad a la Granger) sino que además, permite tomar medidas que mitiguen los efectos adversos en los demás sectores involucrados. Con ello, este documento presenta una herramienta que mejora los rendimientos en un portafolio de activos y de la misma manera, ayuda en el involucramiento de nuevos y poco experimentados inversionistas.

Esta investigación cobró especial relevancia en vista del crítico panorama causado por la propagación de una nueva sepa de Coronavirus a finales de diciembre de 2019 que sumergió a las economías del mundo en una nueva recesión. Este tipo de choques desestabilizadores, al igual que la anterior recesión de 2008, son un ejemplo de eventos difusores de riesgos externos y generales que anteriormente han sido estudiados desde un enfoque macroestructural sin llegar a comprender los mecanismos de transmisión internos de las economías que los adquieren. En sentido opuesto, el conocer las redes de transmisión también proveen a los hacedores de política de herramientas para lograr una mayor eficiencia en programas de estímulos fiscales para hacer frente a dichas crisis. Como puntos principales y recomendaciones encontramos que:

1. El sector industrial y el sector de materiales son los que presentan el mayor grado de afectación ante la crisis COVID. La digitalización

laboral en estos sectores es inviable por la naturaleza de su actividad económica.

2. El camino de difusión de riesgo entre sectores, que exhiben las redes de cointegración y causalidad de Granger es: MATE → INDU → FINA → MATE.

3. El sector de materiales a su vez tiene un mayor grado de dependencia de los precios internacionales de materias primas como el acero, oro, plomo, plata, etc. lo que lo hace más propenso al contagio de riesgos externos que después transmite al sector Industrial –el sector económico de mayor capitalización en bolsa–.

4. En términos generales se podría mitigar una parte importante del riesgo exportado por agentes externos hacia México mediante un programa de coberturas sobre los precios de materias primas más robustos.

5. A su vez el sector industrial transmite fluctuaciones a través de sus conexiones con el sector financiero debido, en parte, a ser más propenso a la solicitud de créditos como medio de financiamiento que a la emisión de acciones.

6. Otro camino de difusión importante es PRCR→TECM en 2020, ambos sectores salieron airoso de los desafíos económicos de ese año y pasaron a conformar la parte más robusta de la red accionaria.

7. El sector de servicios y productos de consumo frecuente (PRCF) pasó a ser el sector más importante en cuanto a magnitud de cointegración y magnitud de causalidad en 2020. Un impulso a este sector es fundamental para una recuperación más pronta debido a la gran influencia sobre la red.

8. Otro sector fundamental es industrial, sin embargo, el impulso a este sector a través de programas de estímulos fiscales no debería ser uniforme debido a que la presencia de grupos económicos ocasiona relaciones no equilibradas, las empresas integradas a un conglomerado diversificado tendrían un efecto marginal menor ante apoyos gubernamentales que aquellas que no lo son debido a que las primeras pueden beneficiarse de transferencias entre filiales.

En suma, el estudio de la estructura de las redes en el mercado accionario mexicano proveyó de herramientas útiles para el análisis y tratamiento del riesgo desde un enfoque interdisciplinario. La evolución de la red en 2021 dará cuenta de la efectividad de programas de reactivación económica por parte del gobierno.

Las aplicaciones hacia teoría de carteras de este tipo de enfoque se muestran prometedoras, la identificación de los caminos de difusión

de riesgo podrían ser utilizadas para balancear los portafolios y proveer recomendaciones de liquidación o apertura de posiciones entre muchas otras, lo que provee amplias orientaciones para continuar la investigación.

Claramente, existen varias limitantes en esta investigación, particularmente, no se aborda el tema de cambios estructurales en las series, en ese sentido, se deja fuera la posibilidad de cambios en las pendientes de cada serie y sobre considerando que tenemos por medio un choque fundamental en la economía causado por la pandemia de COVID-19, sin embargo, se está analizando dicha expansión de la investigación y se considera para futuras aportaciones.

REFERENCIAS

ANUIES-COPAES; “Acuerdo Nacional por la Unidad en la Educación Superior frente a la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19” https://www.copaes.org/documentos/250420Acuerdo_Nacional_frente_al_COVID_19.pdf

CEPAL-UNESCO (2020); “La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19”; www.ses.unam.mx/cursos2020/materiales/Sesion7/CEPAL_UNESCO2020_EducacionEnTiemposCovid19.pdf

Espinoza, Cuauhtémoc; UAS; Revista Ciencia y Universidad No. 37; Enero-Junio de 2018. http://revistasuas.com/index.php/Ciencia_y_Universidad/issue/view/4/Cooperaci%C3%B3n%20tecnocient%C3%ADfica%20universidad

Gobierno Federal; Diario Oficial de la Federación, (6 de julio de 2020). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/562380/Programa_Sectorial_de_Educaci_n_2020-2024.pdf

Gobierno Federal; SEP (2020); “Programa Sectorial de Educación 2020-2024” https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/planeacion/mediano_plazo/pse_2020_2024.pdf

Gobierno Federal; Anexos Estadísticos de: 6° Informe de Felipe Calderón Hinojosa (2012); 6° Informe de Enrique Peña Nieto (2018); 2do. Informe de Andrés Manuel López Obrador (2020).

Gobierno Federal; SEP (2012); “Serie Histórica y Pronósticos de la Estadística del Sistema Educativo Nacional”. (<https://www.planeacion.sep.gob.mx/estadisticaeducativas.aspx>)

- Gobierno Federal; SEP (2021); “Ley General de Educación Superior”. *www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5616253&fecha=20/04/2021*
- Gobierno de Sinaloa; (SEPyC, 2018); “Programa Estatal de Educación 2017-2021”; *https://sepyc.gob.mx/documentacion/PEE%202017-2021.pdf*
- Gobierno de Sinaloa; (SEPyC, 2020); Departamento de Estadística; Anuarios Estadísticos y Síntesis del Sistema Educativo Estatal, Inicio del Ciclo Escolar 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.
- INEGI; (2020): “Encuesta para la medición del impacto Covid-19 en la educación (ECOVIED-ED) 2020” *https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVIED-ED_2021_03.pdf*
- Marmolejo, F. (2020); “Debemos reinventar la educación superior, no solo repararla”; *http://www.dgei.unam.mx/hwp/wpcontent/uploads/2021/05/Marmolejo,Campus_Milenio,2020_DebemosReimaginarLaEducacionSuperior27111553.pdf*
- Roman, J. (2020); “La educación superior en tiempos de pandemia: una visión desde dentro del proceso formativo” *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos https://www.redalyc.org/jatsRepo/270/27063237017/html/index.html*
- Ordorika, I. (2020): “Pandemia y educación superior”, *Revista de la Educación Superior*; Jun. 2020; *http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So185-27602020000200001.*
- Organización Mundial de la Salud. (2020): “La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia”: *https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia*
- UNESCO-ISEALC (2020). “Covid-19 y educación superior; de los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuestas y recomendaciones” *http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-060420-ES-2.pdf*
- Schmelkes, Silvia; (2020): “La educación superior ante la pandemia de la Covid-19. El caso de México”; *http://udualerreu.org/index.php/universidades/article/view/407/409*

Ciencia y Universidad, número 42.
Editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa
a través de la
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales,
se terminó de imprimir en el mes de Enero de 2022,
en la imprenta Universitaria.
Culiacán, Sinaloa México.
Se tiraron 1000 ejemplares.



**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y SOCIALES**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SINALOA**