

LA FÍSICA EN LA DINÁMICA URBANA: ANÁLISIS ENTRÓPICO DE LOS PAROS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Marcos Gaudiano. CIEM-CONICET. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. marcosgaudiano@gmail.com

Jorge Revelli. IFEG.CONICET. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. revelli.jorge@gmail.com

Carlos Lucca. Instituto de Investigación y Formación en Administración Pública. Universidad Nacional de Córdoba. carlos.lucca@unc.edu.ar

RESUMEN

La dinámica social es uno de los problemas más estudiados en sociofísica. Diversos fenómenos e interacciones humanas son modelados a través de técnicas y herramientas que provienen de la física estadística con el objetivo de entender y cuantificar las características colectivas emergentes de dichas interacciones.

En situaciones devenidas de la dinámica urbana, algunos factores socio-políticos no controlados pueden alterar una determinada respuesta social. En particular, y teniendo en cuenta que la sociedad (en sus diversas facetas) presenta siempre un orden o estructura organizativa, resulta necesario analizar la relación que una medida de fuerza mantiene con determinadas condiciones estructuradas provenientes desde una coyuntura social hasta la forma en que las ciudades están organizadas.

El objetivo del presente trabajo es analizar los patrones temporales que se registraron en paros y asambleas del transporte público de pasajeros ocurridos en la ciudad de Córdoba entre los años 2003 y 2017.

Para ello se utiliza la clasificación de regímenes de sistemas complejos que tienden al descontrol (Gaudiano, 2015). Este formalismo está basado en el concepto de entropía de la física. En consecuencia dicho análisis resulta cuantitativo y como tal podría usarse para comprender mejor la dinámica del fenómeno e informar la formulación de políticas públicas en la temática.

Primeros estudios sobre el tema muestran que la secuencia temporal de paros y asambleas presenta una evolución tal que se encuentra dentro de un régimen claramente

identificado en como uno de creciente conflictividad pero aún políticamente controlable.

PALABRAS CLAVE: paros y asambleas en el sistema de transporte / física estadística / sistemas complejos

1. INTRODUCCIÓN

Argentina ha registrado a lo largo de su historia distintos niveles de conflictividad laboral tanto en el sector público como en el sector privado, que se han llevado a cabo a través de diferentes modalidades¹.

Un registro anual de la información publicada por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS) del gobierno nacional sobre conflictos laborales con paro en Argentina en el período 2006-2017, pone de manifiesto que a lo largo de dicho período se registró, con variaciones, un incremento continuo de estos conflictos entre los años 2006 y 2016, con una reducción importante en términos relativos en el año 2017, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 1

Año	N° de Conflictos Laborales con Paro			Variación Anual
	Sector Público	Sector Privado	Totales	
2006	487	313	800	--
2007	561	298	859	7 %
2008	544	326	870	1 %
2009	574	338	912	5 %
2010	579	394	973	7 %
2011	615	357	972	0 %
2012	805	434	1239	27 %
2013	792	439	1231	-1 %
2014	868	482	1350	10 %
2015	807	442	1249	-7 %
2016	866	482	1348	8 %
2017	687	334	1021	-24 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MTEySS.

¹- El Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social del gobierno nacional clasifica los conflictos laborales en las siguientes categorías: (i) declaraciones de “estado de alerta”, (ii) anuncios con definición de fechas de realización de acciones conflictivas, (iii) asambleas, (iv) movilizaciones, (v) quites de colaboración, (vi) paros o huelgas, (vii) cortes o bloqueos y (viii) ocupaciones.

Por otra parte, como se concluye de la lectura de los informes elaborado por el MTEySS (<http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/conflictoslaborales/>), la distribución territorial de los conflictos laborales (considerados estos a través de la tasa de huelguistas por cada 1000 asalariados), ha tendido a seguir en términos generales la dimensión demográfica de las diferentes provincias, con la excepción de las provincias de la Patagonia y de la Región Centro (Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos), en donde a lo largo de la última década dicha tasa tendió a ser más elevada.

La concentración territorial de los conflictos también es reflejada en el informe “La Conflictividad Socio- laboral en Argentina” elaborado en 2017 por el Centro de Economía Política Argentina (CEPA), en el que se señala que el 31,3% de este tipo de conflictos tuvieron lugar en dicho año en el interior de la provincial de Buenos Aires, y las provincias de Córdoba, Santa Fé, Entre Ríos y La Pampa, el 25% en la Región Metropolitana de Buenos Aires, y el 18,8% en la Patagonia, distribuyéndose el 24,1 restante en el NOA, NEA y Cuyo.

Con respect al nivel de conflictividad del sector transporte (que incluye el transporte de pasajeros y el transporte de cargas), el informe sobre Conflictividad Laboral en el Año 2017 del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS) señala que en dicho año el sector del Transporte concentró la mayor cantidad de conflictos (representando el 28% del total), en donde “*se registraron numerosos conflictos protagonizados por choferes de distintas empresas de colectivos, localizadas principalmente en las jurisdicciones de Buenos Aires y Córdoba*” (MTEySS, 2017:5).

En este contexto general se inscribe el análisis del fenómeno en el que centra la presente ponencia, referido al nivel de conflictividad laboral en el sector de transporte de pasajeros de la Ciudad de Córdoba.

El análisis de la conflictividad laboral en dicho sector es relevante en la medida en la cual la adecuada prestación de los servicios de transporte urbano es fundamental para el buen funcionamiento económico y social de la ciudad, constituyendo para muchas familias una condición necesaria para acceder a un amplio conjunto de bienes y servicios urbanos vinculados con la salud, la educación y la recreación entre otros, que son centrales para expandir los grados de libertad con los que cuenta las personas (Sen, 2000), y materializar una de las dimensiones del derecho a la ciudad, tal cual lo

establece la Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad en su Artículo XIII (Derecho al Transporte Público y la Movilidad Urbana), en donde se señala que:

“Las ciudades deben garantizar a todas las personas el derecho de movilidad y circulación en la ciudad, de acuerdo a un plan de desplazamiento urbano e interurbano y a través de un sistema de transportes públicos accesibles, a precio razonable y adecuados a las diferentes necesidades ambientales y sociales (de género, edad y discapacidad)”.

(Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad en Cuadernos Geográficos Universidad de Granada, 2013: 375).

Cabe destacar que el presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación denominado “Identificación y Caracterización de las Relaciones entre la Población Residente en Zonas Socialmente Vulnerables, Sistema de Transporte Público y Acceso a Empleo y Servicios de Salud y Educación en la Ciudad de Córdoba para la Elaboración de Políticas de Movilidad Inclusiva²”, cuya finalidad es analizar el grado de accesibilidad que otorga el servicio de transporte público urbano de pasajeros, buscando identificar y describir las dificultades que deben enfrentar los residentes en zonas socialmente vulnerables en términos de movilidad para trasladarse a su lugar de trabajo, a centros educativos y de salud.

La investigación parte del supuesto de que la inversión insuficiente y planificación inadecuada de los servicios públicos impacta en la calidad de vida de la población y constituye un obstáculo para su bienestar, razón por la cual los servicios de transporte público adquieren un carácter estratégico ya que definen (ampliando o limitando) los grados de libertad con los que cuentan los habitantes de una ciudad para desplazarse y acceder a diversos activos (tangibles e intangibles) con los que cuentan las ciudades, y que resultan necesarios para su bienestar (Hernández, 2017).

En general, las demandas impuestas a los servicios de transporte público urbano revisten una gran complejidad por razones de carácter espacial, poblacional e institucional. En este escenario, los gobiernos municipales deben garantizar la provisión eficiente de transporte público para la totalidad de los usuarios, en condiciones de

²- Este proyecto de investigación se encuentra acreditado como Proyecto Consolidar Tipo I. Res SECyT N° 411/18

continuidad, regularidad y uniformidad, lo que implica introducir modificaciones en los procesos de planificación y gestión de este servicio permitiendo su adecuación a una demanda que experimenta cambios continuos, y enfocándose en la satisfacción de los sectores que podrían encontrarse, a partir de una movilidad restringida, en situación de marginación o exclusión.

Sin embargo, distintos grupos poblacionales tienen diferentes niveles de movilidad, y como consecuencia de ello un distinto grado de apropiación y uso de la ciudad y de las oportunidades que la misma brinda. Por lo que, tal como señala Hernández

“la movilidad no se distribuye de forma equitativa: hay personas que tienen más posibilidades de movilizarse que otras, hay quienes pueden movilizarse mucho más rápido y en más direcciones. La accesibilidad a bienes, servicios y oportunidades es clave para el bienestar de las personas y, por ese motivo, convierte al transporte público en una política social similar a muchas otras de mayor “tradición”, como la salud o la educación” (Hernández, 2017:166).

Es importante tener en cuenta que la cantidad y calidad con el que se prestan los servicios públicos (y en particular los servicios de transporte público) son (también) una función de los marcos institucionales que definen y regulan los mismos. Como señala North (2003), las instituciones son los sistemas de incentivos que estructuran las interacciones humanas, ya que no solo permiten reducir la incertidumbre del mundo, sino también llevar a cabo nuestras actividades y resolver los problemas efectivamente. Es decir que las instituciones proveen los incentivos y desincentivos para que las personas y las organizaciones se comporten de determinada manera, de modo que si las mismas son efectivas, estructuran y proveen los incentivos para el mejor desarrollo de las actividades políticas, sociales y económicas.

De acuerdo a North (2003), las instituciones están compuestas por reglas formales (leyes, ordenanzas, reglamentos y regulaciones), comportamientos informales (hábitos y prácticas aceptados por diferentes grupos sociales), y la aplicación de las reglas formales. En esta trilogía, la manera en la cual se llevan a cabo las acciones (definida por los comportamientos informales que tienen los actores individuales y colectivos) es la más importante ya que condicionan la forma en la cual se aplican las reglas formales.

En última instancia, son los modelos mentales que tienen los individuos lo que darán lugar a un conjunto de prácticas y comportamientos que se reconocerán como válidos, y que incidirán en las formas a través de las cuales se aplicarán las reglas formales, fortaleciendo las mismas o debilitándolas.

Lo relevante de esta situación es que tal como señala Nino (2005), cuando el comportamiento de los individuos es anómico (o tiende a serlo) se horadan y debilitan las reglas formales y la aplicación de las mismas, generando una creciente ineficiencia social e impactando como consecuencia de ello en el nivel de desarrollo de la sociedad.

Debido a lo antes señalado, el análisis del comportamiento de los actores que intervienen en la prestación del servicio de transporte público en la ciudad de Córdoba adquiere un rol relevante, en la medida en la cual permite comprender mejor la propensión que tienen los mismos a legitimar prácticas (comportamientos informales en el abordaje de North) que debilitan la aplicación de las reglas formales y dan lugar a un resultado ineficiente de la dinámica social, por el impacto negativo que tiene en el desempeño de diferentes individuos y grupos sociales.

Por lo señalado en los párrafos anteriores, se plantea la importancia de analizar el patrón de comportamiento de los conflictos laborales vinculados con el sector transporte, ya que la ocurrencia de los mismos se transforma en un factor de exclusión en el acceso a dichos bienes y servicios por parte de la población de menores recursos.

El presente análisis se realizó a partir de la base de datos de paros y asambleas en el transporte público de la ciudad de Córdoba construida en el Observatorio Urbano Córdoba de la Universidad Nacional de Córdoba (OUC-UNC).

Para la elaboración de esta base de datos se consultaron los registros on line de los tres principales medios de prensa escrita de la ciudad, los diarios La Voz del Interior, Día a Día y La Mañana de Córdoba, en el período comprendido entre el 1 de enero 2003 y el 31 de diciembre de 2017, registrándose los eventos ocurridos (paros o asambleas), la duración de los mismos contabilizada en cantidad de horas, el número de líneas de transporte afectadas y las razones que motivaron los reclamos planteados.

A partir de esta base de datos se procedió a analizar el patrón de ocurrencia de dichos conflictos utilizando la clasificación de regímenes de sistemas complejos que tienden al

descontrol (Gaudio, 2015). Este formalismo está basado en el concepto de entropía de la física, razón por la cual dicho análisis resulta cuantitativo y podría usarse para comprender mejor la dinámica del fenómeno e informar la formulación de políticas públicas en la temática.

2 APLICACIÓN DE CONCEPTOS PROVENIENTES DE FÍSICA ESTADÍSTICA A LA PROBLEMÁTICA ANALIZADA

El concepto de que muchos fenómenos de la naturaleza tienen un comportamiento estadístico está firmemente asentado en diversas áreas del conocimiento, y en particular en la física moderna, que cuenta con una rama destinada al abordaje estadístico de diversos fenómenos denominada física estadística y que ha adquirido el status de una disciplina en sí misma. Dado su marco conceptual general, ha habido recientemente una tendencia hacia la aplicación de la física estadística a diversos campos interdisciplinarios tan diversos como la biología, la medicina y las ciencias computacionales.

Otro campo donde la física estadística ha desarrollado recientemente diversos e importantes aportes es el social. La idea de aplicar modelos físicos para intentar dar una explicación a fenómenos sociales es en algún sentido más antigua que la idea del modelado estadístico de los fenómenos físicos. El descubrimiento de leyes cuantitativas en las propiedades colectivas de un gran número de personas, revelado por ejemplo a través de los ritmos de nacimientos y muertes de las mismas, fue uno de los temas iniciales de la estadística.

A pesar del gran número de grados de libertad con los que cuentan sus integrantes, las sociedades están caracterizadas por mostrar un cierto patrón de regularidades. Por ejemplo, existen transiciones desde un dado estado desordenado a otro de orden, como la formación espontánea de un lenguaje común o la emergencia de consensos alrededor de un tema específico.

En particular, en los comportamientos sociales se intenta entender ciertas regularidades a gran escala como fenómenos colectivos de interacción entre individuos. En el límite, por ejemplo, es razonable suponer que en un sistema prácticamente sin interacciones, la heterogeneidad es la característica dominante, dado que cada individuo

elegiría una respuesta personal a una situación determinada. Sin embargo, la experiencia cotidiana indica que las opiniones compartidas, el lenguaje y la cultura son procesos colectivos, variados pero acotados en número.

Es así que estudiar los fenómenos sociales a partir de las ideas provenientes de la física se ha ido transformando desde una mera declaración formal de carácter filosófico a una rama de estudio por parte de un número importante de físicos y matemáticos. Varios son los hechos que han contribuido al desarrollo de esta área del saber, tales como el desarrollo de las ciencias de la computación, el acceso a nuevas bases de datos, la aparición de nuevas formas de fenómenos sociales mayormente relacionados al desarrollo y expansión de internet, así como la tendencia de los científicos provenientes de las ciencias sociales a incorporar en sus análisis formulaciones de modelos simplificados y sus correspondientes análisis cuantitativos.

El objetivo de aproximar a la dinámica social con modelos matemáticos, es comprender mejor cómo tienen lugar estos fenómenos colectivos. La clave para una propuesta de este tipo radica en la interacción que hay entre los individuos. Este hecho tiende a asemejar y/o acercar las posturas individuales, llevando a que las personas tiendan en algún sentido a ser más parecidas entre sí. La repetición de las interacciones en el tiempo conduce a un grado más elevado de homogeneidad, la cual puede ser parcial o completa dependiendo de escalas tanto espaciales como temporales.

Una dificultad conceptual surge cuando se intenta describir la dinámica social desde el punto de vista de la física estadística. En las aplicaciones usuales, los componentes elementales de los sistemas investigados, átomos y moléculas, son objetos relativamente simples cuyo comportamiento es bien conocido: los fenómenos macroscópicos no se deben al comportamiento complejo de las partículas que lo componen, sino más bien son debido a los efectos colectivos no triviales resultantes de las interacciones de un gran número de partículas elementales.

Los seres humanos representan la otra cara a las entidades elementales simples. El comportamiento detallado de cada persona resulta complejo, ya que es el producto de diversos procesos de índole tanto fisiológico como psicológico que en gran medida se desconocen. Nadie conoce precisamente la dinámica de una persona. Es más, si se conociese la verdadera naturaleza de tales interacciones, sería aún más complicado que

las leyes que rigen el comportamiento atómico. Sería imposible describir la totalidad de una dinámica social a partir de leyes simples y pocos parámetros, razón por la cual cualquier modelado de los sistemas sociales involucra inevitablemente una gran simplificación de los problemas reales.

Resulta claro que cualquier investigación sobre los modelos sociales debe tener en cuenta dos grados de dificultad. El primero se encuentra vinculado a la definición de modelos microscópicos sensibles y realistas. El segundo resulta del usual problema de inferir la fenomenología macroscópica a partir de comportamientos a nivel microscópico.

Obtener resultados útiles fuera de estos modelos parece una tarea poco probable.

A pesar de la aparente diversidad, los fenómenos culturales, lingüísticos y de formación de opinión son generalmente modelados en términos de un conjunto relativamente pequeño de variables cuya dinámica está determinada básicamente, por la interacción social. La interpretación de tales variables representará diferentes aspectos sociales según sea el caso analizado. Una variable binaria indicará un sí o un no a una cuestión política en un análisis acerca de los procesos de formación de opinión, o bien dos sinónimos en un contexto de la evolución del lenguaje o dos versiones sobre un dado tema si se está frente a una dinámica de difusión de rumores.

En muchos casos, la dinámica tiende a reducir la variabilidad del estado inicial, y de esta manera conducir a un estado ordenado donde los individuos de una comunidad comparten algunas características de opinión, culturales o lingüísticas. Por otro lado, en otras situaciones el sistema puede converger a un estado fragmentado o desordenado.

El modo en que estos sistemas evolucionan puede ser identificado de una manera única usando diversas herramientas provenientes de la física estadística. En este sentido, algunas de las cuestiones generales relevantes tienen que ver con saber cuáles son los mecanismos de interacción fundamentales que permiten la emergencia de un consenso o bien de una nueva posición. Qué tipo de proceso favorece la homogeneización de un estado o bien enmascara otros.

Cualquier modelo social no tiene en cuenta un gran número de detalles. En otras palabras, no se dispone de suficiente información para llevar adelante un razonamiento

deductivo. Se necesitan, por ende, herramientas devenidas de la estadística para que uno pueda inferir conclusiones lógicas a partir de la limitada información de la que se dispone.

Las preguntas serían entonces las siguientes:

¿cómo abordar el estudio de sistemas sociales a partir de la restricción de no contar con información completa y detallada de la dinámica de los mismos?.

¿cómo se podrían cuantificar las variables de manera de permitirnos entender mejor la dinámica de un determinado fenómeno social, como por ejemplo la ocurrencia de conflictos laborales a lo largo del tiempo?

Algunos Conceptos Fundamentales.

Para respondernos estas preguntas haremos uso de dos conceptos que provienen de la Matemática y de la Física: la dimensión fractal y la entropía.

Sin entrar en mayores detalles ni tecnicismos, es posible decir que la dimensión fractal (Mandelbrot, 1983) es una cantidad que mide el tipo de estructura con el que cuentan los patrones, en particular los patrones temporales³. En nuestro caso la dimensión fractal es un número que lo representamos por la letra D y cuyo rango de variación va de 0 a 1. Un valor de D igual a 0 significa que el patrón no tiene estructura, y por el contrario, un valor de D igual a 1 implica un patrón completamente estructurado o regular. Valores de D que no son ni 0 ni 1 indican que los patrones poseen cierto grado de estructura.

En segundo lugar, la entropía es un concepto relacionado a la idea de “desorden dentro de un sistema”. También se la puede conceptualizar como una medida del grado de desconocimiento, incertidumbre o ignorancia que se tiene del sistema. Esta cantidad, denotada por la letra S, asumiremos que es mayor o igual a cero. Un sistema que posee una entropía igual a cero ($S=0$) se corresponde con la idea de mínima incertidumbre. En cuanto mayor sea el valor de S, tendremos menor conocimiento sobre el sistema (Downarowicz, 2011).

³.- Se entiende aquí por patrón a la sucesión de elementos que se construye siguiendo una determinada regla.

Como veremos a continuación, ambas cantidades D y S tienen una característica en común: son cantidades asociadas al sistema en su conjunto, tomado como un todo, y no a sus constituyentes fundamentales.

Con estos conceptos se pretende contribuir a cuantificar y dimensionar la magnitud y alcances de las protestas gremiales. ¿Cuándo la patronal o el gremio se han excedido en sus reclamos? ¿Cómo comparar protestas que tienen lugar en diferente momento? ¿Cómo comparar las protestas entre distintos escenarios geográficos?.

Bien es sabido que no solo el número de paros es importante, sino que también lo es la fuerza con la que se manifiesta la protesta que influye sobre la manera en la que las mismas están distribuidos en el tiempo. En el marco de estudio de los Sistemas Complejos, la existencia de patrones es ubicua (Mandelbrot, 1983). Así, pensando el sistema patronal/gremial como una interrelación de un sistema vivo y dinámico, vamos a asumir a la largo del trabajo que la distribución en el tiempo de los paros de transporte no es aleatoria, sino que formará patrones a los que se le podrá asociar una dimensión fractal D, como se mencionó anteriormente.

2.1 Análisis de los Datos

A partir de la base de datos elaborada en el Observatorio Urbano Córdoba de la Universidad Nacional de Córdoba, analizaremos intervalos a lo que denominaremos T, que comprenden 64 días cada uno ($T=64$ días), y que serán representados como secuencias que tienen la siguiente forma:

0000111000000010010000100000000001110100100000101111100000000100

En donde los 0's significan que fueron días en el que no se realizaron paros o asambleas, y los 1's días en los que se registraron algunos de estos dos eventos.

De este modo, si al n-esimo día le corresponde un "0", significa que ese día no hubo paro o asamblea en el sistema de transporte público. Caso contrario, un "1" significará que sí tuvo lugar alguna protesta durante esa jornada.

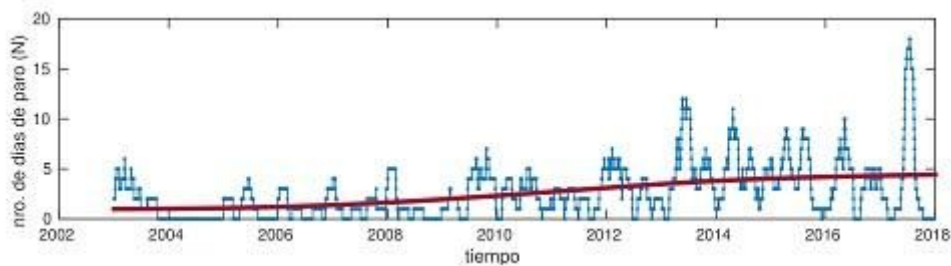
La dimensión fractal D de la secuencia compuesta por los 64 0's y 1's se calcula mediante el "Algoritmo de Box-Counting" (Mandelbrot, 1983). Matemáticamente se puede ver que $D=1$ se corresponde con patrones de paros en los cuales en casi todos los

días hay paros o asambleas de transporte. En el otro extremo, $D=0$ significa que no hay prácticamente ningún día con paros o asambleas durante las 64 jornadas.

La cantidad de días de paros (N) durante el período T está dada simplemente por la cantidad de 1's en la secuencia.

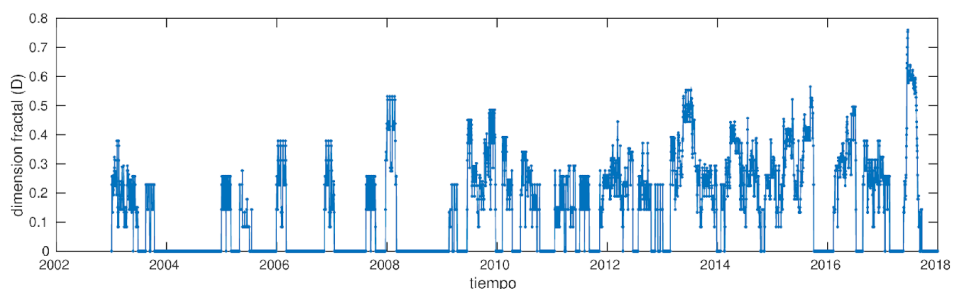
Como se mencionó anteriormente, en el OUC-UNC fueron generados datos correspondientes al período 01/01/2003 al 31/12/2017, que cubre un total de 5475 días. A cada día se lo puede imaginar centrado en intervalos de T días ($T/2$ días hacia atrás y $T/2$ días hacia adelante). Así, a cada día se le puede asignar una dimensión fractal D y número de paros N (que serán la D y N del intervalo de T días en el cual está centrado el día). En las figuras siguientes se ve la evolución de N y D en el tiempo.

Figura 1. Cantidad de días de paro (N) en el período 2003-2017



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Dimensión fractal (D) correspondiente a los días de paro (N) en el período



2003-2017

Fuente: Elaboración propia

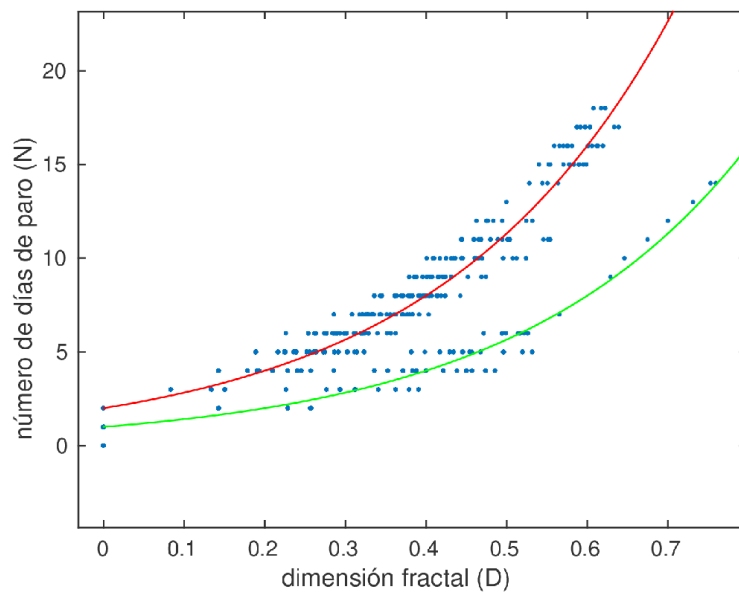
Debemos notar que la correspondencia entre N y D no es biunívoca. Como se muestra en la Figura 1, el número de paros N es una magnitud de por sí absoluta, que no da cuenta del tipo de paro. De hecho la cantidad que indicaría algún nivel de

organización durante los 64 días es D . Así dado N se tiene una variedad de patrones D de paros posibles [gaudiano1025]:

$$D_{\min}(N) < D < D_{\max}(N)$$

Además, matemáticamente se sabe que a valores más altos de D , el patrón de 1's estará más organizado en un sentido claramente dado por la entropía [gaudiano2015], como se dijo al comienzo.

Figura 3 Representación de la relación entre el número de paros (N) y la dimensión fractal (D)



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 3 una clara tendencia de los pares (D,N) a ubicarse alrededor de la curva roja máxima. Es decir, dado una cantidad de paros N fija, la dimensión D tiende a ser mínima, correspondiéndose con un menor grado de organización, y por ende con un mayor desorden.

La entropía S es una cantidad que depende tanto de D como de N y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S(D,N)=\log\Omega(D,N)$$

donde la fórmula de $\Omega(D,N)$ se calcula a partir de [gaudiano2015]. $\Omega(D,N)$ es el n° de configuraciones posibles de 0's y 1's con dimensión D y paros N . Por ejemplo, la

secuencia presentada con anterioridad es una posible configuración. En este caso la secuencia en la señalada $D=0.62$ y $N=18$. Pero, contando sólo con los valores de D y N no tenemos información suficiente, pues de hecho hay unas $\Omega(0.62,18)\approx 10.000.000.000$ de configuraciones posibles con estas mismas características⁴. El valor de la entropía para los valores señalados de D y N es $S=33.5$, valor que precisa a cual de todas las configuraciones posibles de D y N nos estamos refiriendo.

Por el contrario, cuando la configuración está compuesta por todos 0's o todos 1's, el valor resultante de la entropía es $S=0$, porque en ambos casos solo hay una única configuración posible.

En ambas situaciones la acción posible a tomar por parte del usuario de transporte es en promedio predecible, debido a que tiene una baja incertidumbre (o entropía). Sin embargo, las dos situaciones claramente no tendrán iguales consecuencias en el accionar diario: en una hay 64 días de paros seguidos, y en la otra no hubo nunca paro. O sea que la entropía por si sola no da cuenta de esta diferencia. Esto nos lleva a la clasificación entrópica.

Gaudio (2015) estudia regímenes generales de incontrolabilidad de Sistemas Complejos. Sin entrar en más detalles, estos regímenes surgen de estudiar el desconocimiento asociado a cada patrón D per se. Esto está dado por una entropía que solo depende de D :

$$S(D)=\log \sum_N \Omega(D,N)$$

donde \sum_N significa sumar sobre todos los N posibles (i.e los N que estén entre la curva verde y la roja de la Figura 3). Esta entropía de los patrones en D tiene asociada distintos regímenes, los cuales indican sucesivos estadios con distinto tipo de incontrolabilidad del sistema complejo. En nuestro contexto estos regímenes pueden ser interpretados con diferentes grados de conflictividad de la protesta.

Podemos visualizar este marco teórico en la Figura 3. Los pares (D_1,S_1) , (D_2,S_2) y (D_3,S_3) establecen los límites de los regímenes mencionados (Gaudio, 2015).

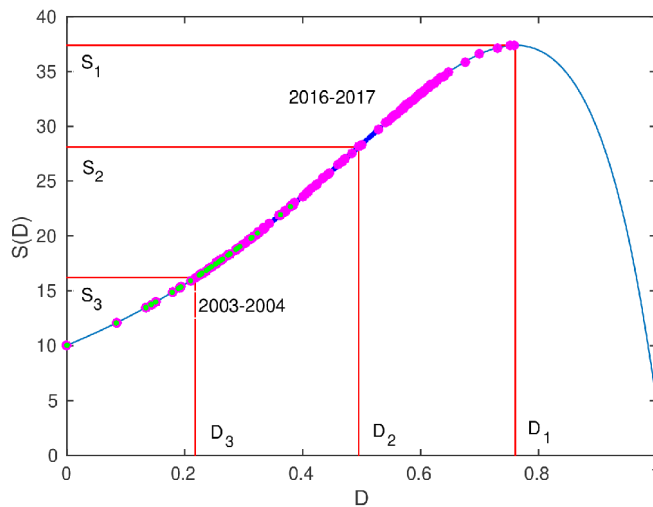
⁴- Este número surge de las distintas combinaciones posibles de 0's y 1's en la secuencia, manteniendo constante los valores de D y N

En términos entrópicos:

- * Si ocurre que $S(D) < S_3 = 16.2$: estamos frente a un régimen de controlabilidad elevada
- * Si ocurre que $S_3 < S(D) < S_2 = 28.1$: se trata de un régimen controlable, pero con incontrolabilidad creciente
- * Si ocurre que $S_2 < S(D) < S_1 = 37.4$: se trata de un régimen incontrolable (el sistema no se auto-acomoda por tendencia natural y en todo caso, hará falta usar una fuerza que lo corrija), pues la entropía crece y además es relativamente alta.

Los datos recolectados entre los años 2003 y 2017 muestra una tendencia hacia regímenes de mayor conflictividad: los puntos verdes de la Figura 4 corresponden al periodo 2003-2004, mientras que los puntos magentas son del período 2016-2017.

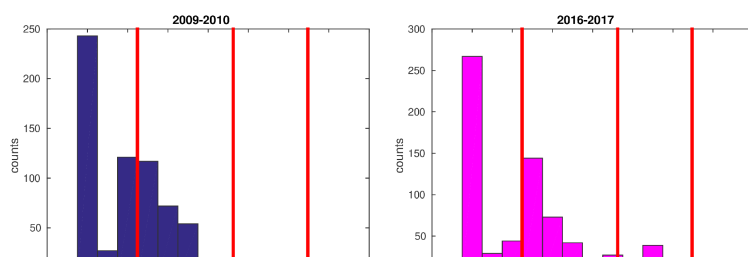
Figura 4 Representación de la entropía (S) como función de la dimensión fractal (D)

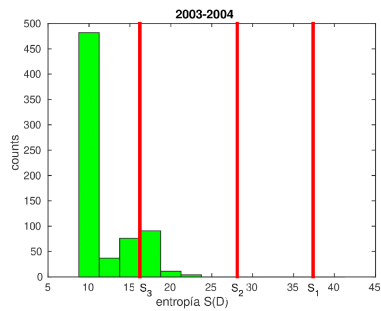


Fuente: Elaboración propia

Una forma de ver con más claridad esta tendencia hacia la mayor conflictividad es a través de los siguientes histogramas (notar la correspondencia con los colores de los puntos de la Figura 4):

Figura 5 Histograma de la función entropía (S) para distintos rangos de tiempo





Fuente: Elaboración propia

Es necesario señalar que si bien este marco teórico no proporciona una predicción de tipo determinista, sí señala una tendencia de las protestas gremiales a desplazarse hacia regímenes cada vez más incontrolables

y conflictivos. Más específicamente esto constituye lo que se podría señalar como una tendencia característica de una gran variedad de sistemas complejos según (Gaudiano, 2015).

Este mismo marco teórico se utilizó para estudiar la expansión espacial descontrolada de áreas urbanas (Encarnacao, 2012), describir el descontrol asociado a la deforestación en el Amazonas (Jinsun, 2014) y en modelos sociológicos de formación de opinión (Revelli, 2019), lo que refleja el amplio abanico de cuestiones políticas, sociales y ambientales que pueden ser analizados desde esta perspectiva.

3 CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo en cuenta medidas de fuerza registradas a lo largo del tiempo. No se especificó el tipo de causa u origen de cada una de dichas protestas. Tampoco describe el grado en el cual los distintos usuarios del sistema de transporte fueron afectados por los paros ocurridos. Sin embargo el presente abordaje puede emplearse para analizar también estas cuestiones⁵.

En sociología muchas veces se dispone de una gran cantidad de datos con cierta correlación que son de difícil interpretación, o que a prima facie no pueden analizarse en un marco teórico provisto por otras metodologías. Incluso frecuentemente un análisis determinado de datos permite poner en evidencia ciertas características del fenómeno analizado, pero no permite reconocer otras características del mismo como consecuencia de encontrarse fuera de los límites conceptuales del abordaje teórico utilizado.

⁵- Incluso podrían realizarse estos análisis con la misma base de datos que se dispone, analizándola convenientemente.

Esta es la principal razón por la cual de manera creciente en distintos ámbitos académicos y científicos del mundo se aboga por el desarrollo de abordajes interdisciplinarios, y en el límite transdisciplinarios, buscando desarrollar nuevos enfoques a fenómenos políticos, sociales, económicos y ambientales (entre otros) de creciente complejidad.

En relación a lo anterior, el presente enfoque proporciona un lenguaje común. Es claro que este análisis podría haberse realizado para cualquier otra ciudad del planeta o con referencia a otros períodos temporales estableciéndose medidas que cuantifiquen la conflictividad independientemente del tiempo y el espacio.

El análisis presentado en esta ponencia permite señalar que concluir que las medidas de política pública impulsadas por las autoridades correspondientes deberían guardar relación con el grado de controlabilidad o incontrolabilidad que presente el fenómeno, para que las mismas sean efectivas, ya que no deberían aplicarse las mismas políticas en un régimen de controlabilidad alta que en un régimen más descontrolado. Es más, en la medida de que se ocupen estadios de mayor conflictividad, el abanico de políticas posibles se reducirá notablemente (Gaudiano, 2015].

Para finalizar, en el caso analizado aquí (los paros y asambleas en el transporte público de la ciudad de Córdoba), se logró establecer cómo la conflictividad aumentó a lo largo del tiempo, y a partir de argumentos técnicos, indicar porqué la situación se está volviendo cada vez más incontrolable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Downarowicz, T (2011). *Entropy in Dynamical Systems*. Cambridge, New York: Cambridge University Press
- Encarnação, S.; Gaudiano, M.; Santos, F.C.; Tenedório, J.A.; Pacheco, J.M. (2012) Fractal Cartography of Urban Areas, *Sci. Rep.* 2 (2012) 527. <http://dx.doi.org/10.1038/srep00527>.
- Gaudiano, M (2015). An Entropical Characterization for Complex Systems Becoming out of Control. *Physica A* 440. 185–199.
- Gaudiano, M. y Revelli, J. (2019). Spontaneous Emergence of a Third Position in an Opinion Formation Model. *Physica A* 521. 501–511
- Mandelbrot, B. (1983). *The Fractal Geometry of Nature*: W. H. Freeman and Company.
- Nino, C. (2005). *Un País al Margen de la Ley*. Buenos Aires. Ariel.

- North, D. (2003). Understanding the Process of Economic Change. *Forum Series on the Role of Institutions in Promoting Economic Change*. Washington DC. George Mason University.
- Sen, A. (2000). *Desarrollo y Libertad*. Buenos Aires. Planeta
- Sun, J.; Huang, Z.; Zhen, Q.; Southworth, J.; Perz, S. (2014). Fractally deforested landscape: Pattern and process in a tri-national Amazon frontier, *Applied Geogr.* 52 204–211.