

RESEARCH ADVANCE

# UNA COMPARACIÓN ENTRE TRANSICIONES DE FASE Y CONFLICTOS SOCIALES APLICADA A LAS ANTIGUAS CIVILIZACIONES MESOAMERICANAS

## *A Comparison between Phase Transitions and Social Conflicts Applied to the Ancient Mesoamerican Civilizations*

*Juan César Flores,<sup>1</sup> Pascual Izquierdo-Egea<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá (Arica, Chile) ([cflores@uta.cl](mailto:cflores@uta.cl))

<sup>2</sup> Laboratorio de Arqueología Teórica (Graus, España)

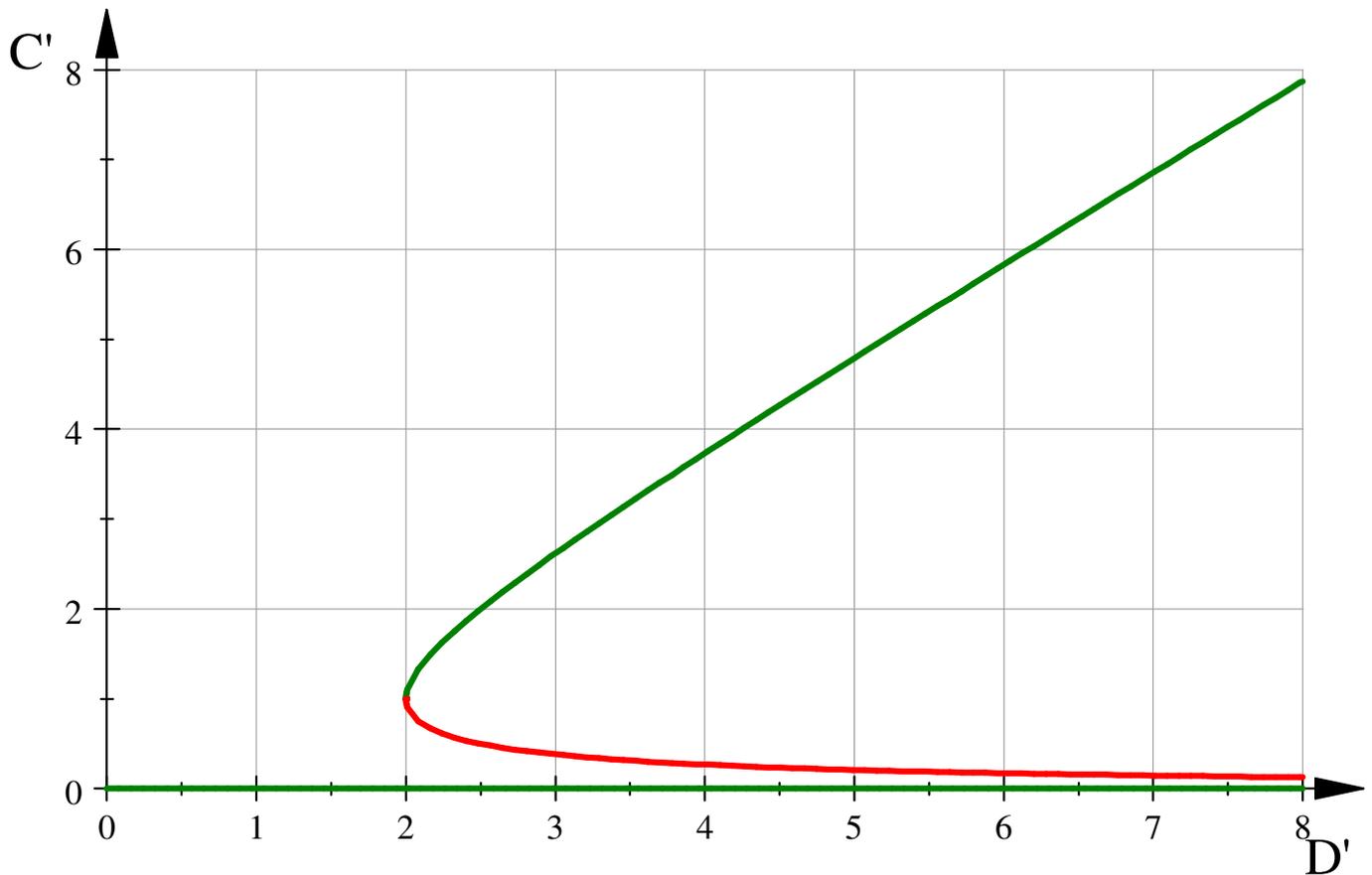


Figura 1. Este diagrama de «fase» normalizado (universal) permite determinar toda la dinámica del sistema social descrito por la ecuación (1). Esta representa la evolución de la conflictividad social ( $C'$ ) en función del tiempo y de los parámetros de desigualdad social ( $D'$ ) y riqueza relativa. El diagrama de la figura muestra las soluciones de equilibrio estable para  $C'$  en función de  $D'$ . La curva verde de la gráfica y la línea del mismo color ubicada en el eje de abscisas son las soluciones estables, denominadas atractores, donde terminan las soluciones dinámicas que comienzan en cualquier punto del plano coordenado. Por ejemplo, consideremos un sistema social cuyos parámetros caen por debajo de la solución inestable (curva roja). Dicho sistema social tenderá con el tiempo al atractor verde sin conflicto ( $C' = 0$ ). Por el contrario, un sistema social que se ubique por encima de la solución inestable (curva roja) caerá en el atractor superior (curva verde) que posee conflictividad.

*Recibido: 25-4-2018. Aceptado: 10-5-2018. Publicado: 18-5-2018.*

Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. English proofreading by Emily Lena Jones.  
Arqueol. Iberoam. Open Access Journal. License CC BY 3.0 ES. <http://purl.org/aia/3806>.

**RESUMEN.** *La conexión cuantitativa entre conflictividad social, desigualdad y riqueza relativa es reexaminada desde la perspectiva de las transiciones de fase. La conflictividad puede, o no, desarrollarse a partir de valores críticos de la riqueza y la desigualdad. En efecto, para valores pequeños de la desigualdad (o grandes de la riqueza relativa), la conflictividad social no se manifiesta. Contrariamente, la conflictividad sí aparece por encima de los valores críticos de desigualdad y riqueza relativa. Su aplicación a la Mesoamérica prehispánica (1200 a. C.-1520 d. C.), representada por la cuenca del río Balsas, muestra que en ese caso siempre hubo conflictividad. De hecho, en el periodo Clásico Temprano (200 al 650 d. C.) alcanzó su nivel más bajo, ligeramente por encima del valor crítico.*

**PALABRAS CLAVE.** *Transiciones de fase; conflictos sociales; antiguas civilizaciones mesoamericanas.*

**ABSTRACT.** *This study uses a phase transition perspective to reexamine the quantitative connection between social conflicts, inequality, and relative wealth. At low levels of social inequality (or large relative wealth), social conflicts do not manifest. However, once critical values of wealth and inequality are reached, conflicts appear. In pre-Hispanic Mesoamerica (1200 BC to 1520 AD), here represented by the Balsas river basin, conflicts were always present. Indeed, in the period from 200 to 650 AD (Early Classic) social conflicts reached their lowest level, only slightly above the critical value.*

**KEYWORDS.** *Phase transitions; social conflicts; ancient Mesoamerican civilizations.*

## INTRODUCCIÓN

Tal como se propuso recientemente (Izquierdo-Egea 2015) a partir de evidencias empíricas obtenidas de numerosos contextos funerarios antiguos, la conflictividad social ( $C_0$ ), la desigualdad ( $D_0$ ) y la riqueza relativa ( $R_0$ ) están cuantitativamente interconectadas, permitiendo obtener información relevante sobre las civilizaciones antiguas. De hecho, parece lógico pensar que a mayor desigualdad social correspondería mayor conflictividad; y a mayor riqueza relativa, menor conflictividad (Izquierdo-Egea 2015). Todo depende del reparto que se haga de esa riqueza generada por la actividad económica. De hecho, la desigualdad social medida a partir del registro material no es otra cosa que un indicador de dicho reparto. Por tanto, actividad económica o riqueza relativa y desigualdad social están íntimamente unidas. Finalmente, cabe destacar que la riqueza relativa amortizada en función del tiempo expresa fielmente el nivel alcanzado por la economía en cada momento.

## OBSERVANDO LA EVOLUCIÓN SOCIAL DE LA CONFLICTIVIDAD

Es lógico pensar que la aparición de conflictos sociales requiere un umbral, o valor crítico, de desigualdad y riqueza relativa. Partiendo de esa premisa, por ejemplo, un bajo nivel de desigualdad social no genera necesariamente conflictividad. En este trabajo propone-

mos que la conflictividad social evoluciona temporalmente de acuerdo con la siguiente ecuación diferencial de tercer orden:

$$\frac{d}{dt} C = -rC(1 - D_0C + R_0C^2) \quad (1)$$

Donde los parámetros  $D_0$  y  $R_0$  son fijos y la tasa  $r$  define una escala temporal característica de los cambios sociales en la población considerada.

Desde una perspectiva puramente matemática, la ecuación anterior aparece en un gran número de problemas interdisciplinarios, entre otros propios de la física matemática: ecológicos y biológicos (Murray 2010; Boccaro 2010), arqueológicos (Flores 2015), climatológicos (Lenton 2008), económicos (Puu 2003).

En particular, la ecuación (1) define transiciones de fase en física (teoría de campo medio). Es decir, la aparición de una propiedad, tal como la imantación, en función de la variación de un parámetro de control como, por ejemplo, la temperatura (Le Bellac 1991).

## LAS TRES SOLUCIONES DE EQUILIBRIO

En el equilibrio ( $dC/dt = 0$ ), la ecuación (1) da origen a una ecuación algebraica de tercer orden y puede tener una o tres soluciones dependiendo de los parámetros  $D_0$  y  $R_0$ . Estas soluciones formales son:

$$C = 0 \quad (2a)$$

$$C_{\pm} = \frac{D_0}{2R_0} \pm \frac{D_0}{2R_0} \sqrt{1 - \frac{4R_0}{D_0^2}} \quad (2b)$$

Su clasificación depende del valor del «parámetro de control» definido por  $4R_0/D_0^2$  en la raíz de la ecuación (2b). Existen tres casos:

- Cuando  $4R_0/D_0^2 > 1$ , la única solución real estable (atractor) es  $C = 0$  (2a), que corresponde a una sociedad sin conflictos observables.
- Cuando  $4R_0/D_0^2 < 1$  entonces existen tres soluciones de equilibrio ((2a) y (2b)) donde:
  - a)  $C = 0$  es aún una solución de equilibrio estable (atractor).
  - b) Las otras dos soluciones son  $C_+$ , que es estable (atractor), y  $C_-$ , inestable (un repulsor).
- Finalmente, la igualdad  $4R_0/D_0^2 = 1$  define la solución crítica (o punto crítico).

Cabe destacar que para grandes parámetros de desigualdad social en relación a la riqueza relativa, la solución real y estable  $C_+$  se convierte en

$$C_+ \approx \frac{D_0}{R_0} \quad (\text{cuando } 4R_0 \ll D_0^2) \quad (3)$$

que corresponde a la expresión estadística propuesta por Izquierdo-Egea (2015), usada como fuente para la construcción de la ecuación dinámica (1).

## SOLUCIÓN GRÁFICA PARA EL CASO ESTUDIADO

La figura (1) muestra las soluciones de equilibrio de la ecuación (1) rotuladas como (2a) y (2b) en la sec-

ción anterior. Aquí se da una explicación gráfica de las mismas para facilitar su comprensión.

Usamos por simplicidad las siguientes redefiniciones para la conflictividad y la desigualdad social:

$$C' = C \sqrt{R_0} \quad (4)$$

$$D' = \frac{D}{\sqrt{R_0}} \quad (5)$$

Esta nueva parametrización le da a la gráfica un carácter universal en el sentido de que, por ejemplo, el valor numérico del punto crítico (empalme entre la curva roja y la verde) es absoluto e independiente de la civilización o población estudiada. De hecho, el punto crítico universal se alcanza cuando  $D' = 2$  y corresponde a un valor  $C' = 1$  para la conflictividad reparametrizada.

La línea de color verde horizontal ( $C' = 0$ ) corresponde a un atractor donde no existe (esencialmente) conflicto social. La curva roja es inestable y cualquier sociedad cuyos parámetros de conflictividad y desigualdad estén por debajo tenderá a la curva de nula conflictividad ( $C' = 0$ ). Por el contrario, cualquier punto que esté por encima tenderá a la curva superior (verde) de conflictividad bien definida.

## LA CUENCA DEL RÍO BALSAS Y LA MESOAMÉRICA PREHISPÁNICA

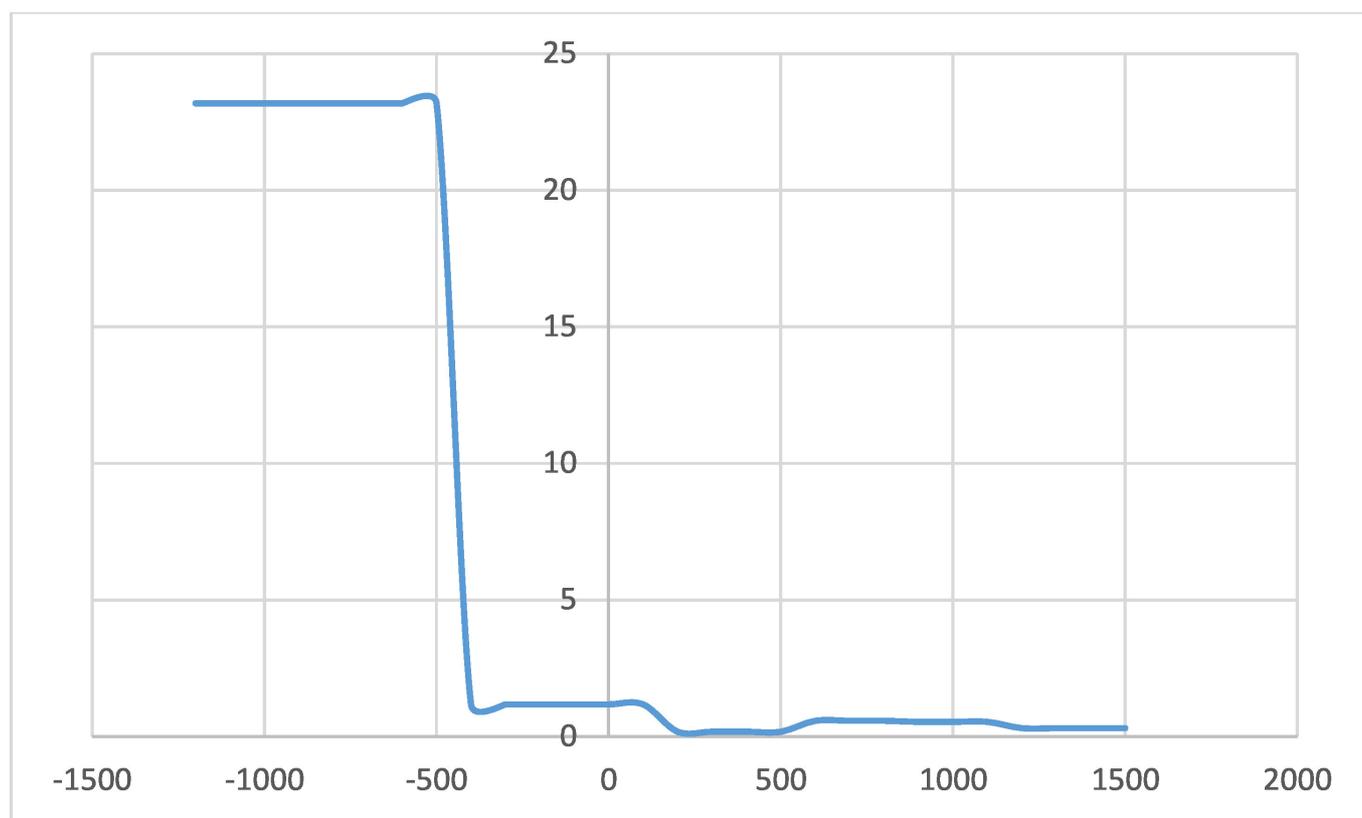
Es uno de los sistemas fluviales más importantes de México. Los datos aquí mostrados provienen de ofrendas de entierros excavados cuando se construyó la re-

Tabla 1. Datos de la civilización mesoamericana representada en la serie temporal de la cuenca del río Balsas, México.

Cronología	R	D	C	D'	C'
-1200/-400	3,34	77,38	23,17	42,3404522	42,3447202
-400/200	150,68	176,99	1,17	14,4185279	14,3619585
200/650	315,26	52,32	0,17	2,9466822	3,01844563
650/900	152,73	86,78	0,57	7,02194575	7,04428683
900/1200	179,13	95,74	0,53	7,15334647	7,09349117
1200/1520	260,32	77,56	0,30	4,8071097	4,8403306

R: riqueza; D: desigualdad; C: conflictividad; D': desigualdad redefinida; C': conflictividad redefinida.

Figura 2. Valor de la conflictividad social en función del tiempo medido en años.



presa del Infiernillo (Izquierdo-Egea 2018). Esta serie temporal cubre la mayor parte de la cronología prehispánica de Mesoamérica y coincide con otras zonas de esta vasta región como Monte Albán y el Yucatán de época maya. Existe acuerdo en cuanto a que el colapso de esas civilizaciones mesoamericanas fue un fenómeno generalizado y relacionado en parte con extremas condiciones de sequía (Izquierdo-Egea 2016).

La tabla 1 muestra los datos para la civilización mesoamericana representada en esta serie temporal. Dicha tabla está descrita en términos cronológicos, entendiendo que las fechas antes de nuestra era conllevan un signo menos y son aproximadas.

En este sentido, las cifras más elevadas de la anterior tabla se ajustan fuertemente a la recta dada por la ecuación (3). Nótese que ningún punto está en la zona sin conflicto donde  $D' < 2$  y  $C' = 0$ .

De la gráfica de la figura 1 se deduce que en esta civilización siempre hubo conflicto, sin embargo, durante el periodo Clásico Temprano (c. 200-650 d. C.) fue relativamente tenue. De hecho, en ese momento, la economía mesoamericana experimenta la época de mayor prosperidad de toda la serie temporal.

Finalmente, como un ejemplo cronológico, la figura 2 muestra explícitamente el valor de la conflictivi-

dad social en función del tiempo, tomado de la mencionada tabla. La separación se hizo de cien en cien años. Claramente, en el periodo Clásico Temprano (c. 200-650 d. C.) dicho parámetro registra su valor más bajo, al igual que a lo largo del Posclásico Tardío (c. 1200-1520 d. C.).

## CONCLUSIONES

Se ha reexaminado la existencia de un vínculo cuantitativo entre conflictividad social, desigualdad y riqueza relativa (ecuación 3).

Desde el punto de vista de una transición abrupta (de fase), la conflictividad social es un fenómeno crítico que podría darse (o no) dependiendo de los valores de la desigualdad y la riqueza relativa. En efecto, existen tres casos dependiendo del valor de esos parámetros: a) una sociedad (esencialmente) sin conflictos sociales, b) una sociedad con conflictividad y c) el caso crítico, que es inestable, donde cualquier perturbación desencadena o no conflictos (fig. 1).

La situación fue descrita en términos del espacio de parámetros (espacio de fase) y es de carácter universal

en el sentido de que se aplicaría a cualquier sociedad caracterizada por los parámetros de conflictividad, desigualdad y riqueza. En particular, como un ejemplo práctico, fue considerada la civilización de la Mesoamé-

rica prehispánica en el río Balsas (c. 1200 a. C.-1520 d. C.), una sociedad donde siempre hubo conflicto aun cuando durante el Clásico Temprano (c. 200-650 d. C.) la conflictividad estuvo muy cerca del valor crítico.

### Sobre los autores

J. C. FLORES es Doctor en Ciencias (mención Física) por la Universidad de Ginebra, Suiza. Entre sus líneas de investigación destacan: sistemas dinámicos y física no lineal, aplicaciones interdisciplinarias y estado sólido. Es titular en el Instituto de Alta Investigación (IAI-UTA), Arica, Chile. Correo electrónico: cflores@uta.cl.

P. IZQUIERDO-EGEA (arqueologia@laiesken.net) se doctoró con honores en la Universidad Autónoma de Barcelona (1993). Como investigador del Laboratorio de Arqueología Teórica (Graus, España), se ha especializado en la arqueología de los fenómenos sociales (fluctuaciones económicas, desigualdad social, conflictividad, colapso social). También es director y editor de la revista científica Arqueología Iberoamericana desde su fundación a principios de 2009.

### REFERENCIAS

- BOCCARA, N. 2010. *Modelling Complex Systems*. Berlín: Springer.
- FLORES, J. C. 2015. A phase-transition model for the rise and collapse of ancient civilizations: A preceramic Andean case study. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 440: 155-160.
- IZQUIERDO-EGEA, P.
- 2015. Una técnica estadística para medir la conflictividad social a través del registro arqueológico. *Arqueología Iberoamericana* 25: 5-18.
  - 2016. Calculando el nivel de recursos disponibles a partir del registro funerario mesoamericano. *Arqueología Iberoamericana* 29: 62-67.
  - 2018. Leslie A. White y la medición objetiva del cambio cultural de la humanidad. *Arqueología Iberoamericana* S2: 15-18.
- LE BELLAC, M. 1991. *Quantum and Statistical Field Theory*. Oxford: Clarendon Press.
- LENTON, T. M. 2008. Tipping elements in the Earth's climate systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 105/6: 1786-1793.
- MURRAY, J. D. 2010. *Mathematical Biology*. Vols. I & II. Berlín: Springer.
- PUU, T. 2003. *Attractors, Bifurcations and Chaos: Nonlinear Phenomena in Economics*. Berlín: Springer.