



HAL
open science

Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica

Armando Anaya Hernández, Claudia Espejel Carbajal

► To cite this version:

Armando Anaya Hernández, Claudia Espejel Carbajal. Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica. *Americae. European Journal of Americanist Archaeology*, 2018, 3, pp.65-78. hal-02049351

HAL Id: hal-02049351

<https://hal.science/hal-02049351>

Submitted on 26 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica

Armando ANAYA HERNÁNDEZ y Claudia ESPEJEL CARBAJAL

Americae | 3, 2018, p. 65-78

Manuscrit reçu en février 2018, accepté pour publication en juin 2018, mis en ligne le 24 septembre 2018

ISSN: 2497-1510

Pour citer la version en ligne :

ANAYA HERNÁNDEZ Armando y Claudia ESPEJEL CARBAJAL, « Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica », *Americae* [en ligne] | Varia, 3, 2018, mis en ligne le 24 septembre 2018. URL : <http://www.mae.parisnanterre.fr/articles-articles/legua-a-legua-analisis-de-la-visita-de-antonio-de-caravajal-a-michoacan-1523-1524-desde-los-sistemas-de-informacion-geografica/>

Pour citer la version PDF :

ANAYA HERNÁNDEZ Armando y Claudia ESPEJEL CARBAJAL, « Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica », *Americae* [en ligne] | Varia, 3, 2018, mis en ligne le 24 septembre 2018, p. 65-78 (<http://www.mae.parisnanterre.fr/articles-articles/legua-a-legua-analisis-de-la-visita-de-antonio-de-caravajal-a-michoacan-1523-1524-desde-los-sistemas-de-informacion-geografica/>).

Armando Anaya Hernández : Universidad Autónoma de Campeche [armandoanaya777@gmail.com] ; **Claudia Espejel Carbajal** : El Colegio de Michoacán [cespejel@colmich.edu.mx].

© CNRS, MAE.

Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons : [Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Legua a legua. Análisis de la visita de Antonio de Caravajal a Michoacán (1523-1524) desde los Sistemas de Información Geográfica

Armando ANAYA HERNÁNDEZ¹ y Claudia ESPEJEL CARBAJAL²

¹Universidad Autónoma de Campeche
armandoanaya777@gmail.com

² El Colegio de Michoacán
cespejel@colmich.edu.mx

En este trabajo examinamos la visita que Antonio de Caravajal hizo a Michoacán en 1523-1524 aplicando las herramientas analíticas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica. En particular, calculamos las distancias recorridas por el visitador tomando en cuenta la fricción y por lo tanto el esfuerzo necesario para desplazarse sobre el entorno físico (distancia coste). De este modo encontramos que la medida de las leguas registradas por Caravajal es sumamente variable y que se aleja mucho de los valores normalmente aceptados para la legua, lo que hace pensar que sus estimaciones fueron muy subjetivas. Por otra parte, considerando tres posibles ritmos de marcha, comprobamos que Caravajal se desplazaba con un ritmo de marcha rápida (8.5 km/h), al igual que otros viajeros que anduvieron en la región durante el siglo XVI como el padre Alonso Ponce. Aún así, el cálculo del tiempo necesario para hacer algunos de los recorridos realizados por Caravajal pone en duda su factibilidad y por lo tanto la veracidad de al menos algunos de sus informes.

Palabras clave: legua, ritmos de marcha humana, Michoacán, Antonio de Caravajal, Sistemas de Información Geográfica Históricas.

League by League. An analysis of Antonio de Caravajal visit to Michoacan (1523-1524), from a Geographic Information Systems Perspective

In this paper, we examine the Antonio de Caravajal's visit to Michoacán in 1523-1524 through the analytical tools of a Geographic Information System. In particular, we estimate the distances travelled by Caravajal by considering the friction offered by different types of terrain and thus estimate the effort needed to move over it (cost distance). We show that the length of the leagues recorded by Caravajal varies greatly from those that are generally accepted, which leads us to conclude that his estimates were very subjective. Additionally, when considering three walking rates, we were able to assess that Caravajal moved at a rapid pace (8.5 km/h), just like other travelers that crossed the region during the sixteenth century, such as father Alonso Ponce. However, even with this adjustment, the estimation of the time required to undertake certain journeys recorded by Caravajal casts doubt on the veracity of some of his reports.

Keywords: league, human walking rate, Michoacan, Antonio de Caravajal, Historical Geographic Information Systems.

Lieue par lieue. Une analyse de la visite d'Antonio de Caravajal au Michoacan (1523-1524), depuis la perspective des systèmes d'information géographique

Dans cet article, nous examinons la visite faite par Antonio de Caravajal au Michoacán entre 1523 et 1524 en appliquant les outils analytiques offerts par les systèmes d'information géographique. En particulier, nous avons calculé les distances parcourues par le visiteur en tenant compte du frottement et donc de l'effort nécessaire pour se déplacer au sein de l'environnement physique (distance de coût). Nous observons ainsi que la mesure des lieues enregistrées par Caravajal est extrêmement variable et qu'elle est loin des valeurs habituellement acceptées pour cette unité de longueur, ce qui suggère que leurs estimations étaient très subjectives. D'un autre côté, en prenant en considération trois rythmes de marche possibles, nous avons constaté que Caravajal se déplaçait rapidement (8,5 km/h), tout comme d'autres voyageurs qui voyageaient dans la région au XVI^e siècle, notamment le frère Alonso Ponce. Toutefois, le calcul du temps nécessaire pour effectuer certains des voyages décrits par Caravajal pose la question de leur faisabilité et donc de la véracité de certains de ses rapports.

Mots-clés : lieue, rythme de marche à pied, Michoacan, Antonio de Caravajal, systèmes d'information géographique historiques.

A MEDIADOS DE 1523 Hernán Cortés envió a Antonio de Caravajal al recién conquistado reino de Michoacán a fin de recabar la información necesaria para repartir los pueblos sometidos

como encomienda entre los conquistadores. Caravajal se había convertido en uno de los hombres de confianza de Cortés desde que se incorporó a sus huestes tras la primera derrota en Tenochtitlán, fue capitán de uno

hacer cálculos demográficos, para inferir algunos rasgos del gobierno, del sistema tributario y del patrón de asentamiento de la época prehispánica, e inclusive para interpretar la actitud de los conquistados ante los conquistadores (Beltrán 1994; Navarrete 1988, 1997; Gorenstein y Pollard 1983; Paredes 1984 y 1990; Migeon 1992; Talavera 2008; Espejel 2011). Un problema básico que presenta la información de estos documentos es la dificultad de ubicar con precisión gran parte de los lugares descritos por Antonio de Caravajal, ya que muchos de ellos o han desaparecido o no es posible identificarlos con localidades actuales por la forma en que están escritos sus nombres. No obstante esto, Claudia Espejel publicó en 2011 una serie de mapas con la ubicación hipotética de los lugares visitados por Caravajal. Para desarrollar su propuesta, la autora tomó como puntos de referencia los lugares que aún se pueden identificar y ubicó los demás de manera aproximada siguiendo paso a paso cada uno de los itinerarios andados por el visitador, considerando las distancias que este registró y contrastando sus descripciones con la geografía actual a partir de las cartas topográficas del INEGI y de recorridos virtuales por la región realizados con el programa *Google Earth* (Espejel 2011).

Con el propósito inicial de hacer más exacta esta propuesta y poder aplicar distintos tipos de análisis espaciales a los datos recabados por Caravajal, nos dimos a la tarea de calcular el tamaño promedio de la legua a partir de las distancias que hay entre los lugares conocidos, esperando poder usar después esta medida para ubicar con mayor precisión los lugares que no se han podido identificar. Para ello utilizamos las herramientas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica, tomando en consideración el esfuerzo involucrado en el desplazamiento sobre el entorno físico y los conocimientos que se tienen sobre la marcha humana. Si bien, como se verá más adelante, los valores que obtuvimos para la legua no ayudan a localizar mejor los pueblos registrados en el informe de Caravajal, nuestro ejercicio hizo aflorar una serie de cuestiones que permiten entender mejor el documento y la empresa de Caravajal al mismo tiempo que se aclara la noción de legua y se pone de manifiesto el aspecto subjetivo que parece haber sido común en el siglo XVI para determinar su magnitud, cuestiones todas que bien pueden extenderse para evaluar e interpretar la información de otros eventos y documentos coloniales.

LA MARCHA HUMANA

El andar, aunque por su simplicidad y cotidianidad no constituye normalmente un objeto de reflexión, es de hecho uno de los aspectos más importantes de la relación que se da entre los humanos y su entorno físico. Como ha apuntado Marble, “La habilidad que tenemos de desplazarnos... de un lugar a otro bajo condiciones medioambientales variadas representa un aspecto fundamental que condiciona el uso y estructuración del espacio por

los grupos humanos” (Marble 1996: 1). Varios factores físicos y fisiológicos condicionan el andar, tales como la edad, el peso y el estado de salud del individuo, la carga que lleva y cómo la lleva, las características del terreno y la distancia que tiene que atravesarse. Todas estas variables pueden de alguna manera controlarse al hacer estudios sobre la marcha humana, sin embargo otros factores más sutiles e igualmente importantes son los factores culturales y psicológicos, los cuales son más difíciles de discernir y controlar. Con respecto a estos últimos Gorenflo y Gale (1990) apuntan que

[...] el contexto espacial de muchas actividades humanas no se puede describir sólo en términos de la medida de su distancia física euclidiana asociada al espacio absoluto. Los estudios realizados en diferentes contextos sugieren que el espacio “real” es producto de consideraciones económicas, sociales, culturales y psicológicas tanto como lo es del entorno físico propiamente dicho. (Gorenflo y Gale 1990: 242)

En este sentido tenemos que considerar que la marcha humana, es decir el ritmo en el andar, no es uniforme de una sociedad a otra. Como Devine (1985) lo demostró de manera fehaciente, existe una considerable variabilidad en las formas de locomoción humana. Devine revisó la información sobre la locomoción humana disponible para 160 sociedades y propuso que, para poder abordar este tema en una perspectiva mundial, es necesario aislar los factores que intervienen en ella como la velocidad de la marcha, la resistencia, el peso soportado, los ascensos o la tendencia a caminar en fila (Devine 1985: 552). Por ejemplo, diversas observaciones etnográficas y etnohistóricas han indicado que las sociedades no industrializadas tienen un margen más alto de resistencia. Devine (1985: 555-558) menciona varios casos que describen jornadas de viaje sobre terreno abrupto que van de 40 a 64 km por día realizadas tanto por hombres como por mujeres con cargas de hasta 30 kg. Para el caso de Mesoamérica Drennan (1984: 105) estimó que un cargador podría cubrir 36 km en 8 horas con cargas de unos 30 kg y Pollard (1987: 750) ha propuesto, para el caso específico de Michoacán, que en la época prehispánica las personas que transportaban cobre de la minas a Tzintzuntzan recorrerían de 21 a 43 km en un día dependiendo del terreno. También para Michoacán hay testimonios de que a finales del siglo XIX los comerciantes indígenas caminaban distancias de 40 a 60 km al día con cargas de hasta 80 kg (Lumholtz 1986, t. II: 359-360).

Sin embargo, aun con el conocimiento de la resistencia que diferentes sociedades puedan tener en su desplazamiento sobre el entorno físico, es pertinente considerar que desde una perspectiva fisiológica existen limitantes al andar humano. Se han llevado a cabo varias pruebas que indican que el límite inferior para el andar humano es de 0.7 m/seg (2.5 km/h) y el límite superior es de aproximadamente 2.4 m/seg (unos 8.5 km/h), tras lo cual la eficiencia del andar comienza a bajar conforme aumenta

la velocidad (Pandolf et al. 1977: 579). En este sentido, una interrogante que se presenta es la de determinar cuál es la velocidad de marcha óptima. Marble identificó que uno de los principales problemas de investigación para los estudiosos de las propiedades cinéticas es el reconocimiento del comportamiento energéticamente eficiente. Con base en esto, Rose y Gamble (citado en Marble 1996: 4) argumentan que si es posible seleccionar libremente, sin presiones externas, el ritmo de una actividad física X, se seleccionará aquel ritmo que represente el mínimo gasto de energía por unidad de actividad. En el caso del andar común, la velocidad seleccionada para desplazarse en el terreno será tal que cada unidad de distancia (por ejemplo de 1 m) será cubierta de la manera más eficiente posible desde una perspectiva energética. Considerando lo anterior y de conformidad con numerosas observaciones empíricas, una persona que se desplaza de manera libre sobre el terreno tenderá a adoptar una velocidad de marcha de 80 m/min o 4.8 km/h (Marble 1996: 4).

A lo anterior hay que agregar los factores psicológicos que determinan la percepción que se tiene de las distancias. Por una parte, la distancia se estima en términos del tiempo que se cree que será necesario para desplazarse sobre el entorno físico. Por otra parte, se tiene que considerar el involucramiento emotivo que los individuos pudieran tener en relación con un acto particular de desplazamiento. En este sentido las distancias pueden ser percibidas de manera distinta de acuerdo a diferentes factores, tales como el número de paradas, vueltas, nodos y obstáculos que haya en el camino (MacEachren 1980: 30; Palij 1984: 126).

LA LEGUA

Antes de la adopción del sistema métrico decimal, la legua era la unidad que se utilizaba en Europa y América para medir las distancias, en particular las de los caminos y por eso se le llama una medida itineraria. Su tamaño es sumamente variable debido a diversos factores. Por una parte porque la noción de legua no es unívoca; esta puede ser la distancia que regularmente se recorre en una hora, o una cierta cantidad de unidades menores (millas, pasos, pies, varas entre otras) o una determinada fracción de la longitud que tiene un grado de la circunferencia terrestre. Por otra parte, porque en cada uno de estos casos su valor es relativo y por lo tanto cambiante como se puede ver en los siguientes ejemplos.

En el caso de las leguas definidas en relación a otras subunidades destaca la existencia de una legua de tres millas, siendo cada milla de mil pasos, y otra de cuatro millas o 4,000 pasos. La primera, de origen galo, se menciona en las Siete Partidas (ley 3, título 16, partida 2 citada en García Franco 1957: 75) y es posible encontrarla como única definición de la legua en algunos diccionarios (Covarrubias 1995 [1611]; Orozco y Berra 1856, V: 210). Se le conoció como legua legal y se usaba principalmente para asuntos oficiales, por ejemplo

para medir las mercedes de tierra (García Franco 1957: 73; Chardon 1980a: 137; Chardon 1980b). Como cada paso estaba compuesto por cinco pies, la legua de tres millas equivale a 15,000 pies. También es posible encontrar definiciones basadas en varas, en cuyo caso, dado que la vara medía tres pies, una de estas leguas equivale a 5,000 varas. La legua legal fue abolida por Felipe II mediante una pragmática del 8 de enero 1587 aunque en la práctica nunca dejó de usarse, sobre todo en América (García Franco 1957: 74; Chardon 1980b). Su valor en kilómetros varía en función del valor de las unidades componentes, en particular del tamaño de la vara utilizada, una medida que trató de unificarse sin éxito en varias ocasiones (García Franco 1957: 75-77). Como ejemplos de estos diversos valores podemos citar la legua legal castellana de 4.175 km (tres varas de 835 mm), la antigua legua de Burgos de 4.2398 km (tres varas de 847 mm) o la legua mexicana de 4.19 km (tres varas de 838 mm) (Chardon 1980a: 151; García Franco 1957: 72-73; Doursther 1840: 210; Orozco y Berra 1856).

En la misma pragmática citada arriba, Felipe II ordenaba el uso exclusivo a partir de entonces de la legua común o vulgar, es decir la de cuatro millas. Esta legua equivalía a 20,000 pies (cuatro mil pasos de cinco pies cada uno) o a 6,666 varas y dos tercios ($20,000/3$), cifras que pueden encontrarse en diversas definiciones (Doursther 1840; *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana* 1930; Wikipedia s. f.). El valor en metros de esta legua es también muy variable; por ejemplo, “si se usaba el pie romano resultaba una legua de 5,920 metros; si el de Burgos, 5,572; si el geométrico, 5,556, etc.” (García Franco 1957: 75).

Las leguas que se definen por su relación con un grado del círculo máximo de la tierra también son diversas. Las hubo de 15 “al grado” —es decir $1/15$ de un grado— de $16\frac{2}{3}$, 17.5, 18, 20 y 25 al grado, entre otras. En cada uno de estos casos la longitud de la legua es distinta en tanto se considere una misma medida para la circunferencia de la tierra pero también dependiendo de los módulos que la compongan (número de millas o estadios por ejemplo) y del tamaño que se les atribuya a estos. Así, la legua de 17.5 al grado medía 6,350.4 m; la de 15 al grado 7,409 m, y la de 20 al grado, llamada legua marina, 5,555.7 m (García Franco 1957: 70-86; Doursther 1840: 210).

La definición de la legua propiamente como una medida itineraria, determinada por la distancia que regularmente se anda en una hora, es la más ambigua de todas. De alguna manera esta idea primaria, subyacente en todas las definiciones de la legua, implica que cualquiera de las medidas atribuidas a ella se puede considerar la distancia que regularmente se anda en una hora, sea esta medida, por ejemplo, el equivalente a cuatro millas (García Franco 1957: 75), o la de las leguas de 17.5 al grado que indica el *Diccionario de Autoridades* (Real Academia Española 1990) o los 5,572.7 m que da el actual diccionario de la Real Academia. De hecho, la variación de la

legua, rasgo siempre mencionado en sus definiciones, parece estar fincada en los diferentes valores que surgen de las distintas maneras de concebirla más que en la velocidad variable de la marcha. Hemos mencionado ya que la legua mexicana equivalía a 4.19 km, medida derivada de la extensión de la vara y de la cantidad de estas, cinco mil, que la conformaban; en cambio la legua de Perú medía 5.555 km, valor equivalente a la legua de 20 al grado, mientras que la guatemalteca era la de 5.572 km (es decir la legua común con el valor estándar que se le atribuye actualmente) y la boliviana una de 6,662 varas. Las medidas de otras leguas usadas en Latinoamérica (véase Santamaría 1942) parecen derivarse del tamaño de sus propias varas, de la cantidad de estas o de la noción de legua utilizada y no precisamente del tipo de terreno que había en esos países.

Lo anterior no quita que, en efecto, la distancia recorrida en una hora, y por lo tanto la longitud de la legua, variara dependiendo de las condiciones del terreno, variación que se expresaba en la distinción entre unas leguas cortas y otras largas (véanse por ejemplo las *Relaciones geográficas*; Ciudad Real 1993; Chardon 1980b: 299; Enggass 1971: 408-409). También se tenía conciencia de que la distancia realmente caminada era distinta a la distancia que había en línea recta entre dos lugares. Ya desde la antigüedad Ptolomeo restaba 1/3 o hasta 1/6 para ajustar ambas distancias y en 1777 Antonio de Ulloa estipulaba que para ajustar las leguas comunes, “de horas de andadura de bestia escotera [sin carga]”, a las distancias en línea recta había que restarle a las distancias caminadas distintos porcentajes según las características del terreno: la cuarta parte en terreno llano, la tercera parte en terrenos con bajadas y subidas y la mitad o más, hasta tres quintos o dos tercios, si en el camino se rodeaban ríos o montañas (citado en Garza 2012: 204).

No sabemos si los caminantes hacían realmente este tipo de ajustes, pero lo que sí es seguro es que los cálculos de las distancias andadas no eran muy precisos. Efectivamente, los cómputos que se han realizado a partir de las distancias registradas por diversos viajeros que anduvieron en la Nueva España durante la época colonial muestran la poca uniformidad que había en los cálculos. Por ejemplo, el análisis de las distancias recorridas por el padre Ponce en 1586 en el norte de la península de Yucatán arrojó medidas para la legua de entre 3.5 y 7 km con un promedio de 5.255 km (Chardon 1980b: 298-299)¹. Valentina Garza (2012) también transformó a kilómetros las distancias consignadas por diversas personas que reco-

rrieron el norte de la Nueva España entre el siglo XVI y el XVIII, obteniendo valores para la legua sumamente diversos, desde 1.8 hasta 18.3 km por legua.

Garza apunta que las distancias registradas por los exploradores españoles son muy inexactas debido al desconocimiento de las áreas exploradas (involucramiento emotivo): “En estas excursiones era imposible calcular las distancias de acuerdo con los tiempos de viaje, pues los lugares por donde se transitaba eran totalmente nuevos, y muchas veces era preciso rectificar rumbos y establecer campamentos por varios días a fin de registrar la calidad de los terrenos” (Garza 2012: 195). Al igual que MacEachren (1980) y Palij (1984), Garza argumenta que para entender esta diversidad no basta con establecer su equivalente en el sistema métrico decimal sino además hay que considerar los factores externos arriba mencionados (ritmo de marcha, capacidad fisiológica, edad, etcétera).

Como veremos a continuación, las distancias registradas por Antonio de Caravajal en leguas abarcan un rango muy amplio de medidas en kilómetros y en general concuerdan poco con cualquiera de las distancias equivalentes a la legua generalmente aceptadas.

LEGUAS REGISTRADAS POR CARAVAJAL Y VELOCIDAD DE MARCHA

Para calcular el tamaño de la legua con los datos de Caravajal utilizamos el programa ArcGIS para crear un Modelo Digital de Elevación (MDE) a partir de la información digital proporcionada por el INEGI y derivamos de este las superficies de pendiente, de fricción y finalmente de coste. A diferencia de la distancia euclidiana, la superficie de coste permite estimar el costo real de desplazamiento sobre el entorno físico, sea este en términos de tiempo, kilocalorías, combustible, etcétera. Esta característica nos da la posibilidad de comparar las distancias en leguas registradas por Caravajal y otros viajeros con la factibilidad física de haber realizado el recorrido en un tiempo y velocidad determinados (Figura 2, página siguiente).

Cuando se calcula el esfuerzo involucrado en el desplazamiento sobre el entorno natural se tiene que considerar el efecto de dos tipos de fricción: la fricción isotrópica y la fricción anisotrópica. La primera es aquella que es igual en todas direcciones (es decir la fricción que la superficie ofrece al caminar sobre una superficie plana de asfalto, arena, hierba, inundada, etcétera), mientras que la segunda es aquella que tiene tanto dirección como magnitud, por ejemplo cuando se camina cuesta arriba o cuesta abajo considerando las características de la superficie antes mencionadas.

Con relación a la segunda, los trabajos citados arriba, así como nuestras propias observaciones empíricas (Anaya Hernández 2001), indican que en una superficie plana un individuo sin carga puede recorrer de manera

1. Aunque el resultado obtenido por Chardon confirma su hipótesis de que la legua común de 5,572 m se usó en la Nueva España para medir las distancias de los caminos, lo cierto es que en Cuzco, Yucatán, se conserva un leguario que marca 2 leguas y media de distancia de ese punto a la cruz atrial de la catedral de Mérida, distancia equivalente a 10.3 km (medidos sobre la imagen de Google Earth) que da un resultado para la legua de 4.12 km, un valor sumamente cercano a la legua mexicana de 4.19 km.

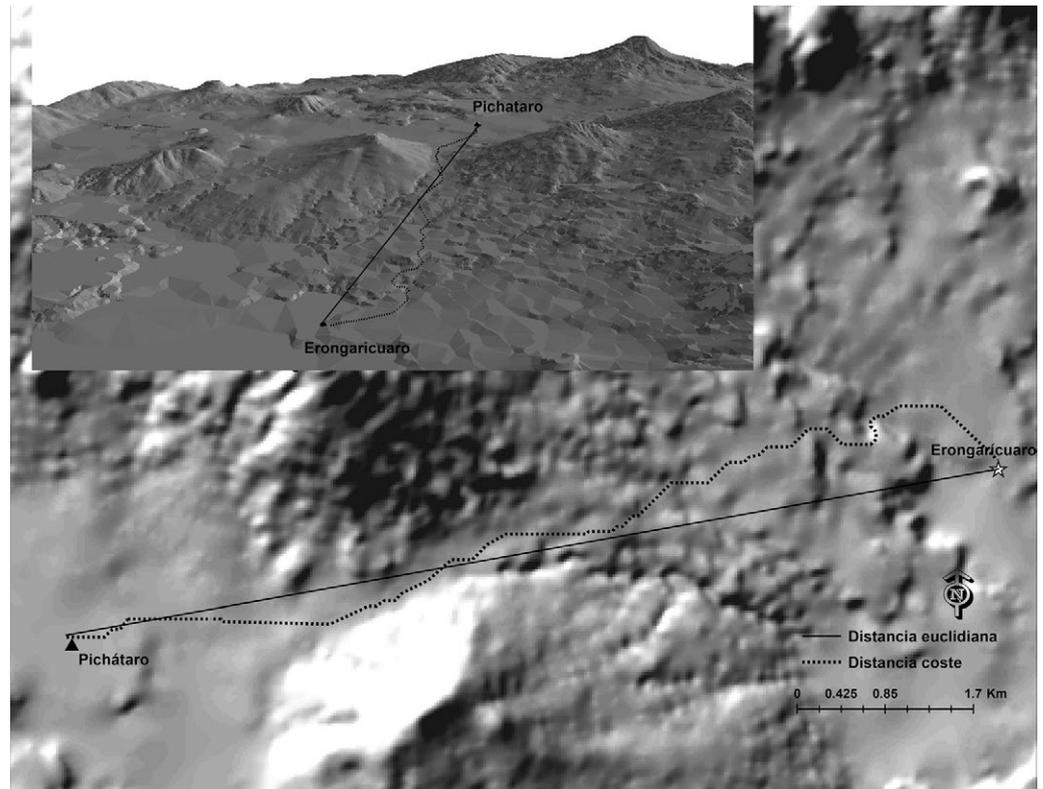


Figura 2.
Comparación entre distancia euclidiana y distancia coste con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI).

óptima casi cinco kilómetros en una hora. Si ese individuo camina cuesta arriba, conforme aumente la pendiente aumentará en proporción no lineal la fricción, de tal suerte que una pendiente de 20 grados opondrá una fricción 13 veces mayor que una de 0 grados. Esta relación se expresa con la siguiente ecuación binomial (Schneider y Robbins 1995):

$$Y = [0.031X^2] + [-0.025X + 1]$$

Donde Y = fricción; X = pendiente; y 0.031 y -0.025 son constantes derivadas en el proceso estadístico de ajustar las observaciones empíricas a la curva de distribución.

Las dos superficies de fricción fueron combinadas para obtener la superficie de coste del área de estudio y utilizando esta se calculó la distancia coste a partir de una localidad de forma radial. De este modo obtuvimos las distancias coste entre los pueblos visitados por Caravajal que indiscutiblemente se pueden asociar con localidades actuales y calculamos, a partir de estas, la extensión de las leguas registradas por el visitador en 24 de los tramos recorridos. Los valores encontrados abarcan un rango amplísimo, de 4.6 a 20.3 km por legua, con una media de 12 km (Cuadro 1).

Con fines comparativos incluimos también las distancias registradas en otros documentos históricos que se refieren a la misma región: la visita de fray Alonso Ponce a los conventos franciscanos de Michoacán en 1586 (Ciudad Real 1993), la *Suma de visitas de pueblos de la Nueva España* de 1548 (Paso y Troncoso 1905) y una relación de los clérigos del obispado de Michoacán de 1571 (Miranda 1990). En los tres casos la medida de la legua en kilómetros también es muy variable y, como

en el caso de Caravajal, el promedio supera por mucho las medidas comúnmente aceptadas para la legua.

Fuente	Tramos	Rango (km)	Km por legua (promedio)
Caravajal	24	4.6-20.3	12
Suma de visitas	6	4.7-10.8	7
Ponce	27	5-17	9.1
Relación de clérigos	6	5.2-21.1	10.9

Cuadro 1. Rango y promedio en kilómetros de las leguas registradas en varias fuentes históricas (datos recopilados por A. Anaya Hernández y C. Espejel Carbajal).

Ahora bien, tomando en cuenta los ritmos de marcha arriba citados consideramos tres posibilidades de desplazamiento, cada una de las cuales da diferentes distancias recorridas en una hora o, lo que es lo mismo, tres medidas distintas para la legua (Cuadro 2):

Ritmo	Velocidad (m/min)	Medida de la legua (km)
Lento	42	2.5
Óptimo	80	4.8
Rápido	142	8.5

Cuadro 2. Equivalencias entre velocidad de marcha y medida de la legua (datos recopilados por A. Anaya Hernández y C. Espejel Carbajal).

A partir de la superficie de coste obtuvimos el tiempo de recorrido para las tres velocidades de marcha utilizando los datos de Caravajal y de los otros tres documentos, sumando un total de 61 registros (Cuadros 3-6).

Como puede apreciarse en el cuadro 3 y en la gráfica 1, las leguas registradas por Caravajal se ajustan mejor a un ritmo de marcha rápida cuando se trata de distancias cortas (de hasta 30 km). En cambio, cuando las distancias son largas (mayores a 30 km) existe mucha discrepancia entre las leguas registradas por el visitador y los valores obtenidos para cualquiera de las tres velocidades de marcha, siendo en varios casos los de marcha rápida el doble o más que las leguas registradas en el documento (Gráfica 1).

La figura 3 muestra las distancias en leguas que pueden ser cubiertas desde Erongarícuaro a marcha óptima y marcha rápida, o puesto en otros términos, las distancias que se recorrerían en una hora dependiendo de la velocidad de la marcha. En el mapa correspondiente a la marcha rápida se aprecia que Uricho, Oponguio, Huiramangaro y Pichátaro están a menos de dos leguas de Erongarícuaro, coincidiendo con la información de Caravajal; mientras que Turícuaro,

Nahuátzen y Cherán, a 2 leguas de Erongarícuaro según el visitador, están en el rango de 4 a 5 leguas. Igualmente, Aranza y Paracho, que de acuerdo con Caravajal estarían respectivamente a 3 y 3.5 leguas de Erongarícuaro, aparecen aquí a más de 5 leguas (Figura 3).

El mismo análisis aplicado a los datos de la visita del padre Ponce reveló que prácticamente en todos los trayectos considerados (23 de 25) las distancias registradas en el documento se ajustan a los valores de la marcha rápida (Cuadro 4). En el caso de la *Suma de visitas* y de la *Relación de clérigos*, por el contrario, la tendencia es menos definida (Cuadros 5 y 6). En el primero, tres de los seis tramos analizados coinciden más bien con los valores de la marcha óptima, uno con el de la marcha rápida y los otros dos con ninguna de ellas, y en el segundo caso tres de los seis tramos analizados se ajustan a las cifras de la marcha rápida, uno al de marcha óptima y los otros dos a ninguna. En ambos casos las distancias coste son mayores a 30 km, lo que confirmaría que cuando las distancias son más largas las medidas de las leguas son menos consistentes (Gráfica 2).

De	A	Distancia coste (km)	Distancia euclidiana (km)	Leguas registradas	Km por legua	Marcha lenta (hrs)	Marcha óptima (hrs)	Marcha rápida (hrs)
Erongarícuaro	Huiramangaro	12.6	9.4	1	12.6	5.0	2.6	1.5
Erongarícuaro	Turícuaro	37.6	24.1	2	18.8	14.9	7.8	4.4
Erongarícuaro	Nahuátzen	34.5	22	2	17.2	13.7	7.2	4.0
Erongarícuaro	Cherán	40.6	26.6	2	20.3	16.1	8.5	4.8
Erongarícuaro	Paracho	52.4	34.7	3.5	15.0	20.8	10.9	6.1
Erongarícuaro	Aranza	48.8	32.6	3	16.3	19.4	10.2	5.7
Erongarícuaro	Uricho	2.3	2	0.25	9.1	0.9	0.5	0.3
Erongarícuaro	Pichátaro	14.1	9.1	1.5	9.4	5.6	2.9	1.7
Erongarícuaro	Oponguio	16.6	10	1	16.6	6.6	3.5	1.9
Espopoyuta*	Matugeo	17.0	8.7	1	11.4	6.8	3.6	2.0
Espopoyuta	Tácaro	22.1	13.27	2.5	9.2	8.8	4.6	2.6
Espopoyuta	Naranja	17.0	7.2	2	4.6	6.7	3.5	2.0
Espopoyuta	Zacapu	23.5	12.3	2	7.9	9.3	4.9	2.8
Uruapan	Capácuaro	20.3	14	1.5	13.5	8.1	4.2	2.4
Uruapan	Angahuan	30.2	22.4	3	10.1	12.0	6.3	3.5
Uruapan	Jicalán	59.0	18	4	14.7	23.4	12.3	6.9
Uruapan	Jucutacato	6.1	5.4	0.5	12.2	2.4	1.3	0.7
Uruapan	Zirosto	43.5	30.6	3	14.5	17.3	9.1	5.1
Huaniqueo	Jaripitiro	10.4	6.6	0.5	19.9	4.1	2.2	1.2
Huaniqueo	Zipiajo	18.0	12.3	2.5	7.0	7.1	3.7	2.1
Uchichila**	Erongarícuaro	26.6	15.7	3.5	7.6	10.6	5.5	3.1
Uchichila	Espopoyuta	31.8	18.3	5	6.4	12.6	6.6	3.7
Uchichila	Huaniqueo	49.3	30.7	6	8.2	19.6	10.3	5.8
Uchichila	Uruapan	78.8	55.4	15	5.3	31.3	16.4	9.3

Cuadro 3. Tramos recorridos por Antonio de Caravajal analizados en este estudio (fuente: Warren 1989, modernizamos la grafía de los topónimos).

Notas: * Comanja, ** Tzintzuntzan.

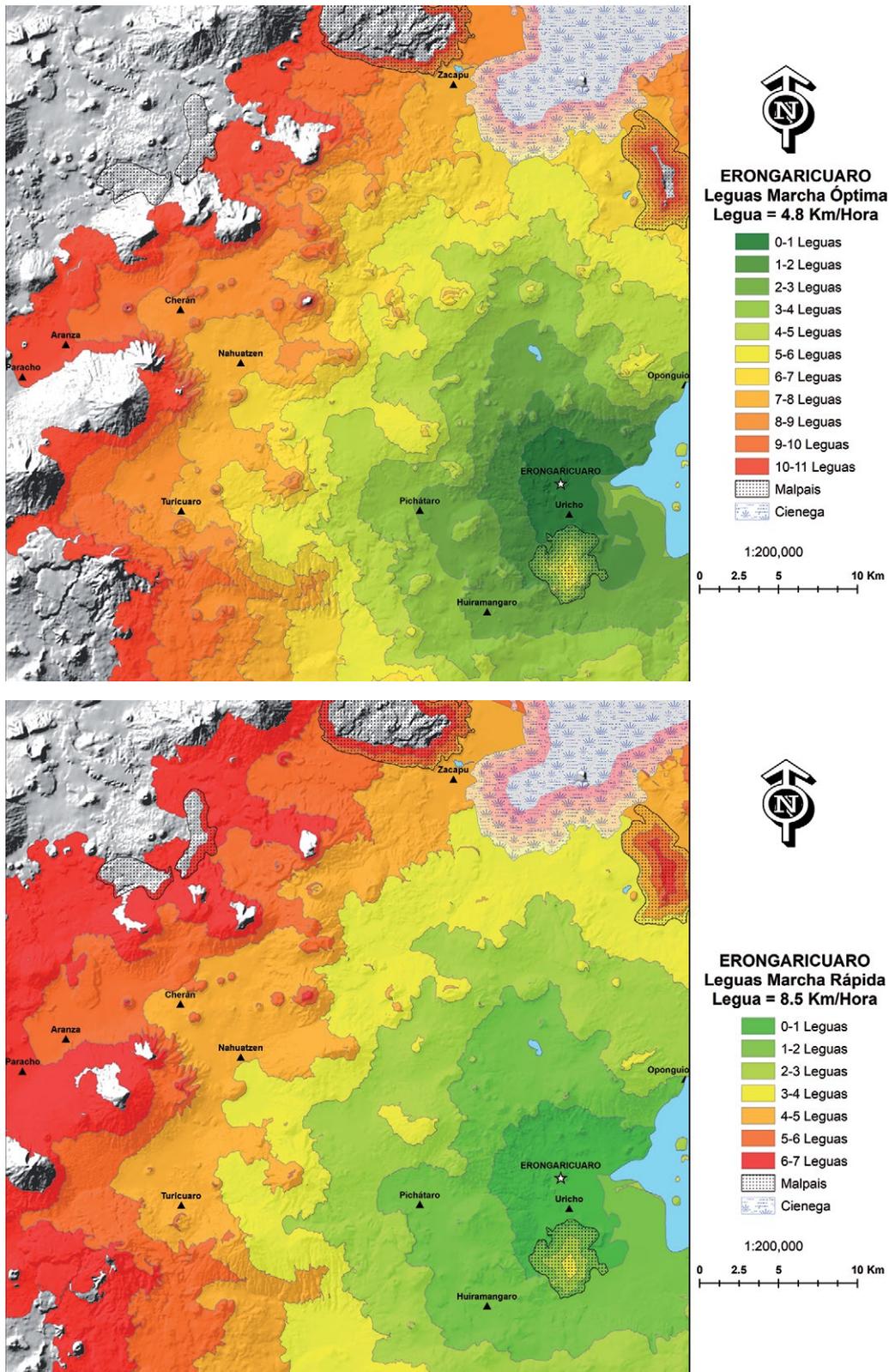
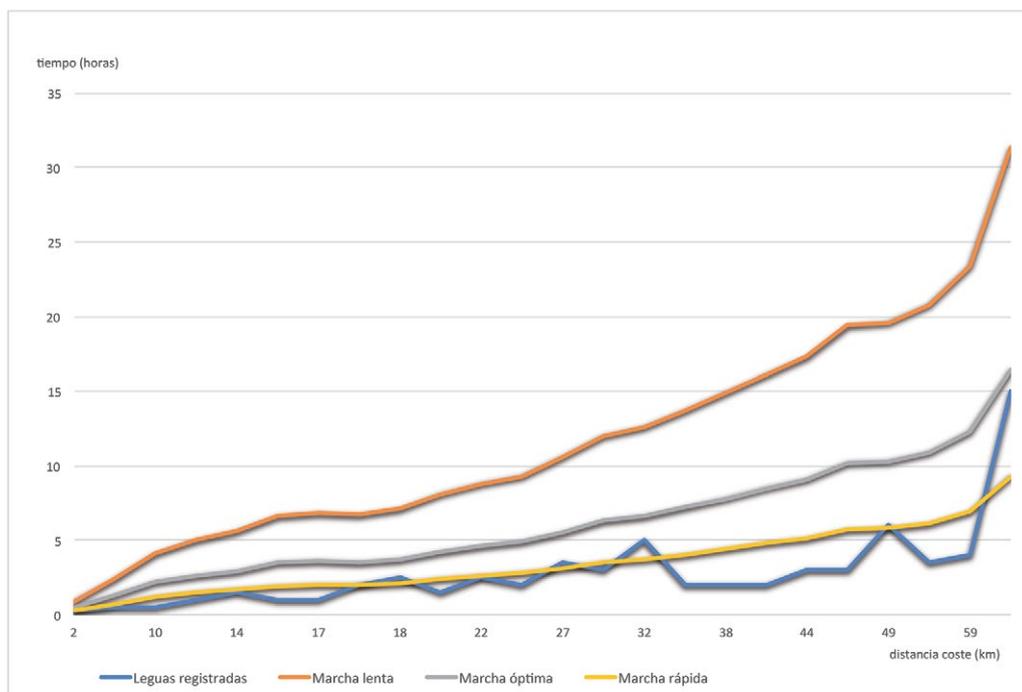


Figura 3. Distancias recorridas en leguas desde Erongaricuario a marcha óptima y marcha rápida (© A. Anaya Hernández con datos del INEGI).



Gráfica 1.
Comparación entre las leguas registradas por Caravajal y los distintos ritmos de marcha (© A. Anaya Hernández y C. Espejel Carbajal con datos de Antonio de Caravajal citados en Warren 1989).

Cuadro 4. Tramos recorridos por fray Alonso Ponce (1585-1589) analizados en este estudio (fuente: Ciudad Real 1993, modernizamos la grafía de los topónimos).

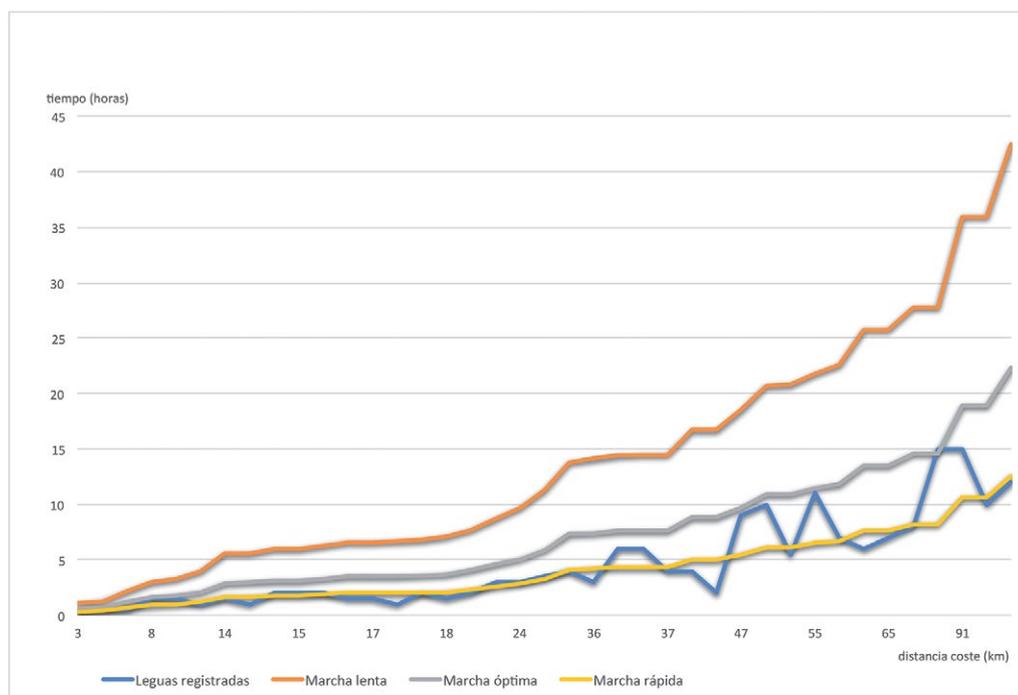
De	A	Distancia coste (km)	Distancia euclidiana (km)	Leguas registradas	Km por legua	Marcha lenta (hrs)	Marcha óptima (hrs)	Marcha rápida (hrs)
Pátzcuaro	Uruapan	70.1	48.3	8	8.8	27.8	14.6	8.2
Pátzcuaro	Ajuno	15.0	11.8	2	7.5	6.0	3.1	1.8
Ajuno	Huiramangaro	5.6	4.5	0.5	11.2	2.2	1.2	0.7
Huiramangaro	Tingambato	16.7	9.2	1.5	11.1	6.6	3.5	2.0
Tingambato	San Andrés Corú	15.8	10.4	2	7.9	6.3	3.3	1.9
San Andrés Coru	Uruapan	19.5	13	2	9.7	7.7	4.1	2.3
Uruapan	Tingambato	34.8	23.5	4	8.7	13.8	7.3	4.1
Tingambato	Pátzcuaro	36.6	25.5	4	9.2	14.5	7.6	4.3
Tzintzuntzan	Santa Fe de la Laguna	7.6	5.5	1.5	5.0	3.0	1.6	0.9
Santa Fe de la Laguna	San Jerónimo Purenchécuaro	8.4	5.8	1.5	5.6	3.3	1.8	1.0
San Jerónimo Purenchécuaro	San Andrés Ziróndaro	2.7	2.4	0.25	10.7	1.1	0.6	0.3
Zacapu	Erongarícuaro	36.4	26.33	6	6.1	14.4	7.6	4.3
Erongarícuaro	Pichátaro	14.1	9.1	1.5	9.4	5.6	2.9	1.7
Pichátaro	Sevina	17.2	11.7	2	8.6	6.8	3.6	2.0
Sevina	Aranza	17.9	13.4	1.5	12.0	7.1	3.7	2.1
Aranza	Paracho	3.3	3.4	0.5	6.5	1.3	0.7	0.4
Paracho	Pomacuarán	17.0	14.6	1	17.0	6.7	3.5	2.0
Erongarícuaro	Paracho	52.4	34.8	5.5	9.5	20.8	10.9	6.1
Jaripo	Tarécuato	22.0	16.9	3	7.3	8.7	4.6	2.6
Tarécuato	Patambán	28.4	19	3.5	8.1	11.3	5.9	3.3
Patambán	Ocumicho	10.0	7.1	1	10.0	4.0	2.1	1.2
Pichátaro	Ajuno	14.2	11	1	14.2	5.6	3.0	1.7
Ajuno	Pátzcuaro	15.1	11.8	2	7.5	6.0	3.1	1.8
Pátzcuaro	Valladolid	56.9	49	7	8.1	22.6	11.8	6.7
Capula	Valladolid	24.4	22	3	8.1	9.7	5.1	2.9

De	A	Distancia coste (km)	Distancia euclidiana (km)	Leguas registradas	Km por legua	Marcha lenta (hrs)	Marcha óptima (hrs)	Marcha rápida (hrs)
Pátzcuaro	Jaso y Teremendo	42.2	30	4	10.6	16.7	8.8	5.0
Pátzcuaro	Huaniqueo	65.0	43.5	6	10.8	25.8	13.5	7.6
Pátzcuaro	Comanja	46.7	27	9	5.2	18.5	9.7	5.5
Pátzcuaro	Zacapu	55.0	38.3	11	5.0	21.8	11.5	6.5
Pátzcuaro	Uruapan	70.1	48.3	15	4.7	27.8	14.6	8.2
Pátzcuaro	Chilchota	90.7	64.7	15	6.0	36.0	18.9	10.6

Cuadro 5. Tramos registrados en la Suma de Visitas (ca. 1550) analizados en este estudio (fuente: Paso y Troncoso 1905, modernizamos la grafía de los topónimos).

De	A	Distancia coste (km)	Distancia euclidiana (km)	Leguas registradas	Km por legua	Marcha lenta (hrs)	Marcha óptima (hrs)	Marcha rápida (hrs)
Pátzcuaro	Jaso y Teremendo	42.2	29.8	2	21.1	16.7	8.8	5.0
Pátzcuaro	Capula	35.5	28.6	3	11.8	14.1	7.4	4.2
Pátzcuaro	Huaniqueo	65.0	43.5	7	9.3	25.8	13.5	7.6
Pátzcuaro	Coeneo	52.2	26.8	10	5.2	20.7	10.9	6.1
Pátzcuaro	Chilchota	90.7	64.8	10	9.1	36.0	18.9	10.6
Pátzcuaro	Zirosto	107.0	75	12	8.9	42.5	22.3	12.6

Cuadro 6. Tramos registrados en la Relación de clérigos (1571) analizados en este estudio (fuente: Miranda 1990, modernizamos la grafía de los topónimos).



Gráfica 2. Comparación entre las leguas registradas en otros documentos históricos y los distintos ritmos de marcha (© A. Anaya Hernández y C. Espejel Carbajal con datos citados en Ciudad Real 1993, Paso y Troncoso 1905 y Miranda 1990).

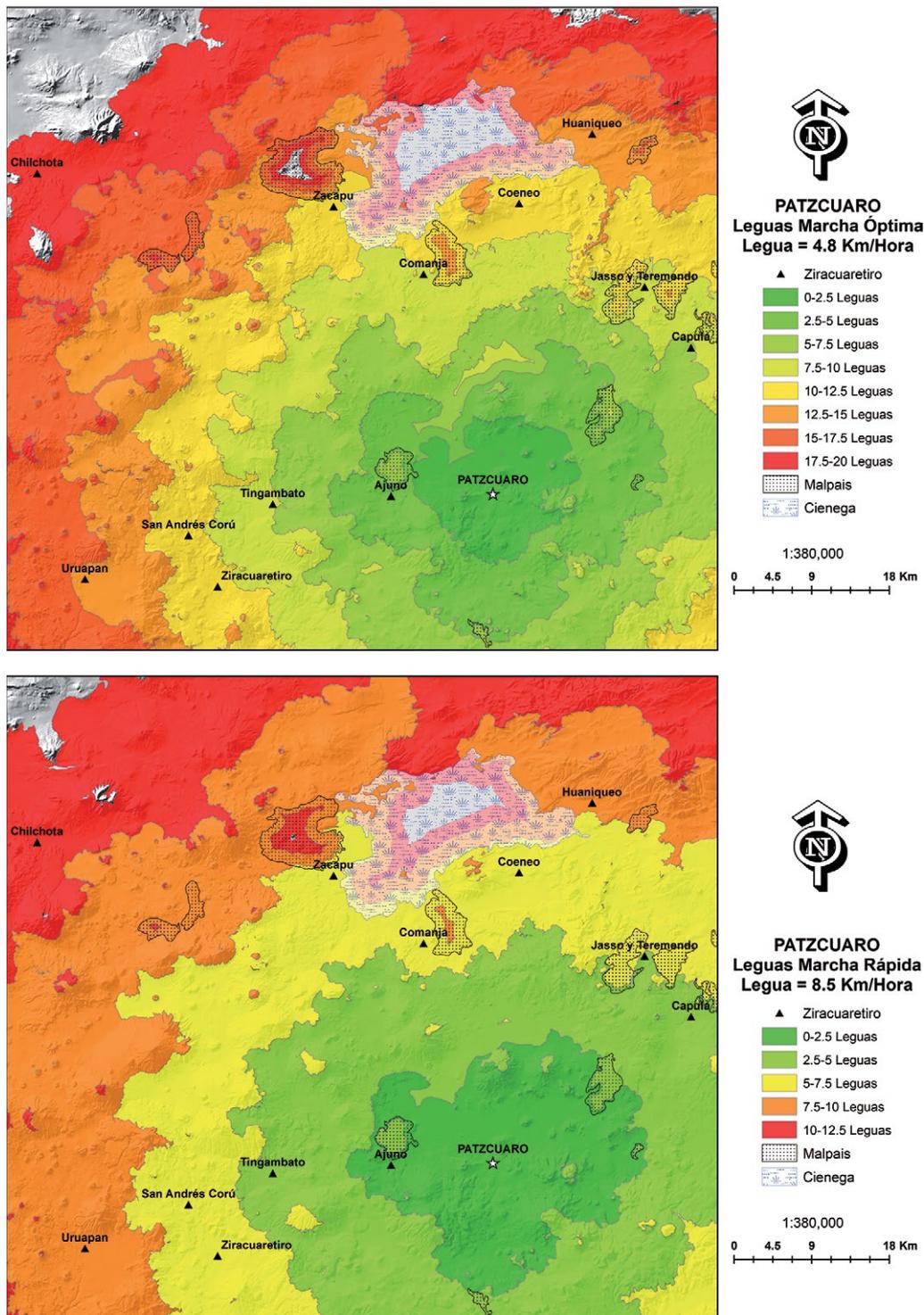


Figura 4. Distancias recorridas en leguas desde Pátzcuaro a marcha óptima y marcha rápida (© A. Anaya Hernández con datos del INEGI).

En la figura 4 se muestran las distancias cubiertas desde Pátzcuaro con ritmos de marcha óptima y marcha rápida donde puede observarse lo anterior (Figura 4).

DISCUSIÓN

Estos resultados pueden interpretarse al menos de dos maneras. Por un lado muestran que tanto Caravajal como los visitantes posteriores recorrieron estas distancias

a marcha rápida y no, como esperaríamos, a marcha óptima. Por otro lado, dada la gran variabilidad en el tamaño de las leguas y lo mucho que se alejan en ocasiones de sus valores normales, puede pensarse que el cálculo que hacían los viajeros en el siglo XVI, tanto de las distancias caminadas como del tiempo transcurrido en ir de un lugar a otro, estaba basado en estimaciones puramente subjetivas. En el caso de Caravajal resulta claro que a medida que se alejaba del punto de partida

sus cálculos de las distancias eran mucho menos precisos y hasta cierto punto aleatorios. Aún más, considerando la cantidad de pueblos que visitó Caravajal en un mismo día y las largas distancias que aparentemente recorrió, podemos preguntarnos si este acudió realmente a las localidades mencionadas.

El caso más extremo es la visita que realizó en un día, partiendo de Erongarícuaro, a 17 pueblos de la meseta tarasca, el más alejado de ellos a 4.5 leguas del punto de partida. De acuerdo con nuestros cálculos, cinco de los pueblos plenamente identificados (Cherán, Turícuaro, Nahuatzen, Aranza y Paracho) yacen a una distancia promedio de casi 43 km de Erongarícuaro y para llegar ahí se requeriría caminar mínimo siete horas a velocidad óptima o cuatro horas a marcha rápida. Resulta obvio que sólo a esta velocidad Caravajal pudo haber recorrido en un solo día esa distancia de ida y vuelta (pues al final estaba en Uricho, muy cerca de Erongarícuaro), pero aun así es poco creíble que haya tenido tiempo suficiente para detenerse en los 17 pueblos y hacer la breve descripción y el conteo de casas que registró en su informe.

Cabe la posibilidad de que Caravajal anduviera a caballo y ello le permitiera recorrer distancias más largas en menos tiempo. El padre Ponce, quien con toda seguridad se movía a caballo, siguió un itinerario parecido al de Caravajal por la meseta tarasca y en un sólo día, el 17 de noviembre de 1586, recorrió ocho leguas de Pichátaro a Charapan, saliendo en la madrugada, con un breve descanso a las cinco leguas del trayecto y pasando de largo por seis pueblos intermedios (Ciudad Real 1993, II: 81). Recordemos que, de acuerdo con nuestros cálculos, el padre Ponce se desplazaba a un ritmo de marcha rápida.

En el caso del trayecto Pátzcuaro-Uruapan tenemos testimonios de varios viajeros que dan una idea más cercana de lo que representaba andar a caballo los poco más de 70 km de distancia coste que calculamos entre estos puntos (véase la figura 4). El padre Ponce, quien estimó ocho leguas para este trayecto, lo recorrió en un mismo día: salió de Pátzcuaro en la madrugada, llegó al salir el sol a Tingambato donde dijo misa y desayunó, luego prosiguió su viaje por un camino muy difícil y llegó ese mismo día a Uruapan (Ciudad Real 1993, II: 165). El regreso a Pátzcuaro lo hizo también en una jornada: salió de madrugada, paró de nuevo en Tingambato para decir misa y refrescarse, y llegó a medio día a Pátzcuaro “tan cansado y fatigado del recio sol y de la larga jornada, que estuvo muy indispuerto” (Ciudad Real 1993, II: 168-169). En 1841 la marquesa Calderón de la Barca (1959: 517-532) hizo el mismo recorrido también a caballo, pero ella pernoctó a medio camino tanto en el viaje de ida a Uruapan como en el de regreso a Pátzcuaro. En el primero salió a las 8 de la mañana de Pátzcuaro, después del medio día descansó en un paraje cercano a Tingambato y al anochecer apenas iba por San Andrés Corú, donde pasó la noche tras unas 10 horas de viaje. Al día siguiente salió temprano rumbo a Uruapan pero no sabemos a qué hora llegó. En el viaje de regreso salió

de Uruapan a las 11 de la mañana y a las 4 estaba en Ziracuaretiro. Al día siguiente partió a las 7 de la mañana, almorzó en Ajuno y llegó a Pátzcuaro con la puesta del sol, viajando un total de 16 horas, cinco el primer día y 11 en la segunda jornada. Considerando lo anterior podemos deducir que se desplazó con un ritmo de marcha óptima. Finalmente Alfredo Maillefert (1940: 14) cuenta que su abuelo viajó a caballo de Taretan a Pátzcuaro, pasando por Ziracuaretiro a las 6 de la mañana, por Tingambato a las 10, por Ajuno a medio día y llegando a Pátzcuaro a las 3. Una jornada de más de 9 horas a un ritmo de marcha óptima.

Tomando en cuenta estos testimonios podemos afirmar que sí era posible recorrer una distancia coste de 70 km a caballo en un solo día, incluso con algunas paradas como lo hizo el admirable Ponce. Quizás el recorrido de más de 80 km que supuestamente hizo Caravajal por la meseta tarasca el 20 de abril de 1523 no era totalmente imposible, pero no deja de ser poco verosímil aun considerando que lo hiciera a caballo y con una velocidad mayor al ritmo de marcha rápida.

CONCLUSIONES

La posibilidad de calcular, gracias al SIG, la distancia entre dos puntos tomando en cuenta la fricción y por lo tanto el esfuerzo necesario para desplazarse sobre el entorno físico (superficie de coste y distancia de coste) nos permitió determinar la medida en kilómetros de las leguas recorridas por Caravajal durante su visita a Michoacán de una manera más precisa que midiendo únicamente las distancias euclidianas. El resultado de este ejercicio reveló que la medida de la legua, según los datos de Caravajal, es muy variable (de 4.8 a 20 km por legua) y que en general se aleja mucho de los valores normalmente aceptados para la legua. Resultados similares se obtuvieron al aplicar esta operación a los datos registrados por otros viajeros que anduvieron por la misma región.

Considerando que la legua se define como la distancia que regularmente se anda en una hora y que por lo tanto su tamaño varía en función del terreno, la carga, la edad, etc., calculamos el valor de las leguas registradas en los documentos según tres posibles tipos de desplazamiento –marcha lenta, óptima y rápida– y comprobamos que las leguas registradas en todos los documentos examinados corresponden, especialmente cuando las distancias coste son menores a los 30 km, a las que resultarían de una marcha rápida (de 8.5 km/h). Para distancias mayores, en cambio, no se nota un patrón uniforme.

Todo lo anterior nos llevó a examinar la noción de legua con sus distintas definiciones y a cuestionar la idea de que esta se determinaba realmente por la distancia recorrida en una hora. La enorme variación en el tamaño de la legua que encontramos, y que confirma los datos obtenidos por otros investigadores, hace pensar que los

viajeros calculaban las distancias entre dos lugares de manera sumamente aproximada y subjetiva. Es inútil, por lo tanto, tratar de obtener un valor confiable de la legua a partir de sus estimaciones.

Por otra parte, la posibilidad de calcular el tiempo necesario para hacer los recorridos que Caravajal dijo haber hecho ha puesto en duda la fidelidad de al menos algunos de sus datos, pues difícilmente se podrían recorrer esas enormes áreas en un solo día. Por el momento no podemos explicar satisfactoriamente este hecho. Quizá Caravajal describió lugares que no visitó personalmente basándose en la información de los caciques, o tal vez algunos pueblos fueron visitados por otros de sus acompañantes, o acaso la información no se registró de inmediato dando lugar a errores y fallas en la memoria. Considerando que los fragmentos que se conocen del informe son copias del original asociadas a pleitos judiciales sobre las encomiendas, también se puede pensar con más malicia que los interesados modificaron los datos para su beneficio; haciendo parecer, por ejemplo, que determinados pueblos se visitaron el mismo día porque formaban parte de una misma jurisdicción. En todo caso, esta situación nos recuerda el cuidado que siempre debe tenerse al usar e interpretar los datos de los documentos históricos.

Finalmente, la principal ganancia que obtuvimos al combinar los datos históricos con la información geográfica analizada mediante un SIG fue la posibilidad de acercarnos de una manera mucho más vívida a la experiencia de los caminantes; descubrir palpablemente cómo Caravajal y Ponce anduvieron día tras día largas distancias durante meses. Seguramente la aplicación de este tipo de análisis a otros datos similares pondrá de relieve la gran capacidad de desplazamiento de los españoles, aspecto poco tomado en cuenta y que sin duda contribuyó a la rápida expansión de su dominio sobre las tierras americanas.

Referencias

- ANAYA HERNÁNDEZ Armando
2001, *Site Interaction and Political Geography in the Upper Usumacinta Region during the Late Classic. A GIS Approach*, Archaeopress (BAR. International Series, 994), Oxford.
- BELTRÁN Ulises
1994, "Estado y sociedad tarascos en la época prehispánica", in Brigitte Boehm (ed), *El Michoacán antiguo*, El Colegio de Michoacán, Zamora, 29-163.
- CALDERÓN DE LA BARCA Frances Inglis
1959, *La vida en México durante una residencia de dos años en ese país*, Editorial Porrúa, México.
- CHARDON Roland
1980a, "The linear League in North America", *Annals of the Association of American Geographers* [en línea], 70 (2):

129-153, <http://www.jstor.org/stable/2562946>, consultado el 02/07/2015.

1980b, "The elusive Spanish League: a problem of measurement in Sixteenth-Century New Spain", *The Hispanic American Historical Review* [en línea], 60 (2): 194-302, <http://www.jstor.org/stable/2513219>, consultado el 02/07/2015.

CIUDAD REAL Antonio de

1993, *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España. Relación breve y verdadera de algunas cosas de las muchas que sucedieron al padre fray Alonso Ponce en las provincias de la Nueva España siendo comisario general de aquellas partes*, Josefina García Quintana y Víctor M. Castillo Farreras (eds), UNAM, México.

COVARRUBIAS OROZCO Sebastián de

1995, *Tesoro de la lengua castellana o española* [1611], Editorial Castalia, Madrid.

DEVINE John

1985, "The versatility of human locomotion", *American Anthropologist*, 87: 550-570.

DOURSTHER Horace

1840, *Dictionnaire universel des poids et mesures anciens et modernes* [en línea], M. Hayes Imprimeur de l'Académie Royale, rue de l'Orangerie, section 7, n° 16, Bruxelles, <https://archive.org/stream/dictionnaireuni00dourgoo#page/n8/mode/2up>, consultado el 02/10/2015.

DRENNAN Robert D.

1984, "Long-Distance Transport Cost in Pre-Hispanic Mesoamerica", *American Anthropologist* [en línea], New Series, 86 (1): 105-112, <http://www.jstor.org/stable/679394>, consultado el 29/12/2016.

Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana

1930, Espasa-Calpe, Barcelona.

ENGGASS Peter M.

1971, "The Spanish League. A Geographical Conspiracy", *Journal of Geography* [en línea], 70 (7): 407-410, <http://dx.doi.org/10.1080/00221347108981877>, consultado el 15/03/2015.

ESPEJEL CARBAJAL Claudia

2011, "Distribución de la población en el centro de Michoacán a la llegada de los españoles. Análisis de la vista de Antonio de Caravajal (1523-1524)", in Eduardo Williams y Phil C. Weigand (eds), *Patrones de asentamiento y actividades de subsistencia en el occidente de México. Reconocimiento a la doctora Helen P. Pollard*, El Colegio de Michoacán, Zamora, 73-100.

GARCÍA FRANCO Salvador

1957, *La legua náutica en la Edad Media*, Instituto Histórico de Marina, Madrid.

GARZA MARTÍNEZ Valentina

2012, "Medidas y caminos en la época colonial: expediciones, visitas y viajes al norte de la Nueva España (siglos XVI-XVIII)", *Fronteras de la Historia*, 17: 191-219.

- GORENFLO Larry J. y Nathan GALE
1990, "Mapping regional settlement in Information Space", *Journal of Anthropological Archaeology*, 9 (3): 240-274.
- GORENSTEIN Shirley y Helen P. POLLARD
1983, *The Tarascan Civilization. A Late Prehispanic Cultural System*, Vanderbilt University, Nashville.
- LUMHOLTZ Carl
1986, *El México desconocido*, Instituto Nacional Indigenista, México.
- MACEACHREN Alan M.
1980, "Travel time as the basis of cognitive distance", *Professional Geographer*, 32 (1): 30-36.
- MAILLEFERT Alfredo
1940, *Ancla en el tiempo*, Universidad Michoacana, Morelia.
- MARBLE Duane F.
1996, *The human effort involved in movement over natural terrain. A working bibliography*, parte I del informe final sometida al *National Park Service Contract 6115-4-8031*, Ohio State University, Columbus.
- MIGEON Gérald
1992, "Les sites tarasques de la région de Zacapu: confrontation des données archéologiques et ethnohistoriques", in Alain Breton, Jean-Pierre Berthe y Sylvie Lecoin (coords), *Vingt études sur le Mexique et le Guatemala réunies à la mémoire de Nicole Percheron*, Presses universitaires du Mirail/CEMCA, Toulouse, 95-115.
- MIRANDA Francisco
1990, *Don Vasco de Quiroga y su Colegio de San Nicolás*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- NAVARRETE PELLICER Sergio
1988, "Algunas implicaciones de los cambios en los patrones de asentamiento indígena durante el siglo XVI: especulación aritmética e historia conjetural", in Thomas Calvo y Gustavo López (coords), *Movimientos de población en el occidente de México*, CEMCA/El Colegio de Michoacán, Zamora, 103-121.
1997, "La población tarasca en el siglo XVI", in Carlos Paredes Martínez (coord.), *Historia y Sociedad, Ensayos del Seminario de Historia Colonial de Michoacán*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 19-73.
- OROZCO Y BERRA Manuel
1856, "Medidas y pesos en la República Mexicana", en *Diccionario universal de historia y geografía* [en línea], Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante, México, t. V, 206-214, <http://132.248.9.34/iih/001234305/1234305-V.pdf>, consultado el 03/10/2015.
- PASO Y TRONCOSO Francisco del (ed.)
1905, "Suma de visitas de pueblos por orden alfabético, manuscrito 2,800 de la Biblioteca Nacional de Madrid, anónimo de la mitad del siglo XVI", in *Papeles de la Nueva España, segunda serie, geografía y estadística*, Est. Tipográfico "Sucesores de Rivadeneira", t. I, Madrid.
- POLLARD Helen P.
1987, "The Political Economy of Prehispanic Tarascan Metallurgy", *American Antiquity*, 52 (4): 741-752.
- PALIJ Michael
1984, *On the Varieties of Spatial Knowledge. Cognitive Maps and Imagined Terrains*, tesis de doctorado, Dept. of Psychology, State University of New York, New York.
- PANDOLF Kent B., Baruch GIVONI y Ralph F. GOLDMAN
1977, "Predicting energy expenditures with loads while standing or walking very slowly", *Journal of Applied Physiology*, 43 (4): 577-581.
- PAREDES MARTÍNEZ Carlos
1984, "El tributo indígena en la región del lago de Pátzcuaro", in *Michoacán en el siglo XVI*, Fimax Publicistas (Colección "Estudios michoacanos", 7), Morelia.
1990, "El sistema tributario prehispánico entre los tarascos", *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, 11: 5-12.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA
1990 *Diccionario de autoridades* [1726-1739], Gredos (Biblioteca románica hispánica), Madrid.
- SANTAMARÍA Francisco J.
1942, *Diccionario general de americanismos*, Editorial Pedro Robredo, México.
- SCHNEIDER Kristin y Paul ROBBINS
1995, *GIS and Mountain Environments*, UNITAR (Explorations in Geographic Information Systems Technology, 5), Geneva.
- TALAVERA IBARRA Oziel Ulises
2008, *Historia del pueblo de indios de San Francisco Uruapan*, Morevallado, Morelia.
- WARREN J. Benedict
1989, *La Conquista de Michoacán: 1521-1530*, Fimax Publicistas, Morelia.
- WIKIPEDIA (colaboradores de)
s. f., "Legua", *Wikipedia, La enciclopedia libre* [en línea], <https://es.wikipedia.org/wiki/Legua>, consultado el 29/09/2015.