

19

# INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN LAS INVESTIGACIONES DE TIKAL

KAZUYA IMAIZUMI

**34** SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES  
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA  
2021

**Museo Nacional de Arqueología y Etnología**  
26 al 30 de julio de 2021

## **Editores**

Bárbara Arroyo  
Luis Méndez Salinas  
Gloria Ajú Álvarez

## **Referencia**

Imaizumi, Kazuya  
2022 Introducción a los métodos estadísticos en las investigaciones de Tikal.  
En *34 Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2021* (editado  
por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 245-253. Asociación  
Tikal, Guatemala.



# INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN LAS INVESTIGACIONES DE TIKAL

KAZUYA IMAIZUMI

## **PALABRAS CLAVE**

Tikal, método estadístico, modelo matemático.

## **ABSTRACT**

*The basic approach of modern archeology is the minimum excavation, especially because in the new theoretical currents the conservation of the archaeological object prevails, therefore academic research has been directed to conservation and they are forced to develop objective research alternatives that allow to have a objective analysis of the good under study. There has been a technological development so that the archaeologist can keep these vestiges intact for the future, but tools are needed that allow an assertive approach to the social complexity that it is intended to know*

En Guatemala la mayoría de las excavaciones arqueológicas se realizan con financiamiento extranjero, en muchos casos en estas temporadas de campo, sigue prevaleciendo la idea tradicional de la “supremacía del descubrimiento”.

En este trabajo, se presenta la importancia del manejo estadístico de materiales resultado de excavaciones, con vistas a registrar la cantidad de artefactos de superficie, además de la acumulación y cálculo de los datos de los materiales excavados para cada yacimiento, es posible estimar el número total de cerámica y estimar la estratificación social por la cantidad de consumo de cerámica, además la construcción de una base de datos de los artefactos excavados, permite predecir las cantidades de cerámica que se excavarán en la zona a estudiar.

## **ARQUEOLOGÍA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA RECIENTES**

La Arqueología es el estudio de las “cosas”. En los últimos años ha aumentado la necesidad de realizar investigaciones interdisciplinarias para reconstruir la

historia de la humanidad a partir de “objetos”, y se ha generalizado la introducción de métodos científicos y químicos, así como la investigación conjunta con disciplinas limítrofes como la Antropología Cultural, la Antropología Morfológica y la Historia de la Literatura. En este contexto, ¿qué interés tienen los arqueólogos, que también pretenden reconstruir las economías y sociedades antiguas, en la Economía y la Sociología de la sociedad moderna?

En la Economía y la Sociología modernas, matemáticos y físicos han entrado en este campo, llevando a cabo una investigación que establece la ley sobre los grandes datos relacionados con las finanzas e Internet. En particular, desde la creación del llamado “Premio Nobel de Economía” en 1969, se ha puesto cada vez más énfasis en el rigor matemático, en la Economía.

Si bien se sabe que muchos fenómenos de la naturaleza, como la gravedad y las estructuras fractales, obedecen a la ley de potencias, la Economía y la Sociología recientes han demostrado que las actividades económicas y los fenómenos sociales humanos también obedecen a la ley de potencias.

Si la actividad económica humana y los fenómenos sociales de la época moderna siguen la ley de potencias, ¿la actividad económica humana y los fenómenos sociales de la época antigua siguen la ley de potencias. Si la situación era diferente en la antigüedad, ¿cuándo empezaron nuestras actividades económicas y fenómenos sociales a seguir la ley de potencias?, Esta ponencia presentará ejemplos de Tikal sobre el uso de métodos matemáticos y estadísticos en la Arqueología y la aplicación de la investigación para el establecimiento de leyes.

### APLICACIONES Y RETOS DE LA TEORÍA ECONÓMICA EN LA ARQUEOLOGÍA

En economía, existe un índice llamado coeficiente de Gini, que mide principalmente la desigualdad de ingresos en una sociedad. Los estudios que utilizan este coeficiente de Gini tratan principalmente de datos sobre la distribución de la renta. Kohler muestra la desigualdad en las sociedades antiguas utilizando el tamaño de las viviendas o los montículos como medida sustitutiva de los ingresos (Kohler *et al.* 2017).

La investigación de Kohler también se ocupó del antiguo territorio cultural mexicano de Teotihuacán y del antiguo sitio maya de Tikal. Estos estudios han sido seguidos en los últimos años por estudios que utilizan los coeficientes de Gini para otros sitios de la región maya (Chase 2017; Thompson *et al.* 2021).

La aplicación de estas teorías económicas a la Arqueología permitiría obtener datos sobre los orígenes de la desigualdad en las sociedades modernas y sobre la evolución histórica de la distribución de la riqueza en la sociedad. Estos datos serían útiles para los economistas que trabajan en las sociedades modernas y también podrían ser una contribución directa de la Arqueología a las sociedades modernas.

El problema para la Arqueología, en cambio, es la asunción de indicadores alternativos. En el caso de la región maya, es necesario averiguar si existe una correlación entre el tamaño o el volumen de los montículos de cada sitio y la disparidad económica; el estudio de Thompson (Thompson *et al.* 2021) descubrió que algunos de los montículos, o grupos de montículos, contenían algunos de los llamados bienes de lujo y prestigio, como obsidiana, conchas marinas y jade. Sin embargo,

aún no se ha aclarado la correlación entre grupos de montículos de diversos tamaños y la composición de sus artefactos.

Comprender la correlación entre el tamaño y el volumen de los montículos, así como la calidad, la cantidad y la composición de los artefactos excavados es una cuestión que debe abordarse para aclarar el sistema jerárquico y la disparidad económica de la antigua sociedad maya. Esta ponencia presentará ejemplos prácticos de la investigación sobre este tema en Tikal.

### ANÁLISIS DE CLÚSTER PARA LOS TAMAÑOS DE LOS MONTÍCULOS DE TIKAL

El tamaño de cada montículo se calculó utilizando el mapa de prospección del Reporte 11 de Tikal (Carr y Hazard 1961). Aunque está previsto tratarlos por grupos de edificios en el futuro, en este trabajo, los montículos individuales se tratan como una unidad a modo de muestra, y sus mapas de distribución se muestran a continuación (Figura 1). Los mapas utilizados son los del sitio de estudio actual, Campamento, y sus áreas circundantes, Encanto y Templo de las Inscripciones. Como el objetivo es revelar la distribución del tamaño de los montículos en general, se han excluido las construcciones tales como los templos y los palacios, generalmente de gran tamaño. Cada montículo se ha registrado como una superficie basada en la distancia real entre los ejes mayor y menor, habiéndosele asignado un número ordinal, ordenado de forma ascendente de menor a mayor.

Está claro que la distribución del tamaño de los montículos que se ve en la Figura 1 sigue una ley de potencias. En los tres trabajos sobre el coeficiente de Gini mencionados anteriormente, los valores se calcularon para Mayapan, Chunchucmil, Palenque, Uxul, Caracol, Uxbenka e Ix Kuku'il, además de Tikal en la región maya. El coeficiente de Gini toma el valor de 0 a 1, siendo 0 un indicativo de igualdad y 1 de desigualdad. En el caso de los sitios mayas, los valores se sitúan generalmente entre 0,4 y 0,6, lo que sugiere la existencia de una desigualdad como la que se observa en la sociedad moderna. Es importante señalar que los coeficientes de Gini para cada sitio maya no coinciden con la línea de distribución igualitaria, sino con una curva de

Lorenz “moderadamente” desigual. Esto implica que la distribución del tamaño de los montículos según la ley de potencia mostrada en la Figura 1 puede estar muy extendida entre los sitios mayas no cubiertos por los estudios anteriores mencionados. Si la distribución del tamaño de los montículos mayas sigue la ley de potencia con cierta universalidad, sugiere que el modelo de la correlación entre el tamaño de los montículos y la calidad, cantidad y composición de los artefactos excavados en Tikal puede aplicarse ampliamente a los sitios mayas.

La Figura 2 muestra el dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados utilizando el método de Ward y la distancia euclidiana con el tamaño del montículo como dato. El resultado del análisis de conglomerados se utilizó para crear la distribución del tamaño de los montículos en la Figura 3. El problema de tratar una prospección arqueológica como un único experimento es que cada experimento tiene un coste muy elevado, principalmente en tiempo y dinero. Para hacer frente a este problema, se subdividió deliberadamente la curva del tamaño del montículo según la ley de potencia en grupos en los que la pendiente aumenta (la parte derecha de la Figura 2). Se tiene previsto utilizar esta figura como referencia para recopilar datos sobre la calidad, la cantidad y la composición de los artefactos de cada grupo.

### MODELO MATEMÁTICO ASUMIDO

Como ya se ha mencionado, en los estudios anteriores que aplicaban el coeficiente de Gini a las sociedades antiguas se utilizaba el tamaño de los montículos como índice sustitutivo de la renta como supuesto. Si se toma como ejemplo la sociedad moderna se puede tener la imagen de que las personas ricas con grandes ingresos suelen vivir en grandes mansiones. Por lo tanto, si se reserva la fuerza del coeficiente de correlación, podemos esperar que exista una cierta correlación entre el tamaño de las estructuras (montículos) que poseen los individuos, como las viviendas, y la calidad, cantidad y composición de los artefactos hallados.

Si existe una fuerte correlación entre el tamaño del montículo y la cantidad de cada tipo de artefacto, el gráfico seguirá la ley de potencia del mismo tipo que la distribución del tamaño del montículo, como se muestra en la Figura 4. Es de esperar que el intercepto y la tasa de

aumento de esta gráfica de ley de potencias varíen según el tipo de artefacto cuando se aplique a datos reales.

Si se comprueba que los artefactos sólo aparecen en determinados grupos, se puede dibujar un gráfico como el de la Figura 5. Si se puede trazar ese gráfico, será posible definir claramente los “bienes de prestigio” como una ecuación matemática y un gráfico que, en Arqueología, se ha expresado principalmente como una descripción escrita.

Además, si la calidad y la composición de los artefactos excavados en cada montículo se expresan en forma de proporción, es posible trazar un gráfico como el de la Figura 6. Por ejemplo, suponiendo que el número total de artefactos es del 100%, y que hay dos tipos de artefactos: los que tienen engobe (A) y los que no tienen (B). Asumiendo que existe una correlación entre el tamaño del montículo y la calidad y composición de los artefactos excavados, los que pertenecen a los montículos más pequeños pertenecerán a una clase social relativamente más baja.

Tendrían una cerámica con relativamente pocos engobe, por otro lado, cuanto más grande sea el montículo, más probable será que la gente tenga grandes cantidades de cerámica de engobe con altos valores de mercancía, lujo y rareza. Sin embargo, es poco probable que los llamados ricos utilizaran la cerámica de engobe para cocinar y almacenar a diario, por lo que cabe esperar una cantidad de cerámica de engobe pequeña. En este caso, la cantidad de tierra de deslizamiento (A) puede representarse mediante una curva logística, como se muestra en la Figura 6.

Si esta cerámica con engobe (A) y la cerámica sin engobe (B) se expresan como una relación, (A) puede expresarse como el área (A') entre la curva logística obtenida y el eje x. En este momento, (B) se obtiene como una función inversa de (A) con diferentes valores positivos y negativos, y puede expresarse como el área restante después de restar (A') del área total en la Figura 6. Se espera que este modelo matemático de la calidad y composición de los artefactos funcione en varias categorías, como la loza gruesa y la loza refinada, la cerámica fabricada en la zona y la traída de lejos, y las herramientas de obsidiana obtenidas por comercio a larga distancia y las herramientas de piedra hechas de materiales de las cercanías.

## CONCLUSIÓN. TAMAÑO DE LA MUESTRA REQUERIDO Y FORMACIÓN DEL MODELO EN TIKAL

Para aclarar la correlación entre el tamaño del montículo y los artefactos excavados en Tikal, y la realidad de la estratificación social, continuaremos nuestra investigación para construir el modelo matemático que se muestra en este trabajo. Para obtener estos datos, los montículos deben seleccionarse al azar. Sin embargo, en el caso de la prospección arqueológica, es difícil seleccionar los montículos que se van a estudiar de forma totalmente aleatoria, ya que la excavación se lleva a cabo en función de objetivos de investigación específicos, como “aclarar el sistema de producción de cerámica” y “determinar la vida de la población en general”, como es el caso del proyecto.

Esto se debe a que sería problemático si, por ejemplo, hubiera un gran grupo de edificios formado por varios montículos y, como resultado de la selección aleatoria, sólo se investigara un montículo del grupo. Sin embargo, aunque no sea posible una selección completamente aleatoria, es necesario minimizar el sesgo de los datos seleccionando montículos lo más dispersos posible dentro del centro de Tikal.

La Figura 7 muestra los tamaños de los montículos que se han estudiado hasta ahora y los que se estudiarán en el futuro. En el proyecto Tikal (Imaizumi y Chocón 2020) y en las prospecciones del PANAT, nos hemos centrado principalmente en estructuras enormes como (1). En la Figura 7, se excluyen los templos y los palacios, lo que significa que el tamaño del montículo es en realidad mucho mayor que (1). En otras palabras, ya tenemos suficientes datos para grandes edificios como (1) y (2).

Por otro lado, hay muy pocos datos sobre los montículos pequeños y medianos, que son los que constituyen la mayor parte de la distribución del tamaño de los montículos. Para llenar este vacío, (2) es el montículo que revelamos en 2020 (Imaizumi y Chocón 2021). Los montículos (3) y (4) son los montículos que se estudiarán en 2022-2023. Por lo tanto, es importante seleccionar los montículos que corresponden a cada grupo.

Si bien es necesario seleccionar los montículos teniendo en cuenta estos grupos, también es necesario recoger datos de varios sitios de excavación en el centro

de Tikal. Pero, ¿cuántos montículos hay que inspeccionar para predecir la totalidad?

Existen fórmulas estadísticas tanto para poblaciones desconocidas como conocidas. Como se está utilizando el mapa del Reporte 11 de Tikal, se ha usado la fórmula básica para el caso en que se conoce el tamaño de la población (Figura 8). Esto se utilizó como tamaño de la población para calcular el tamaño de la muestra necesaria para estimar el total. En los cuestionarios antropológicos, sociológicos y en los experimentos psicológicos, se suele utilizar un nivel de confianza del 90-99% y una tolerancia del 5% o menos.

Se ha calculado que el número de muestras necesarias es de 326, aunque el “nivel de confianza del 95% y una tolerancia del 5%”, es uno de los niveles generales de precisión exigidos cuando se introducen métodos estadísticos. A diferencia de un estudio con cuestionario, un estudio arqueológico requiere mucho tiempo y esfuerzo para estudiar un solo montículo. Por supuesto, lo ideal sería llevar a cabo un análisis más preciso, pero primero se tiene que establecer un modelo matemático aproximado. En este caso, un nivel de precisión factible es “un nivel de confianza del 80%, una tolerancia del 10%”, y se calcula que el número de montículos que habría que inspeccionar sería de 41.

En la actualidad, es difícil llevar a cabo la encuesta debido al problema general ocasionado por la pandemia. Sin embargo, el objetivo es desarrollar un modelo matemático para Tikal antes de 2023. Durante mucho tiempo, la Arqueología ha tendido a especializarse en descripciones individuales, basadas en el relativismo cultural. En este contexto, pretendemos desarrollar un modelo matemático de la relación entre las personas y las cosas, y aclarar la correlación entre el tamaño del montículo y los artefactos excavados, y la realidad de la estratificación social y la disparidad económica.

## REFERENCIAS

- Carr, Robert F. y James E. Hazard  
1961 *Map of the Ruins of Tikal, Peten, Guatemala*, Tikal Report No.11, The University Museum, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Chase, Adrian S. Z.

2017 Residential Inequality among the Ancient Maya Operationalizing Household Architectural Volume at Caracol, Belize. *Research Reports in Belizean Archaeology* 14: 31-39.

Imaizumi, Kazuya y Jorge E. Chocón

2020 *Proyecto Identificación de Barrios de Producción Alfarera en Tikal (PIBPAT). Primeras prospecciones en el cuadrante 4F de Tikal*. Temporada de campo 2020. Informe remitido a la Dirección Técnica del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, Guatemala.

2021 Actividades y ritos de la gente común, para el Clásico Tardío: el caso de residencias en el cuadrante 4F de Tikal, Guatemala. Ponencia presentada en *XXXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2021*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Kohler, Timothy A.; Michael E. Smith, Amy Bogaard, Gary M. Feinman, Christian E. Peterson, Alleen Betzenhauser, Matthew Pailles, Elizabeth C. Stone, Anna Marie Prentiss, Timothy J. Dennehy, Laura J. Ellyson, Linda M. Nicholas, Ronald K. Fauseit, Amy Styring, Jade Whitlam, Mattia Fochesato, Thomas A. Foor y Samuel Bowles

2017 Greater Post-Neolithic Wealth Disparities in Eurasia than in North America and Mesoamerica *Nature* 551: 619–622. <https://doi.org/10.1038/nature24646>

Thompson, Amy E.; Gary M. Feinman y Keith M. Prufer

2021 Assessing Classic Maya Multi-Scalar Household Inequality in Southern Belize. *PLoS ONE* 16 (3): e0248169. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248169>

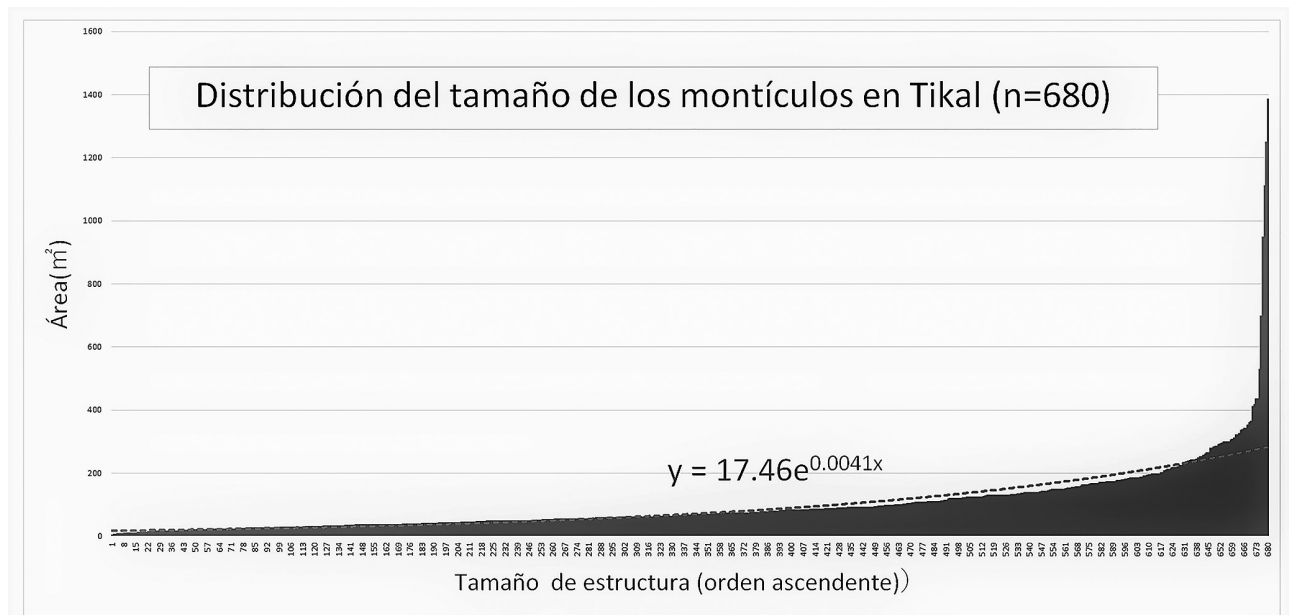


Figura 1. Distribución del tamaño de los montículos en Tikal.

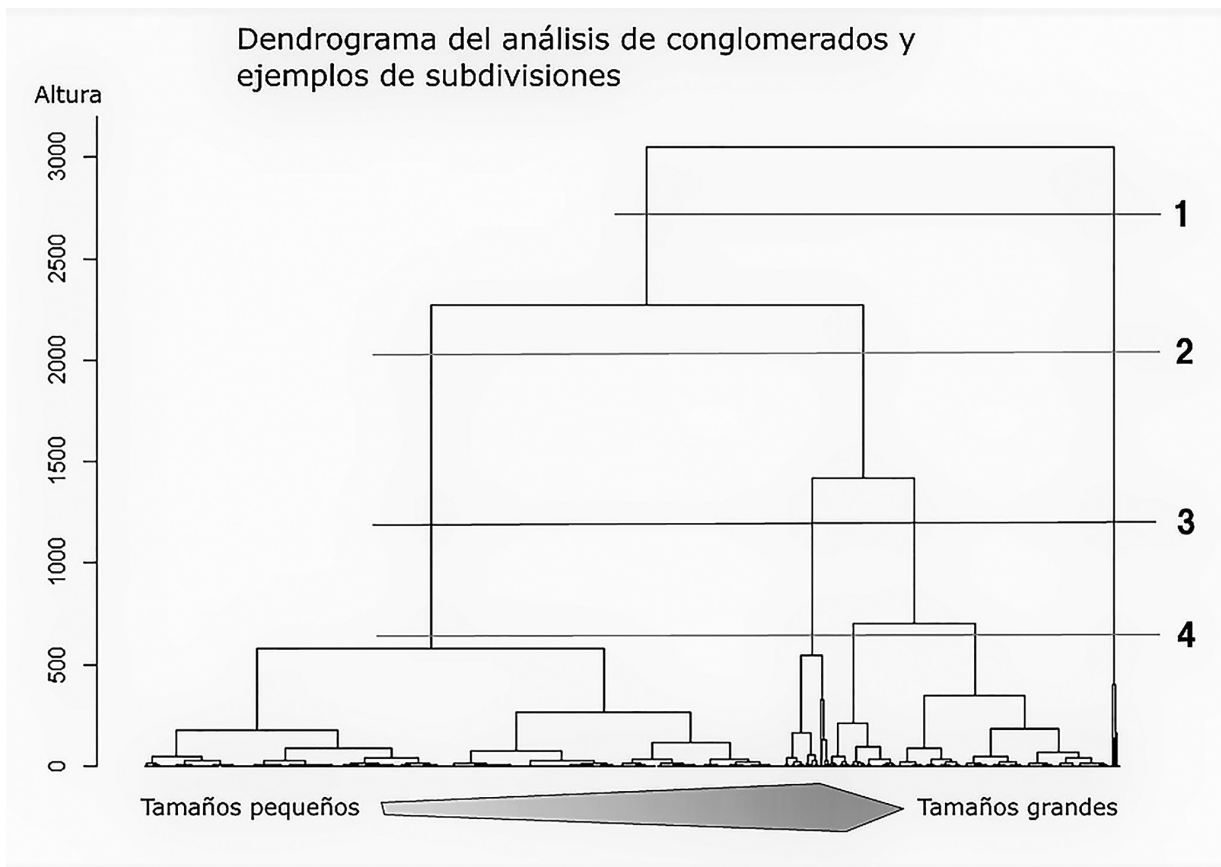


Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerados y ejemplos de subdivisión.

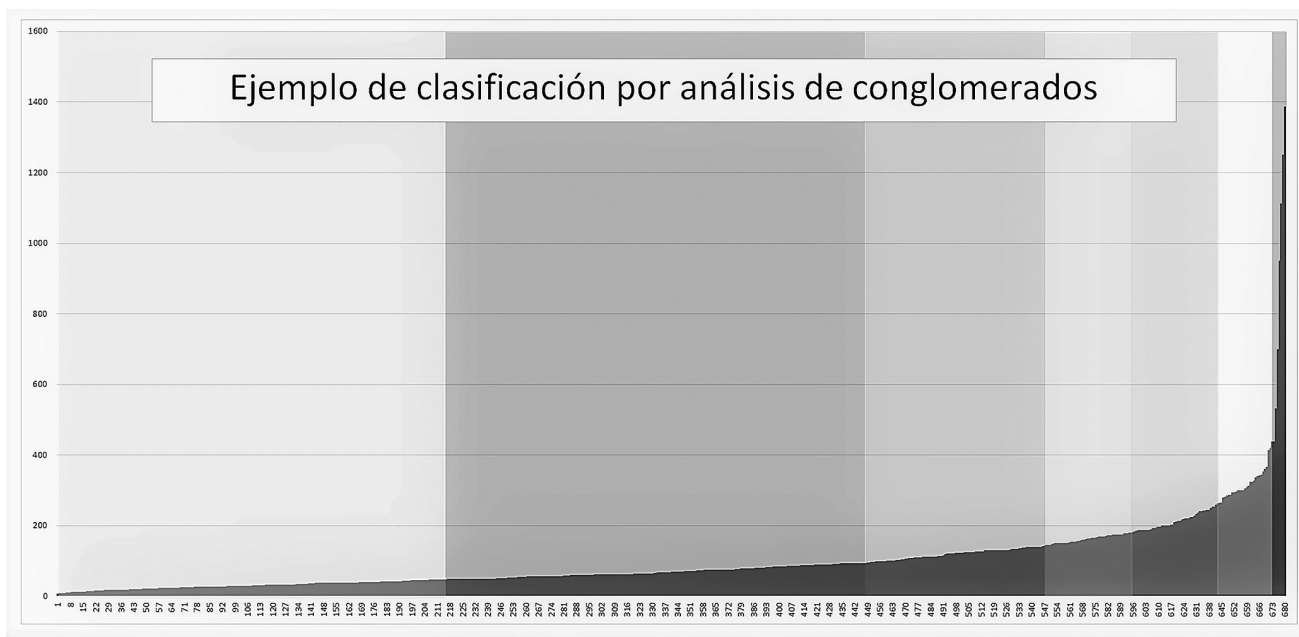


Figura 3. Ejemplo de clasificación por análisis de conglomerados.

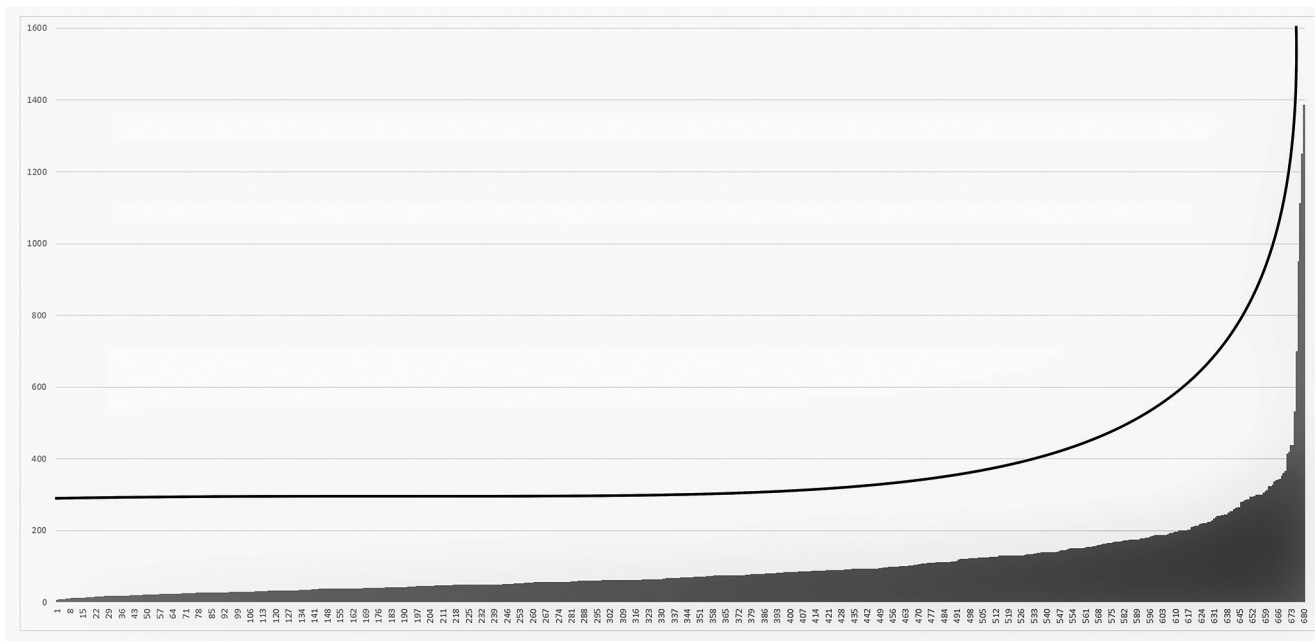


Figura 4. Modelo para estimar la cantidad de artefactos excavados.

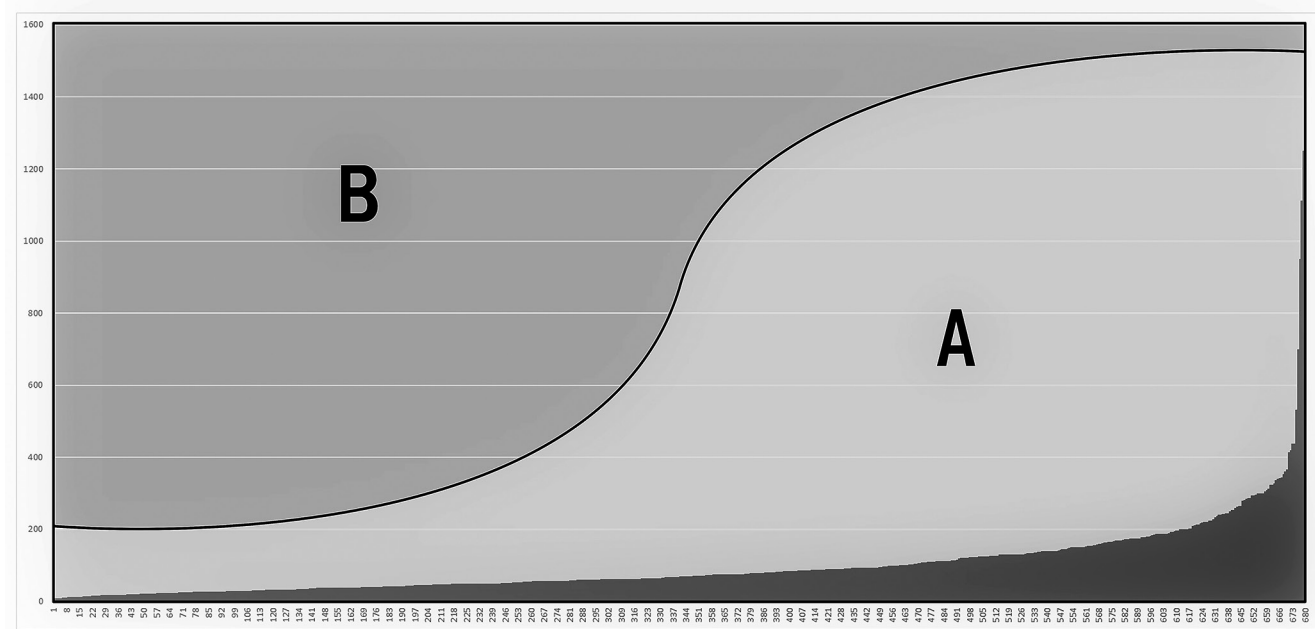


Figura 5. Un modelo para estimar la relación cuantitativa entre los bienes generales y los de lujo.

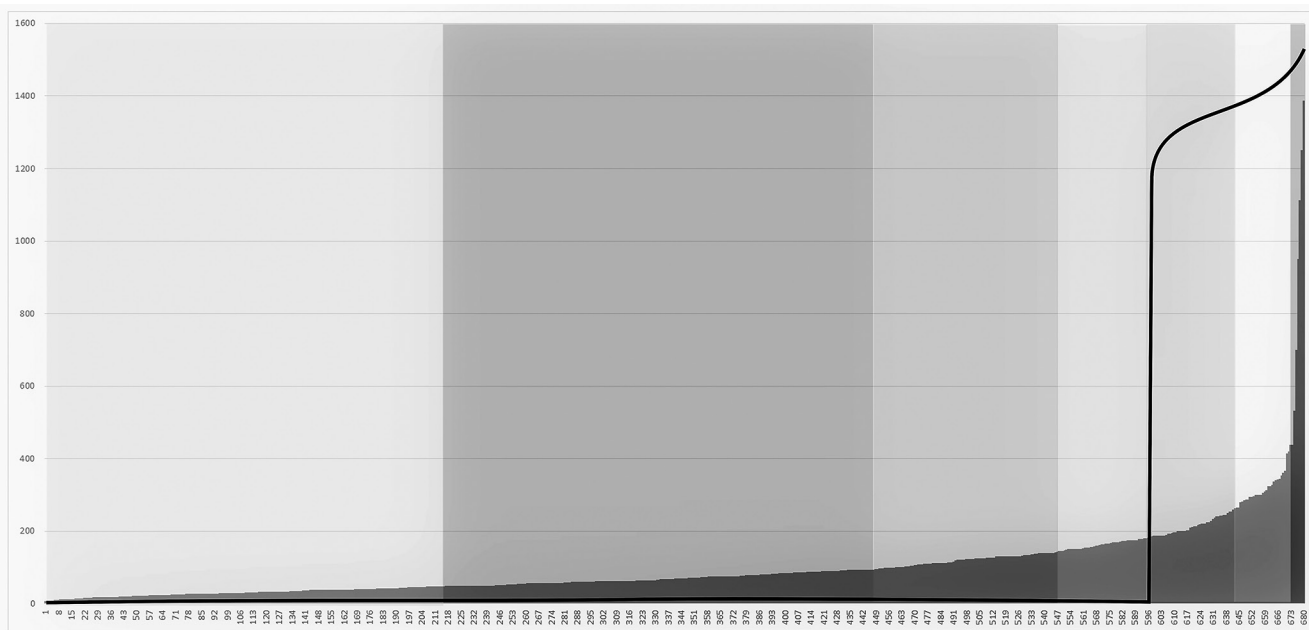


Figura 6. Modelo para estimar la cantidad de bienes de prestigio excavados.

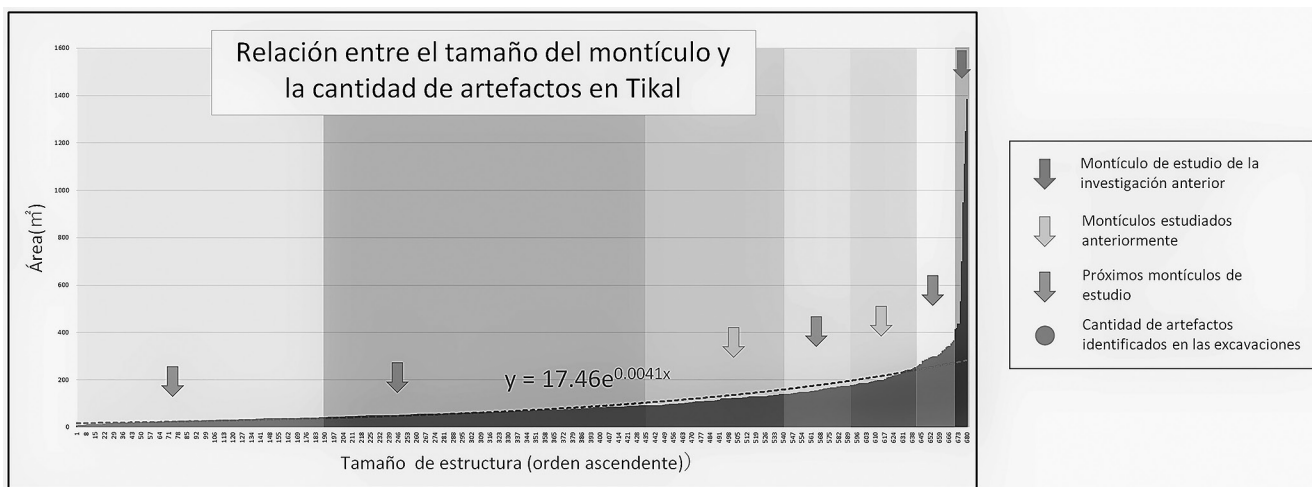


Figura 7. Relación entre el tamaño del montículo y la cantidad de artefactos en el sitio de Tikal.

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1 - p)}{e^2 N}\right)}$$

Número de montículos en Tikal: N = 2122

p = Tasa de respuesta	50	50	50	50	50
e = Tolerancia	10	5	5	5	5
z = Nivel de confianza	80	80	85	90	95
n = Número de muestras	<b>41</b>	<b>153</b>	<b>189</b>	<b>241</b>	<b>326</b>

Figura 8. Cálculo del tamaño de la muestra.