

Aplicación del coeficiente de Hurst para estudiar enfermedades y accidentes laborales en la industria argentina (1997-2012)

José Luis Infante

Application of Hurst's Coefficient to Study Diseases and Accidents at Work in Argentina (1997-2012)

RESUMEN

El coeficiente de Hurst es un indicador útil para detectar factores expansivos. Evidencias de ruido negro en series de tiempo sobre accidentes y enfermedades laborales permiten conjeturar sus presencias, el incremento de costos no productivos y un creciente malestar laboral. El presente trabajo trata sobre la aplicación del coeficiente de Hurst en higiene y seguridad laboral y la interpretación de los resultados con vistas a la individualización de mecanismos preventivos y correctivos pertinentes.

Recibido: 9 de julio de 2014

Aceptado: 28 de noviembre de 2014

ABSTRACT

Hurst's Coefficient is a useful indicator to detect expansive factors. Evidences of black noise in series of time on accidents and occupational diseases allow to surmise their presence, the increase of not productive costs and an increasing labor discomfort. The present work is about the application of Hurst's coefficient in hygiene and job safety and the interpretation of the results in order to isolate preventive and corrective mechanisms.

Received: July 9, 2014

Accepted: November 28, 2014

Palabras clave

Coefficiente de Hurst, accidentes laborales, enfermedades laborales, seguridad, Argentina

Keywords

Hurst, Accidents at Work, Occupational Diseases, Security, Argentina



Foto: B. Calkins / Shutterstock

Introducción

Las enfermedades y accidentes laborales son objeto de continuo análisis para la mejora en procesos de producción. La minimización de los efectos perniciosos directos que activa lo fundamenta no solo en las personas que los sufren, sino también en los costos productivos. Emergen, complementariamente, posibles efectos indirectos por expectativas sobre siniestros futuros que pueden desencadenar aceleramientos en la frecuencia y gravedad de los daños. Los efectos directos producen malestar en las personas sufrientes, pero también producen incrementos de costos por aplicación de la legislación vigente, por cobertura de puestos de trabajos y/o gastos médicos. Los efectos indirectos afectan a los trabajadores sanos por expectativas fundadas en altas probabilidades de que en un futuro puedan enfermar o accidentarse. Dichos temores constituyen factores patógenos que propician errores y daños similares a los efectos directos.

Dada la preocupación antes mencionada, surge como instrumento estadístico de análisis el parámetro denominado coeficiente de Hurst. Dicho indicador permite identificar si el proceso se encuentra gobernado por factores permanentes que generan los efectos aludidos. A par-

tir de series de datos sobre siniestros laborales, su aplicación permite advertir la presencia o no de dichos factores. Luego, un análisis en segunda instancia por fuera de las competencias del coeficiente identifica los factores para diseñar las intervenciones técnicas que permitan minimizar los daños esperados bajo restricciones de viabilidad legal, técnica y económica. El presente trabajo describe la herramienta estadística denominada coeficiente de Hurst, ejercita su cálculo en las series oficiales de siniestros laborales en la República Argentina y ensaya, en los casos que corresponda, factores potenciales que podrían explicar la permanencia de siniestros laborales.

Antecedentes

El coeficiente de Hurst se debe a los estudios de Harold Edwin Hurst, quien en su trabajo hidrológico *Hurst* (1951) encuentra un mecanismo para la obtención y detección de permanencias en series de datos. Su uso técnico se ha expandido, por ejemplo, en precisiones estadísticas y se puede citar a Granger (1980, 1990), Granger y Joyeux (1980), Davies y Harte (1987) y Devynck y otros (2000). En análisis financiero se conocen los trabajos de Luengas Domínguez (2010), Sierra (2007), Rendón de la Torre (2012) y Korn

(2008). Con relación a efectos ambientales pueden estudiarse las aplicaciones realizadas por Garmendia Salvador y otros (2011). La Teoría de Caos también ha sido objeto de análisis por Hurst en Baille (1996), pero fundamentalmente Mandelbrot (1977). Hurst en estudios geológicos y sobre Mecánica de Rocas se pueden leer en Gutiérrez (2008) y Quintero y Delgado (2011). Una interesante aplicación en opinión pública se encuentra en Quezada-Len (2006). Trabajos relacionados con la salud se realizan en Almanza Pinzón y otros (2010).

En definitiva, siempre que la intuición del investigador se encamine a pensar en la posibilidad de que existan factores con alta frecuencia de presencia activa, el coeficiente de Hurst es un recurso de aplicación recomendada cuyo poder explicativo es relevante.

Respecto a la temática laboral y los accidentes de trabajo, los datos resultan de las estadísticas de la Superintendencia de Riesgos de Trabajo (SRT) (2013). También puede obtenerse un interesante grupo de datos de aplicación en el *Boletín de Estadísticas Laborales en Argentina* del Ministerio de Trabajo de Argentina (2012), aunque, en el presente trabajo, se ha privilegiado el uso de la información que provee la SRT. Por su parte, y con

Accidentes y enfermedades con y sin ausencias, período 1997-2012												
Año	Agricultura	Minería	Manufacturas	Electricidad	Construcción	Comercio	Transporte	Servicios financieros	Servicios sociales	Sin clasificar	Sin datos	Total
1997	23.709	1.846	127.537	3.375	46.427	42.652	23.140	15.413	47.529	775	2.668	335.071
1998	28.894	2.265	145.742	4.458	60.075	54.931	29.379	19.800	68.262	851	778	415.435
1999	26.751	2.120	127.486	4.144	54.154	55.858	30.405	20.197	73.990	672	456	396.233
2000	26.189	2.027	113.483	4.120	41.380	58.060	30.942	22.184	86.109	583	435	385.512
2001	25.202	1.958	96.044	3.529	33.190	53.157	28.846	20.880	83.332	255	409	346.802
2002	25.626	1.475	76.690	3.556	16.038	45.355	25.338	18.908	73.987	272	398	287.643
2003	30.444	1.857	97.507	3.593	26.074	50.842	28.532	24.761	86.046	285	250	350.191
2004	35.163	2.286	115.290	3.557	41.471	59.520	31.873	30.803	100.732	321	0	421.016
2005	37.475	2.694	127.215	3.561	60.367	68.297	35.643	37.211	113.679	312	110	486.564
2006	40.496	3.305	131.784	3.514	76.127	76.915	39.054	42.596	124.259	276	76	538.402
2007	39.029	3.446	133.781	3.525	84.241	79.104	41.774	46.011	132.232	220	126	563.489
2008	38.556	3.914	134.160	3.580	77.040	81.961	43.111	45.870	137.331	161	331	566.015
2009	35.194	3.040	117.907	3.434	61.586	73.976	41.319	36.736	131.967	429	237	505.825
2010	33.472	3.185	110.328	3.223	57.197	69.987	42.144	35.458	130.359	3.048	178	488.579
2011	34.206	3.344	116.619	3.431	62.421	73.160	44.931	36.112	138.266	2.121	144	514.755
2012	32.389	3.601	110.769	3.380	53.366	69.462	45.012	33.459	136.998	643	216	489.295

Tabla 1. Accidentes y enfermedades con y sin ausencias, período 1997-2012. Fuente: SRT (2013) y elaboración propia.

relación a las conjeturas y teorizaciones que facilitan la interpretación de algún tipo de casuística, Batstone y otros (1978) explican con alto detalle las razones que pueden llevar a los trabajadores a realizar huelgas. En ese sentido, la permanencia de enfermedades y accidentes laborales resulta una de las razones, aunque no la más relevante. En Blasco (2000) sigue esa línea de razonamientos mientras que en Ghighiani (2009) se ensayan interpretaciones de los hechos y eficiencias metodológicas para el caso argentino. Por su parte, en Covaro y Zuker (2010) se realiza un interesante estudio sobre las probabilidades de que en ramas específicas de la labor profesional se incrementen o mantengan los días con jornales laborales caídos. Los autores tratan de encontrar explicaciones e inferir resultados con instrumentos distintos del que aquí se presenta. En dicho sentido, el cálculo del coeficiente de Hurst sería un trabajo de continuación que permitiría obtener otro tipo de fundamentaciones a los efectos de diseñar mecanismos de mejora laboral. Es en este sentido en el que la lógica consecuencia del análisis ingenieril de las tecnologías y sus mejoras lleven a minimizar las oportunidades para la activación

de generadores de siniestros laborales. Lo expuesto es tema de análisis en Rodríguez (2005), pero fundamentalmente en McCann y otros (2014), y una de las principales premisas resulta ser que las relaciones laborales y los componentes siniestros no escapan a ellas; requieren creatividad e innovación.

Finalmente, es de destacar que las permanencias de factores potenciadores de siniestros laborales muy posiblemente llevan a los trabajadores a esperar que se activen, creando un estado de tensión laboral ya que nada bueno sucedería en caso de que lo sufran. Los trabajos sobre factores psicosociales también resultan ser obligada referencia y material de trabajo y análisis en el presente documento. En tal sentido, puede consultarse Comité Mixto OIT-OMS sobre Medicina del Trabajo (1984) y las conclusiones de la primera etapa del trabajo de investigación que dirige Castro (2008).

Métodos

El coeficiente de Hurst

El coeficiente de Hurst resulta de un modelo de comportamiento estadístico que combina diferentes medidas de dispersión de datos en un conjunto de mues-

tras. Al respecto, y en términos formales, sea H el coeficiente de Hurst cuya valor cuantitativo cumple la condición $0 \leq H \leq 1$; n , el número de intervalos con datos muestrales; R , el rango estadístico; S , el desvío medio cuadrático¹ y c , una constante de compatibilidad. Con ello, la expresión del rango reescalado R/S resulta.

$$\frac{R}{S} = c \cdot n^H \quad (1)$$

La exposición tecnológica creada por Hurst indica que:

- Si $0 \leq H < 0,5$, situación denominada “ruido rosa”, es de esperar que los valores medios vayan ajustándose a su esperanza matemática. Los efectos no serían permanentes o, de otro modo, existiría antipersistencia en la serie de tiempo. En estos casos, si la esperanza matemática se interpreta como la media aritmética de largo plazo, entonces la antipersistencia sería con reversión a la media, cuestión que indica un comportamiento como el descrito en el párrafo anterior.

- Si $H = 0,5$, situación denominada “ruido blanco”, no habría ningún tipo de memoria que lleve a un comportamiento esperado. Se estaría frente a una serie de tiempo con datos aleatorios independientes.

Accidentes y Enfermedades con Ausencias, período 1997-2012.												
Año	Agricultura	Mine-ría	Manufac-turas	Electrici-dad	Cons-trucción	Comer-cio	Trans-porte	Servicios financieros	Servicios sociales	Sin cla-sificar	Sin datos	Total
1997	19.547	2.008	120.465	3.267	43.008	36.941	23.406	15.542	44.218	866	0	309.268
1998	25.302	1.887	115.233	3.662	45.623	51.147	27.977	19.354	67.250	822	0	358.257
1999	24.577	1.833	106.680	3.695	49.533	48.797	28.110	18.129	64.287	638	0	346.279
2000	24.002	1.721	94.506	3.525	36.506	50.276	27.615	19.495	69.896	537	0	328.079
2001	23.016	1.661	80.792	3.158	29.473	45.494	26.752	18.503	69.131	217	0	298.198
2002	22.126	1.241	59.842	3.005	13.477	35.853	22.193	15.409	57.638	228	0	231.012
2003	26.479	1.598	79.763	3.066	22.560	42.656	24.854	19.660	66.771	246	170	287.823
2004	31.916	1.979	99.914	3.099	36.950	53.286	28.429	26.752	80.715	272	0	363.312
2005	33.037	2.323	108.224	3.132	53.112	59.925	31.304	31.527	91.250	278	94	414.206
2006	35.531	2.578	111.044	3.069	67.249	66.433	34.282	34.188	98.781	243	50	453.448
2007	34.925	3.063	117.776	3.128	74.701	70.777	37.465	40.558	109.277	200	97	491.967
2008	35.674	3.533	120.472	3.248	71.010	74.943	39.305	41.425	115.765	149	223	505.747
2009	32.594	2.573	105.712	3.155	57.261	68.406	38.027	33.090	111.011	427	121	452.377
2010	30.801	2.847	99.072	2.908	52.844	64.670	38.615	32.189	110.451	2.893	69	437.359
2011	31.964	3.081	105.529	3.157	58.313	68.134	41.704	32.993	119.067	2.064	80	466.086
2012	30.270	3.338	99.729	3.137	49.717	64.732	42.061	30.355	117.084	620	70	441.113

Tabla 2. Accidentes y Enfermedades con Ausencias, período 1997-2012. Fuente: SRT (2013) y elaboración propia.

• Si $0,5 < H \leq 1$, situación denominada “ruido negro”, existen factores de permanencia que presentan una insistencia o persistencia a continuar el comportamiento del valor medio de los datos. De otro modo, no existiría un proceso de reversión a un estado esperado si no se potenciasen los comportamientos que desvían de dicho valor. De otro modo, y con un ejemplo, si los resultados son crecientes, es de esperar que sigan siendo crecientes. Obsérvese que en ruido rosa, si los resultados son crecientes por encima de un valor esperado, es de suponer que inflexionen a modo *soft landing*. La metodología de cálculo no es sencilla y requiere intervención técnica con discrecionalidades que pueden producir patologías en la interpretación. Esto sucede toda vez que el coeficiente H buscado resulta de una estimación estadística a partir de un vector de información invariante que es reagrupado de acuerdo con diferentes reglas discrecionalmente seleccionadas por el técnico interviniente². Luego, mayor o menor agrupaciones de la información influyen en los grados de libertad de la estadística que se aplica, circunstancia que, en ciertos contextos específicos, puede provocar efectos no busca-

dos de significancia estadística. El criterio técnico en las decisiones sobre agrupación de datos resulta ser entonces relevante y, en algunos casos, influyente en los resultados que sean de interpretar.

Por su parte, la ausencia de datos corruptos favorece la eficiencia del indicador, como también cantidades crecientes de grados de libertad. En ese sentido, una primera instancia obligada en la buena praxis del cálculo requiere garantizar que los datos reflejen lo que prometen reflejar, es decir, que exista suficiente confianza en las estandarizaciones de los procedimientos para la materialización del dato estadístico, que en su lectura no existan valuaciones claramente erróneas (y que si las hay no se proceda a su reemplazo por el promedio sino sencillamente a excluirlas) y otros preceptos estadísticos que permitan a priori suponer que los datos no tienen heterogeneidades y disponen de la calidad esperada.

Contando con los datos muestrales para su uso, se debe decidir el instrumento de aplicación para el cálculo. Existe *software* de matemáticas que lo estima, pero también puede realizarse el cómputo en hojas de cálculo³. Las limi-

taciones en este último caso responden a la cantidad de datos que, en algunas ocasiones, restringen la capacidad de procesamiento y se requiere el uso debido de un *software* específico. De requerirse programar la estimación, el procedimiento consiste en resolver la aplicación logarítmica de (1) en acuerdo a

$$\ln \frac{R}{S} = \ln c + H \ln n \quad (2)$$

A partir de (2), el procedimiento consiste en reagrupar los datos bajo la metodología que a continuación se expone a los efectos de poder estimar por mínimos cuadrados una expresión de regresión estadística univariada con intercepto $\ln(c)$, pendiente de la recta de regresión H^4 y variable $\ln(n)$.

Metodológicamente, dada una serie de datos $\{M_j\}$ con $j=1\dots m$:

• Se establece la diferencia logarítmica de los datos de la serie M^5 . Para ello se compone una nueva serie de datos $\{N_l\}$ con

$$l = 1\dots k\dots(m-1) \text{ tal que } N_k = \ln \left(\frac{M_{k+1}}{M_k} \right)$$

• Se define un número de intervalos o particiones “v”⁶.

• Se calcula el valor medio en cada partición y, con el estadístico calculado, se computa la diferencia entre cada dato de la partición y su valor medio. En términos formales, siendo $v = 1..V$, los datos involucrados en cada partición v serán $\{N_s\}$ con $s = 1..S$ de tal suerte que se cumpla la condición $\{N_1\} = \{N1, \dots, s, \dots, vs\}$. Con las series dispuestas, la esperanza matemática se estima a partir de la media aritmética

$$e_v = \sum_s \frac{Ns}{s}$$

Con dicho valor se construye una nueva serie de información: $ts = N_s - e_v$.

• Se acumulan las diferencias antedichas de tal manera que el primer valor en la serie será la diferencia entre la cuantificación logarítmica y el valor medio. El segundo hará lo propio y sumará el resultado anterior y así sucesivamente. Se define entonces una nueva serie de información $T_s = (\sum_s (N_s - e_v))_s$

• Se toman el mayor y el menor valor para la estimación de R, se calcula el desvío medio cuadrático σ^8 para la estimación de S, y se realiza el cociente R_v/σ_v .

Formalmente,

$$R_v = \text{MAX}(T_s) - \text{MIN}(T_s),$$

mientras que

$$\sigma_v = [\sum_s (\frac{1}{s-1})(T_s - \overline{T_s})^2]^{(1/2)} \text{ con } \overline{T_s} = \sum_s \frac{T_s}{s}$$

• Se promedian los valores R/S para cada partición obteniendo el definitivo R/S. En términos formales,

$$(\frac{R}{S})_1 = \sum_v (\frac{1}{v}) (R_v/\sigma_v)$$

• Se realiza la regresión indicada en (2) con los sucesivos $(\frac{R}{S})_1$.

Para proceder con los cálculos de regresión se estima a partir de los diferentes $(\frac{R}{S})_1$ y sus $\ln(n)$ la pendiente de la

curva de regresión. A tal efecto, se calcula la esperanza matemática tanto de $(\frac{R}{S})_1$, la cual se indicará como $E(\frac{R}{S})_1$, como S de $\ln(n)$, la cual se indica como $E[\ln(n)]$, por medio del estadístico de tendencia central media aritmética⁹. Con las esperanzas estimadas, el coeficiente de Hurst, medido por la pendiente de la recta de regresión, será

$$H = \frac{E(\frac{R}{S})_1 - E(\frac{R}{S})_1}{E[\ln(n)] - E[\ln(n)]} / \frac{E[\ln(n)] - E[\ln(n)]}{E[\ln(n)] - E[\ln(n)]}^2$$

Finalmente, y en relación con el alcance de este trabajo, no se procederá

con el estimativo de significancia estadística por testeo de hipótesis sobre la base del parámetro “t”. Si bien ese procedimiento es estándar y normalmente recomendado en todo cálculo estadístico, en el presente trabajo prima el reconocimiento de un efecto técnico sobre los datos disponibles¹⁰.

Interpretación de resultados en accidentes y enfermedades laborales

Considerándose accidentes y enfermedades laborales, los efectos nocivos económicos ya mencionados tienen como emergente la subida de costos improductivos y malestar.

Los incrementos de costos, o bien son absorbidos por la empresa restándole capacidad de incremento de capital e inversión futura, o bien son trasladados a los clientes, quienes entonces tendrán menor poder de compra y gestarán efectos de enfriamiento en la economía, o bien una combinación de ambos y el eventual traslado a los precios. En línea con este razonamiento, el comportamiento racional de empleadores y sindicatos debería acondicionar los procedimientos para minimizar las ocasiones de siniestralidad de cara a una consecuente disminución de los costos siniestrales. Sería de esperar que el coeficiente de Hurst sobre siniestros laborales presenten ruido rosa o blanco. Lo que no debería suceder es que el ruido sea negro. Si ese fuese el caso, las organizaciones tendrían en promedio una cultura laboral en la que la aparición de accidentes y enfermedades llevan a más accidentes y más enfermedades. Este efecto podría ser consecuencia de un conjunto de causas que, para evidenciar cuáles se activan, requerirían un estudio particular en una empresa y/o sindicato determinado. En términos generales, podrían mencionarse como causas posibles:

- Ausencia de prevención o poca efectividad de las técnicas aplicadas.
- Desconocimiento técnico y falla en la capacitación laboral.
- Fraudes laborales.
- Comportamientos monopólicos de las empresas que les facilita trasladar costos a precios.
- Fallas en el mantenimiento de las tecnologías.
- Aplicaciones de tecnologías propensas a la siniestralidad.
- Ausencia o falla en los mecanismos de control y monitoreo, tanto de la empresa como de los sindicatos y las instituciones de gobierno público con competencia.

En definitiva, el cálculo del índice de H podrá detectar si la variación en la siniestralidad es o no creciente. De observarse ruido negro, dicha circunstancia debería requerir de la intervención técnica para su minimización.

Estadísticas sobre siniestros laborales en Argentina

Se adopta como información base las estadísticas producidas y publicadas por la Superintendencia de Riesgos de Trabajo en SRT (2013) hacia abril de 2014. Al respecto, se consideran los accidentes y enfermedades totales con exclusión de los siniestros in itinere y reagravaciones¹¹. Existe un pequeño número de siniestros no clasificados o sin datos para su adscripción a una de las especialidades que no tienen significancia estadística.

Dado que los datos informados por la SRT discriminan cantidad de casos con días de ausencia y casos sin días de ausencia, se ha procedido a la estimación del indicador H en ambos, toda vez que podría suceder que el valor H migre de un tipo de ruido al otro cuestión que, de suceder, permitiría un mayor análisis de las posibles causas.

La tabla 1 permite observar los resultados consignados en cantidad de siniestros con y sin ausencias.

Resultados

Cálculo de los coeficientes de Hurst y tasas de variación

Con los datos obtenidos se estima el coeficiente H para cada especialidad, en los casos sin ausencias y en los casos en los que se agregan las ausencias. A los efectos de mayor claridad, la tabla 3 describe los cálculos intermedios para la estimación del coeficiente de Hurst en las industrias de agricultura considerando siniestros con y sin ausencias. La tabla 4 presenta un resumen de los resultados estandarizando el Coeficiente de Hurst a tres decimales para todos los tipos de industria y un indicador T que describe la tasa de cambio del mencionado coeficiente para los casos de siniestros con y sin ausencias respecto de siniestros con ausencias.

Análisis de resultados

Obsérvese que los siniestros agregando o no ausencias no implican una situación de indiferencia para la empresa y la aseguradora que interviene. Clarificando lo antedicho, es razonable suponer que los efectos económicos de los siniestros con ausencias de personal tienen en promedio mayor gravedad económica toda vez que producen jornales caídos. Desde

el lado productivo y económico, la empresa podrá o no eludir este incremento del salario. Para ello, los escenarios son distintos.

Analizando dichos escenarios se encuentra que:

- La empresa puede eludir el pago incumpliendo el contrato: este procedimiento del todo desaconsejable implica consecuencia posiblemente mucho mas gravosas toda vez que los comportamientos gremiales implicarán paros laborales; pleitos comerciales, civiles y penales; incremento de las tensiones emocionales dañinas en el resto de trabajadores, que estarán más angustiados toda vez que supondrán que cualquier accidente o enfermedad les provocará conflictos económicos de efecto inmediato sin cobertura o acompañamiento de instituciones de salvaguarda con el consecuente incremento de la fatiga psicosocial por riesgo laboral. Como corolario, la empresa tendrá un comportamiento no consistente a largo plazo y, como antes se ha dicho, no conveniente¹².

- La empresa puede disminuir el ritmo laboral: este procedimiento no tiene los efectos indicados en el párrafo anterior, toda vez que no afecta a intereses de terceros por incumplimiento de la legislación. Sin embargo, la disminución del ritmo laboral supone entrega tardía de productos al mercado y/o incremento de costos improductivos por efecto de restricciones productivas¹³ por cuellos de botella con efectos concretos y ciertos en la rentabilidad del emprendimiento¹⁴. Como no es posible que una empresa propicie un plan productivo de menor rentabilidad pudiéndolo evitar¹⁵, habría que suponer que este comportamiento solo es razonable si la empresa cuenta con poder de mercado y abusa del mismo¹⁶. Es decir, si la empresa abusa del poder de mercado, o en otros términos, se comporta monopolísticamente, podrá hacer esperar a los clientes sin temor a que estos decidan sustituir el consumo por otro de una firma que dispone de los productos que necesita, o bien tiene posibilidad de incrementar sus costos improductivos porque los podrá trasladar al precio de venta toda vez que el cliente no tiene forma de evitar el consumo. Nuevamente, y en concordancia con el escenario antedicho, el emprendimiento será inconsistente a largo plazo¹⁸.

Planteado así el escenario conjetural, un indicador que refleje la tasa de cambio del índice de Hurst entre cantidad de siniestros con y sin jornales caídos (H_0) y el índice de Hurst solo con jornales caí-

Agricultura con y sin ausencias				
n	R/S	Ln (R/S)	ln(n)	h
15	3,160	1,150677282	2,708050201	0,318281066
7	2,826	1,038804686	1,945910149	
5	2,421	0,884208835	1,609437912	
3	1,880	0,631081105	1,098612289	

Tabla 3. Agricultura con y sin ausencias. Fuente: SRT (2013) y elaboración propia.

	Coeficiente de Hurst		
	Con y sin ausencias	Con ausencias	T
	A	B	100.(B-A)/A
Agricultura	0,318	0,343	7,81%
Minería	0,431	0,464	7,76%
Manufactura	0,414	0,514	24,10%
Electricidad	0,677	0,586	-13,36%
Construcción	0,475	0,511	7,50%
Transporte	0,589	0,559	-5,10%
Servicios sociales	0,517	0,533	3,07%

Tabla 4. Coeficiente de Hurst. Elaboración propia.

dos (H_1) permite observar la probable presencia de factores tecnológicos que se activan por mayor riesgo laboral. La tasa de cambio calculada es el simple cociente entre dichos indicadores menos 1 y reflejados en tanto por ciento. La expresión aritmética es:

$$\text{Tasa de cambio: } T\% = (100 \frac{H_0}{H_1} - 1)$$

Luego, si T no refleja cambios consistentes entre serie de información con y sin ausencias respecto de serie de información con ausencias, es decir, su magnitud es baja, es de esperar que las razones de los siniestros provengan exclusivamente de la tecnología aplicada. En ese sentido la recomendación sería aplicar índices de siniestralidad a las actividades productivas a los efectos de observar aquellas más propensas a los siniestros y, por medio de la interpretación de los siniestros específicos, proceder con métodos de elusión o transferencia de los riesgos a los efectos de evitar los costos incrementales. Por ejemplo, si una empresa observa que en una estación de trabajo donde se corta chapa de aluminio los siniestros más frecuentes, y/o graves, y/o incidentes¹⁹ son cor-

tes en la mano, está claro que debe procederse con una reingeniería tecnológica para evitar ese tipo de siniestro. Ahora bien, si sucediese que el indicador T refleja variación alta, es de suponer que habría razones adicionales a las antedichas que propician un mayor grado de siniestralidad.

Considerando la tabla 4, los rubros laborales donde es de suponer que existen razones más allá de lo tecnológico productivo son las manufacturas, agricultura, minería y construcción con tasas de variación preocupantes. Sin embargo, en dichos casos, las preocupaciones deberían estar centradas en manufactura y construcción, ya que son los dos casos en los que el indicador Hurst presenta ruido negro. En el resto de casos, los incrementos son visibles pero al presentar ruido rosa, es de suponer que el procedimiento laboral que aplican en promedio tiene sus propios mecanismos de amortiguación y control que llevan a la corrección de los casos. No es ese supuesto posible de mantener frente a ruido negro ya que, como se ha fundamentado, es expansivo.

Respecto a Electricidad, donde el problema con y sin ausencias es mas grave

que solo con ausencias, la sola presencia de ruido negro debiera llamar la atención, mas allá de que el valor cuantitativo decaiga. Ello puede deberse a problemas asociados a los grados de libertad de la serie de tiempo. Algo similar sucede con los casos de bajo T, toda vez que ambos presentan ruido negro.

En definitiva, las recomendaciones que podrían surgir de la interpretación de los resultados serían:

- Existe evidencia técnica estadística de que en los procesos productivos que se utilizan en las ramas productivas asociadas a electricidad, transporte y servicios sociales la siniestralidad no encuentra resguardo técnico que puede evitarla o minimizarla. Por tanto, debieran diseñarse e implementarse reingenierías de las tecnologías aplicadas para propiciar una disminución, por una parte, y estabilización, por la otra, de los accidentes y enfermedades.

- En los procesos tecnológicos aplicados en manufacturas y construcción, la desestabilización del volumen de siniestralidad solo se activa cuando los siniestros producen caída en jornales. Ello puede ser indicio de un tipo de comportamiento laboral no solo relacionado con la tecnología aplicada, sino con los procesos administrativos de control y reconocimiento de siniestros. En este punto, se recomienda observar fundamentalmente y en primer lugar los procesos administrativos de reconocimiento de siniestralidad y, en segundo lugar, la revisión de las tecnologías productivas para evidenciar factores activantes de siniestros que devienen en caídas de jornales principalmente.

- Observar en los casos de agricultura y minería los factores potenciales de orden administrativo, en primer lugar, y productivo, en segundo lugar, que pueden migrar hacia la desestabilización de los siniestros. A diferencia del punto 2 antes expresado, en los casos de agricultura y minería, el carácter de la intervención será preventiva más que correctiva.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha propuesto el uso del reconocido indicador estadístico coeficiente de Hurst para su aplicación en estudios de siniestralidad por accidentes y enfermedades profesionales. La razón fundamental de dicha propuesta es la competencia de dicho indicador para evidenciar factores expansivos o contractivos en los procesos estudiados. Desde esta visión, la identificación de la presencia de factores expansivos que pro-

pician siniestros en funciones laborales resulta relevante toda vez que la separación de los mismos incidiría directa e indirectamente sobre los costos industriales, el beneficio empresarial y el bienestar social.

A tal efecto, se han detallado las capacidades teóricas del indicador, su forma de cálculo y las interpretaciones posibles. Luego se ha aplicado a las series oficiales de siniestros de que informa la Sindicatura de Riesgos de Trabajo para la República Argentina y se han encontrado resultados para las diferentes ramas productivas informadas tanto en siniestros con caída de jornales como en siniestros en los que eso no sucede pero interesa toda vez que producen costos improductivos.

Los resultados han sido expuestos y analizados a partir de su cuantificación, pero también de su tasa de variación para los fenómenos por industria agregados y desagregando los casos en los que no existe caída de jornales.

Finalmente se han conjeturado posibles razones que expliquen el fenómeno observado y las recomendaciones técnicas propias para cada caso. En particular, es de especial atención que el ruido negro no sea frecuente en la industria argentina.

Notas

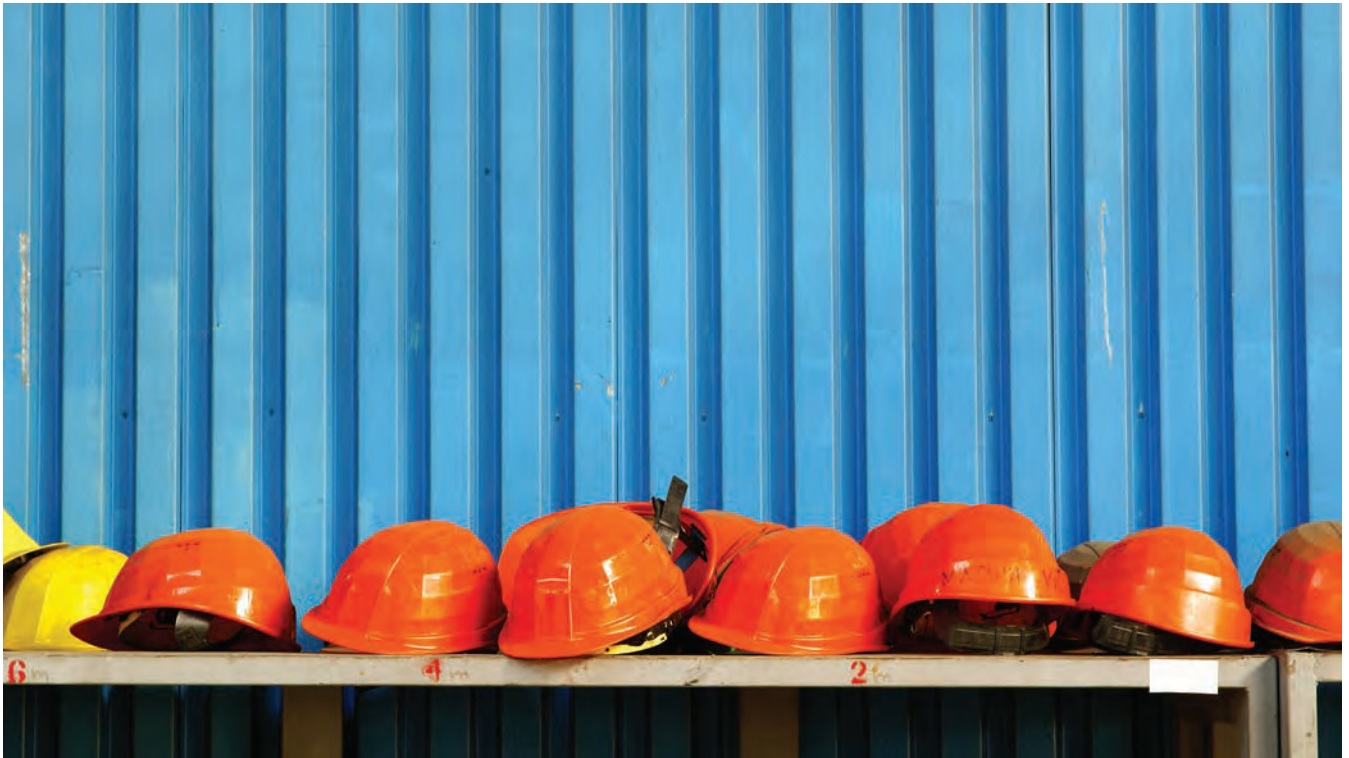
1. Recuérdese que el rango R es la diferencia algebraica entre el mayor y el menor valor de una serie de datos muestrales y el desvío medio cuadrático S es la raíz positiva de la varianza estadística.
2. Para el cálculo de H, un vector de datos conformado por n mediciones se reagrupa en dos series con n/2 componentes, o tres series con n/3 componentes, y así siguiendo a criterio del técnico que elabora el cálculo. Debiera suceder en estos casos que el técnico agregue al cálculo suficiente conocimiento propio de tal suerte que, a partir de un nivel de particiones, las marginales no influyan sustancialmente en el valor de H. Es allí donde radica la problemática expuesta.
3. Este instrumento es el que se ha utilizado en este trabajo.
4. La econometría describe como modelo univariado una forma estadística en la que una variable es explicada solo a partir de otra variable cuya incidencia depende de su magnitud y cómo influye en la variable que se va a explicar, pero cuenta con otros conjuntos de variables, uno de ellos con efecto constante, y el otro conjunto con efectos nulos. En términos técnicos, una variable que explicaría y adoptaría un modelo univariado si se reconoce válida la incidencia de x, o variable, que explica un intercepto β_0 que agrega todas las variables que explican una magnitud diferente de 0 que no cambia, y el otro conjunto de variables incidentes que no producen variación en y y denominada μ . Los efectos de x sobre y influyen en una magnitud βx que adopta un formato ceteris paribus. De esa manera, el modelo univariado sería $y = \beta_0 + \beta x + \mu$. Este tipo de modelo econométrico lineal puede ser base de análisis para observar cómo reacciona y ante las variaciones de x por medio de las estimaciones de β_0 y βx reconociéndose como mejor técnica de estimación la que provee el método de los mínimos cuadrados toda vez que ofrece el mejor resultado desde la eficiencia estadística. El βx indicado se denomina "coeficiente de regresión". Realizando una comparación

entre el modelo univariado mencionado y la expresión (2), el coeficiente H sería dicho coeficiente de regresión. Sin embargo, dado que el modelo descrito en (2) no resulta ser puramente un modelo econométrico, aunque sí estadístico, H debiera ser conceptualizado como pendiente de la recta de regresión estimada. Más aclaración puede encontrarse en Woolbridge (2010).

5. Para ello, se toma un dato y su siguiente, se hace el cociente entre ambos y es dividiendo el dato siguiente y divisor el dato anterior, y se calcula el logaritmo del cociente.
6. Si la serie $\{N_i\}$ tiene m-1 datos y el número de particiones es 1, la serie de partición $\{v\}$ contará con m-1 datos también. Por su parte, si las particiones fuesen "q", habría $\frac{m-1}{q}$ datos en cada partición.
7. A los efectos de no obstaculizar la lectura de las formas aritméticas, se adopta el subíndice s para los valores pertenecientes a cada partición v, y no para la serie original N.
8. Se adopta el símbolo S para el desvío medio cuadrático de las muestras por un conflicto con el otro subíndice utilizados toda vez que el símbolo S se ha usado para los datos de la partición. No se desconoce que la literatura en estadística reconoce el símbolo S para desvío sobre muestras y σ para desvío sobre poblaciones. Sin embargo, a los efectos de evitar confusiones se ha adoptado esta licencia poco ortodoxa.
9. La media aritmética de una serie n de valores x resulta de la fórmula $E(x) = \sum \frac{x}{n}$
10. No es sencillo suponer invariancia tecnológica en series de tiempo con suficientes grados de libertad. Por ello, la estimación del coeficiente de Hurst sirve como una información adicional a la clínica general que despliega el técnico interviniente y que le permite testear a partir de los procedimientos administrativos y tecnológicos aplicados la real existencia de las patologías mencionadas.
11. Se ha adoptado este criterio toda vez que los siniestros in itinere y reagravaciones responden muy poco a los mecanismos preventivos que pueden ser controlados desde una empresa. La responsabilidad en estos casos es creciente respecto al siniestrado y tal circunstancia podría ser factor de sesgo estadístico.
12. Para mayor aclaración véase Kydland (1977).
13. Para mayor aclaración véase Goldratt (2007).
14. Para mayor aclaración véase Sapag Chain (2007).
15. Para mayor aclaración véase Chiavenato (2005).
16. Para mayor aclaración véase Motta (2004).
17. Para mayor detalle consúltese Mas Colell (1995).
18. Para mayor detalle consúltese Kydland (1977).
19. Son frecuentes los accidentes que se producen más veces que los demás. Son graves aquellos que requieren más jornales caídos que los demás. Son incidentes aquellos que se presentan sobre variedad de trabajadores.

Bibliografía

- Almanza Pinzón MI, López López K, Téllez Villa CE (2010). Aplicación del Análisis del Rango Reescalado R/S para la Predicción de Genes en el Genóma Vertical. *Acta Agronómica* 59(4):473-487.
- Baillie RT (1996). Long Memory Processes and Fractional Integration in Econometrics. *Journal of Econometrics* 73: 5-59.
- Batstone E, Boraston I, Frenkel S (1978). *The Social Organization of Strikes*. Basil Blackwell, Oxford. ISBN 10: 0631183302.
- Blasco RD (2000). De la Gestión de Riesgos a la Gestión de la Seguridad. Aspectos Humanos. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones* 16 (3):299-327.
- Castro SN, Infante JL, Brust M (2008). Contribución del Sistema de Control de Factores Psicosociales a la Optimización de la Organización en Obras de Cons-



- trucción. *Proyecto de Investigación y Desarrollo PID/U003 Especialización Higiene y Seguridad Laboral en la Industria de la Construcción*. FAU – UNLP. Chiavenato I (2005). Introducción a la Teoría General de la Administración. Mc Graw Hill, México ISBN 9701055004.
- Comité Mixto OIT-OMS sobre Medicina del Trabajo (1984). Factores Psicosociales en el Trabajo: Naturaleza, incidencia y Prevención. *Serie Seguridad e Higiene en el Trabajo* 56.
- Covaro B y Zuker S (2010). Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales: Análisis de Factores que Influyen sobre la Duración y Probabilidad de seguir con Dias de Baja Laboral 2010. Instituto de Estudios Estratégicos y Estadísticos, Área de Estadísticas e Investigaciones en Salud Laboral, SRT, disponible en http://www.srt.gov.ar/estadisticas/informes/2010/2010_DiasBaja.pdf (Consultado el 05 de abril de 2014).
- Davies RB y Harte DS (1987). Tests for Hurst effect. *Biometrika* 74:95-101.
- Devynck P, Wang G, Antar G y Bonhomme G (2000). The Hurst Exponent and Long-Time Correlation. *ECA* 24B: 632-635.
- Garmendia Salvador A, Garmendia Salvador L y Salvador Alcaide A (2011). ¿Es el Coeficiente de Hurst un Buen Indicador de Extinción de Especies? *Pensamiento Matemático* 0 (abril):1-11.
- Ghighiani P (2009). Acerca de los Estudios Cuantitativos sobre Conflictos Laborales en Argentina (1973-2009): Reflexiones sobre sus premisas Teóricas-Metodológicas. *Conflicto Social* 2(2):76-97.
- Goldratt E (2007). *La Meta*. Granica, Buenos Aires ISBN9789506415235.
- Granger CWJ (1980). Long memory relationships and the aggregation of dynamic models. *Journal of Econometrics* 14:227-238.
- Granger CWJ y Joyeux R (1980). An introduction to long-memory time series models and fractional differencing. *Journal of Time Series Analysis* 1:15-29.
- Granger CWJ (1990). Aggregation of time series variables: a survey, en Baker T y Pesaran MH (Editores) *Disaggregation in Econometric Modelling*, Routledge, London- New York: 17-34.
- Gutiérrez H E (2008). Estudio de Geometría Fractal en Roca Fracturada y Series de Tiempo. Memoria para Título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/143029481/Estudio-de-Geometria-Fractal-en-Roca-Fracturada-y-Series-de-Tiempo>. (Consultado el 8 de julio de 2014).
- Hurst HE (1951). Long Term Storage Capacity of Reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 116:770-799.
- Korn C y Espinosa Ch (2008). Dependencias de largo plazo en retornos de índices bursátiles internacionales. *Informe Área de Negocios* 64:9-12.
- Kydland F y Prescott E (1977). Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans. *Journal of Political Economy* June (): 473-492.
- Luengas Domínguez D, Ardila Romero E, Moreno Trujillo JF (2010). Metodología en Interpretación del Coeficiente de Hurst. *ODEON Observatorio de Economía y Operaciones Numéricas* 5: 265-290.
- Mandelbrot BB (1977). The Fractal Geometry of Nature. *The American Mathematical Monthly* 91(9):594-598.
- Mas Colell A (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press, London ISBN9750195073409.
- McCann D, Lee S, Belser P, Fenwick C, Howe J and Luebker M (2014). *Creative Labour Regulation: Indeterminacy and Protection in an uncertain World*. ILO Palgrave Macmillan, Inglaterra ISBN 97811372207.
- Ministerio de Trabajo, Empleo, y Seguridad Social (2012). Boletín de Estadísticas Laborales. *Revista de Trabajo* 8(10): 269-321.
- Motta M (2004). *Competition Policy: Theory and Practice*. Cambridge University Press, Londo ISBN 9780521016919.
- Quezada-Len A. (2006). Fractales y Opinión Pública: una Aplicación del Exponente de Hurst al Estudio de la Dinámica de la Identificación Ideológica. Universidad de Barcelona, Departamento de Psicología Social disponible en www.tdx.cat/bitstream/10803/2670/1/AQL_TESIS.pdf. (Consultado 8 de julio de 2014).
- Quintero Delgado O y Ruiz Delgado J (2011). Estimación del Exponente de Hurst y la Dimensión Fractal de una Superficie Topográfica a través de la Extracción de Perfiles. *Geomática UD GEO* 5:84-91.
- Racine R (2011). Estimating the Hurst Exponent. UD y la Geomática disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/article/view/3648/6866>. (Consultado el 8 de julio de 2014).
- Rendon de la Torre S, Morales Castro A (2012). Memoria de Largo Plazo en el Índice S&P 500. Un enfoque Fractal aplicando el Coeficiente de Hurst con el Método R/S. *XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración y Finanzas, Octubre 3, 4 y 5 del 2012, UNAM México DF*.
- Rodríguez CA (2005). *La Salud de los Trabajadores: Contribuciones para una Asignatura Pendiente*. SRT Argentina, Buenos Aires ISBN 90721928121.
- Sapag Chain N (2007). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Pearson, México ISBN 970260964X.
- Sierra JG (2007). Proceso Hurst y Movimiento Browniano Fraccional en Mercados Fractales: Valuación y Aplicaciones a los Derivados y Finanzas. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey disponible en <http://es.scribd.com/doc/96033051/Procesos-Hurst-y-Movimiento-Browniano-o-Fraccional-Mercados> (Consultado 8 de julio de 2014).
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo SRT (2013). *Serie histórica - Índices de AT/EP (excluye accidentes in itinere)*, Disponible en <http://www.srt.gov.ar/inicio/srt/contenidos-srt/estadisticas/accidentabilidad> (Consultado 5 de abril de 2014).
- Woolbridge, JM (2010). *Introducción a la Econometría, Un Enfoque Moderno*. Cengage Learning, México ISBN-13: 9789708300599.

José Luis Infante

jinfante@ing.unlp.edu.ar

Magister ingeniero, es profesor regular de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) para las Facultades de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo y Ciencias Económicas. Además, es autor de tres libros sobre economía y producción y de más de 20 trabajos publicados. Es consejero director de la Facultad de Ingeniería, UNLP-Argentina y miembro de la Comisión de Carrera de Ingeniería Industrial (clausuro de profesores) de la Facultad de Ingeniería, UNLP-Argentina.