

TFG

UN ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LOS MURALES DE LAS CUEVAS DE MOGAO EN DUNHUANG (CHINA).

Autores: Chen Yuhan

Tutora: Julia Osca Pons

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Curso 2019-2020



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

Las cuevas de Mogao o cuevas de Dunhuang, ciudad situada en la provincia de Gansu (República Popular China), es el patrimonio cultural budista más grande y completo del mundo. El conjunto está compuesto por 492 cuevas, ornamentadas con murales y esculturas de un alto valor cultural por lo que la protección de los restos de las cuevas de Mogao es de gran relevancia.

Este trabajo final de grado analiza los efectos positivos y negativos de las actividades turísticas en las grutas de Mogao, estudia la relación entre protección de las reliquias culturales y las actividades turísticas y cómo mantener un equilibrio entre ambas.

PALABRAS CLAVE: cuevas de Mogao, cuevas de Dunhuang, cuevas de los Mil Budas, Patrimonio Cultural de la Humanidad, actividad humana, protección y desarrollo de reliquias culturales

The Mogao Grottoes or Dunhuang grottoes, a city located in the province of Gansu (People's Republic of China), is the largest and most complete Buddhist cultural heritage in the world. The site consists of 492 caves, decorated with murals and sculptures of high cultural value, which makes the protection of the remains of the Mogao caves very important.

This final degree work analyzes the positive and negative effects of tourist activities in the Mogao caves, studies the relationship between the protection of cultural relics and tourist activities and how to address the issue in order to maintain a balance between both.

KEY WORDS: Mogao Grottoes, Dunhuang grottoes, caves of Thousand Buddhas, World Cultural Heritage, human activity, protection and development of cultural relics

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

DESARROLLO Y RESULTADOS DEL TRABAJO

1. Descripción de las cuevas de Mogao

1.1. Composición del patrimonio cultural de las cuevas de Mogao

1.2. El valor artístico de los murales

1.3. Tipologías de las cuevas

1.4. Técnicas pictóricas empleada en los murales

1.5. Instituciones de protección y gestión de las cuevas

2. Formas de actividad humana en las cuevas de Mogao

2.1 Visitas turísticas a las cuevas

2.2. Actividades de protección y restauración del patrimonio cultural

2.3. Desarrollo de actividades de construcción en las zonas que rodean el patrimonio cultural

2.4. Actividades de robo de patrimonio

3. Impactos antropogénicos en las cuevas de Mogao

3.1. Datos sobre los efectos de las actividades humanas en las cuevas

3.2. Efectos específicos de las actividades humanas en los murales.

3.2.1 Panorama del impacto de las actividades humanas en los murales

3.2.2 Análisis del impacto de las actividades humanas en las pinturas de las cuevas de Mogao basado en encuestas.

3.2.3 Resultados del análisis del impacto de las actividades humanas en las pinturas rupestres de Mogao

3.3 Respuestas para prevenir el impacto negativo de las actividades humanas en los murales de Mogao

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Las reliquias culturales constituyen un magnífico patrimonio cultural de la humanidad y el portador de la historia y la cultura. La forma de protegerlos adecuadamente es un importante tema de preocupación y estudio en todos los países del mundo. El Gobierno de China siempre ha concedido gran importancia a la protección de las reliquias culturales, ha promulgado un gran número de leyes y reglamentos y ha adoptado muchas medidas eficaces para hacer de la protección de las reliquias culturales una prioridad, logrando este objetivo con éxito. Sin embargo, la industria del turismo también se ha desarrollado rápidamente desde la reforma y la apertura. Como resultado, muchos lugares han iniciado un auge en el desarrollo del turismo. Este desarrollo es realmente en sí mismo bueno, pero también trae más dificultades y desafíos al trabajo de conservación del patrimonio.

Las cuevas de Dunhuang Mogao es el mayor depósito de arte clásico de China y un centro de arte budista y fue inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial en 1987. Estas cuevas fueron construidas y excavadas a partir del año 366 y han sido objeto de daños naturales y humanos durante más de mil años.

En 1944, cuando se estableció el Instituto de Arte de Dunhuang en China, las cuevas de Mogao estaban en tan mal estado que el agua de lluvia se filtraba en las fisuras y grietas de las caras externas, causando daños a la estructura pétreo y rocosa y a muchas partes de las cuevas. El colapso de la antesala de las cuevas ha dado lugar a una variedad de patologías, incluyendo descamaciones, separaciones de estratos pictóricos y abolsamientos, formación de costras y la afectación de la estructura de los murales. Algunas de las cuevas no tienen puertas y las plantas inferiores están enterradas en la tierra, poniendo el sitio en peligro. Es evidente también la erosión natural causada por la pérdida de muros y la decoloración o desaparición de zonas policromadas, así como arañazos y zonas ennegrecidas por humo. Todas estas patologías han sido

causadas en gran medida por el hombre, pero también se observan daños de origen animal, vegetal y microbiano.

Sin embargo, la mayoría de los visitantes saben muy poco sobre la protección de los murales. Cuando las cuevas de Mogao se abrieron al público en 1979, en un año solo las visitaron 10.000 personas. Pero desde el siglo XXI, con el desarrollo de la economía nacional y el desarrollo del turismo, en las cuevas de Mogao se ha experimentado un crecimiento inusualmente rápido. El número anual de visitantes superó los 300.000 en 2001, llegó a 400.000 en 2004 y a 500.000 en 2006. El número de turistas que visitan el sitio ha aumentado hasta 800.000 en 2012 y a casi 1,8 millones en 2019. La contradicción entre la conservación del patrimonio y el desarrollo del turismo es particularmente pronunciada aquí, ya que el número de turistas aumenta cada año. Un aumento de los visitantes significa un aumento del riesgo por actividad humana en el entorno de las cuevas de Mogao. La vigilancia ha demostrado que el gran número de visitantes provoca cambios frecuentes en la temperatura y la humedad dentro de las cuevas, alterando el entorno constante de las mismas, lo que se ha convertido en una fuente de problemas. Las visitas de los turistas ha sido una de las principales causas de las patologías repetidas en los murales.

El Instituto de Investigación de Dunhuang realizó experimentos en la Cueva 323, que tiene un volumen de 143 m³. Estos estudios señalan que al exhalar 40 personas dentro de la cueva durante 37 minutos, parte del vapor de agua y el dióxido de carbono permanecen dentro. Como resultado, el dióxido de carbono se quintuplicó, la humedad relativa del aire aumentó en un 10% y la temperatura del aire se elevó 4°C dentro de la cueva. Todo esto erosiona los murales y agrava las patologías.

La conservación del patrimonio y el desarrollo del turismo no es una contradicción irreconciliable, sino una relación interdependiente que se refuerza mutuamente. No podemos sacrificar las reliquias culturales a cambio del desarrollo del turismo, ni podemos proteger las reliquias culturales y rechazar a los turistas.

OBJETIVOS

El impacto de las actividades humanas y el turismo en el patrimonio cultural se ha convertido en una cuestión que no puede ser ignorada a medida que pasa el tiempo. Esto incluye algunos efectos positivos, como el impulso del desarrollo de las industrias circundantes y la difusión de la cultura correspondiente. Pero también habrá algunos efectos negativos.

Por tanto, en el presente trabajo final de grado se han planteado los siguientes objetivos:

- Realizar un análisis del impacto de estas actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao, mediante una búsqueda bibliográfica de los estudios de control y estadísticas ya realizadas en este sentido.
- Analizar el impacto actual mediante encuestas o cuestionarios de elaboración propia, que han sido enviados y posteriormente ha sido procesada su información.
- Proponer soluciones adecuadas a esta problemática utilizando los actuales conocimientos profesionales.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo empleada en este estudio ha sido la siguiente, quedando dividida básicamente en cinco fases principales:

1. La búsqueda de información y datos sobre el impacto de las actividades humanas en las cuevas de Mogao.
2. Clasificación y enumeración de los posibles efectos de las actividades humanas en las cuevas de Mogao, sobre la base de los conocimientos profesionales y los resultados del análisis de los datos.
3. Elaboración de las encuestas con los cuestionarios apropiados para enviarlos al personal encargado de las cuevas de Mogao.
4. Recogida de datos y análisis de los datos y resultados del cuestionario
5. Identificación de los tipos y consecuencias del impacto humano en las cuevas de Mogao.

DESARROLLO Y RESULTADOS DEL TRABAJO

1. Descripción de las cuevas de Mogao

1.1 Composición del patrimonio cultural de las cuevas de Mogao

Las cuevas de Mogao tienen una larga historia y están situadas en Dunhuang, una ciudad histórica y cultural en la antigua Ruta de la Seda de China. La Dinastía Yuan [siglo XIII] fue contruyendo gradualmente el que ahora es un grandioso conjunto pratrimonial, con una longitud total de grutas de 1740 metros y un total de 492 cuevas. Las cuevas contienen un total de 45.000 m² de espléndidas pinturas murales y 2.451 esculturas policromadas.

La herencia cultural ha hecho que las cuevas de Mogao tengan una gran reputación en todo el mundo. Éstas se convirtieron en las primeras reliquias culturales importantes que se protegieron en China en 1961. En 1987, se convirtió en Patrimonio de la Humanidad, el primer patrimonio cultural de China que se unió a las filas del patrimonio cultural del mundo.

En términos de escala, contenido, logros artísticos y estado de conservación, las Grutas de Mogao son una obra maestra del arte rupestre chino y paradigma de sitio budista, y probablemente sean las grutas más famosas del mundo.

1.2 El valor artístico de los murales de las cuevas de Mogao

Las cuevas de Mogao son un patrimonio cultural de murales, esculturas y arquitectura. El arte mural es extremadamente rico en contenido y lleva una enorme cantidad de información. Ningún templo religioso o arquitectura rupestre en el mundo de hoy se puede comparar con él. Los artistas antiguos se basaron en los puntos fuertes del arte antiguo de Irán, India, Grecia y otros países, pero crearon sobre la base de la nacionalización. Estos murales son ricos y coloridos y reflejan, directa o indirectamente, la vida laboral y la vida social de todos los grupos étnicos y clases de la historia china. Se destacan las costumbres, la vestimenta, la música y la danza de la Dinastía Jin [siglo IV d.C.] a la Dinastía Qing [siglo XIX d.C.]. Las costumbres populares y los cambios históricos son una vívida historia de la pintura de Dunhuang y una rica historia cultural. Las pinturas murales de las sucesivas dinastías muestran diferentes

estilos de pintura, constituyendo este conjunto de cuevas un capítulo glorioso en la historia del arte chino antiguo y una fuente fundamental para el estudio de la historia y la cultura de la sociedad feudal china. El conjunto pictórico mural ofrece materiales históricos de gran valor sobre la imagen de la ciudad, su economía y su política, la tecnología militar, la arquitectura religiosa, los trajes, la música, las danzas y las costumbres nacionales. Por lo tanto, es conocido como un "museo en la pared".

1.3. Tipologías de las cuevas de Mogao

Las cuevas de Mogao se dividen en cinco tipos principales:

1) "Chaitya" (Figura 1. a-b).

La pagoda central tiene pilares cuadrados que llegan hasta la cima de la cueva, y está decorada con estatuas en todos los lados. Las paredes circundantes están pintadas con imágenes. Es espacioso y fácil de visitar.

2) "Vihara" (Figura 2. a-b).

Contienen un número de pequeñas habitaciones en las paredes laterales izquierda y derecha para que los monjes se sienten a meditar.

3) "Fudou" (Figura 3. a-b).

Esta forma temprana es una de las cuevas más comunes en Dunhuang, siendo de forma cuadrada y coronada por cuatro lados inclinados, articulados con los techos cuadrados, que están altamente decorados con policromías brillantes, a menudo pintados con miles de budas. Hay muchos tipos diferentes de pinturas dependiendo de la dinastía.

4) "Sala del Nirvana" (Figura 4 a-b)

La cueva tiene una forma horizontal y rectangular, con una plataforma rectangular en el centro de la cueva, donde el buda aparece reclinado horizontalmente frente a los adoradores.

5) "Sala del Buda de pie" (Figura 5. a-b).

La cueva es cuadrada en la parte inferior y disminuye gradualmente hacia arriba, y el techo suele ser una cúpula. Dentro de la cueva se construye una estatua de Buda de pie. Se construye una ventana frente a la estatua para que llegue luz dentro de la cueva. También se construyó una escalera para facilitar la visita de los fieles a la cueva.



Figura.1 (a-b). a) Diagrama de la cueva de tipo Chaitya.

b). Fotografía del interior de la cueva de tipo Chaitya



Figura.2 (a-b). a) Diagrama de la cueva de tipo Vihara.

b) Fotografía del interior de la cueva de tipo Vihara.



Figura3 (a-b). a) Diagrama de la cueva de tipo Fudou.

b) Fotografía del interior de la cueva de tipo Fudou.

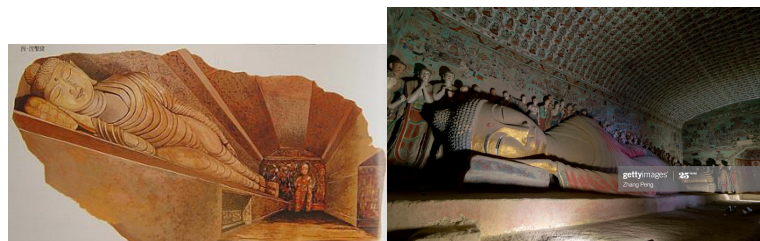


Figura 4. (a-b). a) Diagrama de la cueva de tipo Sala del Nirvana.

b) Fotografía del interior de la cueva Sala del Nirvana.

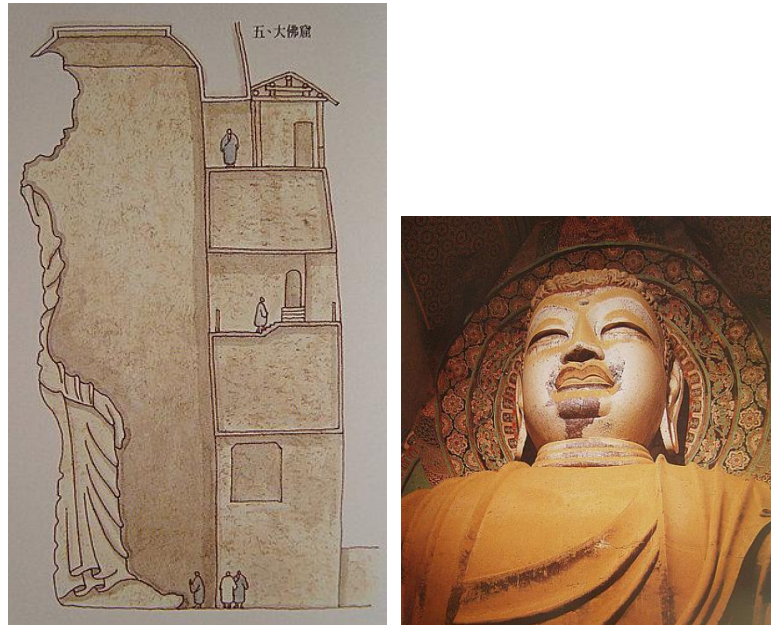


Figura 5 (a-b). a) Diagrama de la cueva de tipo Sala del Buda de pie.

b) Detalle del Buda de pie de la cueva Sala del Buda.

Las cuevas con forma de "fudou" son las más comunes. Los muros circundantes están generalmente pintados o tallados con imágenes de Buda (Figura 6). Las cuatro cúpulas inclinadas, dependiendo de la dinastía, pueden estar decoradas con pinturas de representaciones escultóricas de Buda o historias mitológicas (Figura 7. a-b). El techo central también suele estar pintado con un patrón decorativo (Figura 8). Las temáticas que representan estos murales son muy útiles para el estudio de la antigua arquitectura china, la ropa, costumbres y otros aspectos sociales.



Figura 6. Mural con temas budistas en una cueva tipo Fodou.

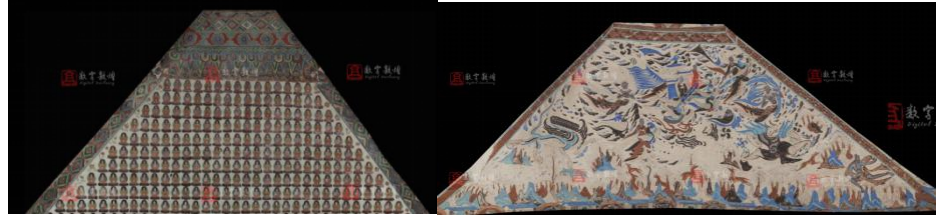


Figura7 (a-b). Mural pintado en las cuatro laderas de la cima de la cueva.

a. Pintura mural de los Mil Budas. Murales con temas místicos



Figura.8 Patrones decorativos pintados en el centro del techo

1.4 Técnicas pictóricas empleada en los murales de las cuevas de Mogao

Las pinturas murales de las cuevas de Mogao se dividen generalmente en cuatro capas. [Figura.9]

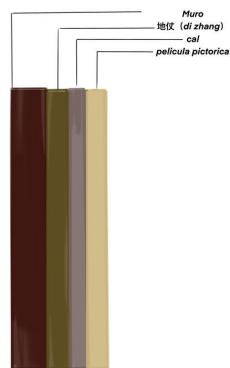


Figura.9 La estructura de las murales de Mogao

En primer *lugar*, los llamados *dizhangs*. El dizhang es una técnica tradicional china empleada en la ingeniería civil, que se desarrolló durante la Dinastía Tang [siglo VII d.C.]. Esta técnica consiste en cubrir una estructura o pared de madera con una preparación, con el propósito de protegerla contra la corrosión y la humedad. Está hecha de una mezcla de sangre animal fermentada, grasa, harina, polvo de ladrillo y fibras de algodón. El revestimiento se aplica a la superficie de dicha estructura o pared de madera en capas. Para evitar que el revestimiento se agriete y salte y para aumentar la resistencia a la tracción, el proceso finaliza con un refuerzo, en el que acaban cubriendo toda la superficie con un paño de lino¹.

Esta especie de preparación de los murales de las cuevas de Mogao se hacían generalmente después de que las grutas fueran excavadas. En el muro de piedra primero se aplicaba una capa de barro y paja, y mientras la primera capa de barro estaba todavía húmeda, se aplicaba una segunda capa. En algunas dinastías, pintaban directamente sobre la superficie del barro. En otras, se aplicaba una capa de barro mezclado con fibras de algodón y luego se cepillaba y se aplicaba con una capa de polvo blanco. El estado actual de conservación de los murales también difiere un poco debido a los diferentes tiempos, materiales y métodos de producción de las *dizhangs*.

En resumen, las *dizhangs* de las cuevas de Mogao se pueden dividir en tres tipos diferentes:

- Durante la Dinastía Jin [siglo IV d.C.], la capa base de dizhang estaba hecha de arcilla y paja más dos capas de barro.
- Después de la dinastía Tang [siglo VII d.C.], no sólo aumentó la variedad de materiales utilizados, sino que también se modificaron desde el inicio de la dinastía todas las capas de las dizhangs. Las convencionales dos capas se desarrollaron en tres o cuatro capas.
- Y en tercer lugar, el número de estratos de dizhangs aumentó. Las pinturas murales al aire libre del período de la Quinta Dinastía [siglo X d.C.] presentan dizhang diferentes, que fueron las primeras con dos capas de lodo de paja, seguidas de una capa de cal.

¹ 地仗(*dizhang*). <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E4%BB%97>.

Del análisis de las pinturas murales anteriores al siglo VII d.C, es evidente que las capas de barro están estrechamente integradas entre sí. La proporción de paja en el barro es baja, hay muchas grietas en la superficie de base del dizhang y la superficie de la pared es áspera. La mayoría de los primeros murales carecen de capa de imprimación. En este tipo de dizhang, pintura mural no es fácil de descascaramiento. La dinastía Tang [siglo VII d.C.] en la superficie de la capa de la planta baja primero pinceló una capa de pigmento blanco, y luego bosquejó la pintura de color. Con este método de hacer los murales, la estructura interna se protege de las patologías más graves. Sin embargo, las pinturas murales al aire libre fueron pintados directamente sobre una capa de cal y, con el tiempo, una capa de carbonato de calcio se formó en la superficie, dando lugar a la formación de una capa de cal que los protege y aísla. Los murales que están al aire libre tienen una alta resistencia al viento, la arena, el sol y la lluvia y se mantienen en buen estado incluso después de haber pasado más mil años.



Figura 10. Muestrario de los pigmentos minerales usados en las murales de la cueva de Mogao

Hay cinco tipos principales de pigmentos utilizados en las pinturas de la cueva de Mogao.²

1. El pigmento blanco está hecho principalmente de una mezcla de calcita y

² Li Bo, Lin Jianye, Qu Lele. Análisis de los pigmentos de color en las pinturas rupestres de Dunhuang[J]. Foro Académico.2010.04.

talco. El pigmento blanco se aplica principalmente en la pared después de la capa de arcilla y se utiliza principalmente para cubrir esta capa de arcilla. Sin embargo, a veces es posible pintar directamente sobre la capa de arcilla sin aplicar este pigmento blanco. A veces se utilizan pigmentos blancos mezclados con qiandan³ o shihuang⁴ para crear un color rojo pálido o amarillo pálido.

2. El pigmento más utilizado en las pinturas rupestres de Dunhuang es el rojo. Entre los pigmentos rojos, la arcilla roja [tierra rica en óxido de hierro] se usaba más comúnmente en los murales creados durante la Dinastía Jin [siglo IV d.C.]. Después de la Dinastía Tang [siglo VII d.C.], los pigmentos rojos como el cinabrio y el ácido de plomo fueron ampliamente utilizados.

3. El pigmento azul que se utiliza es el lapislázuli. A veces se mezcla con el pigmento blanco como el Shiyu u otros pigmentos azules. El lapislázuli utilizado en las pinturas rupestres de las cuevas de Dunhuang es similar al lapislázuli producido en el Afganistán. La comparación entre ellos revela una similitud entre ambos. El lapislázuli fue adoptado después de su llegada a China a través de la Ruta de la Seda. También se ha encontrado un pigmento cian a base de mineral de cobre azul.

4. Las pinturas rupestres de Dunhuang a menudo utilizan el verde cobre. El verde cobre también está mezclado con el mineral de cobre azul. Por lo tanto, no es fácil distinguir el antiguo uso de los pigmentos verdes. El verde cobre en ocasiones se encuentra fuertemente englobado en los estratos preparatorios blancos, como el yeso o la cal, que se aplican antes del pigmento, y por lo tanto está en mejor estado de conservación que otros pigmentos.

5. Shihuang. Es el pigmento amarillo representativo de las cuevas. El principal componente es el tetrasulfuro tetraarsénico (As_4S_4) que se encuentra generalmente en los sedimentos de las fuentes termales o en los sedimentos

³ *Qiandan*: El tetróxido de plomo, fórmula química $PbO_3 \cdot O$, puede considerarse como un complejo $PbO_2 \cdot 2PbO$.

⁴ *Shihuang*: Su principal componente es el tetrasulfuro tetraarsénico (As_4S_4) que se encuentra generalmente en los sedimentos de las fuentes termales o en los sedimentos volcánicos y que se utilizaba a menudo como pigmento en la antigua China.

volcánicos y que se utilizaba a menudo como pigmento en la antigua China. Sin embargo, es difícil encontrarlos en pinturas murales anteriores a la Dinastía Ming (siglo XV d.C.). Según las investigaciones y análisis, las pinturas rupestres de Dunhuang de la Dinastía Tang [siglo VII d.C.] usaron Mituoseng. El Mituoseng es un mineral de la familia de los sulfuros de galena. Éste se obtiene de los sedimentos de hornos en lo que se realiza el refinado de la plata y el plomo, o también como subproducto procedente de la fusión del plomo. Es un polvo de color amarillo o amarillo pardo, con un destello metálico blanco visible a la luz del sol.

1.5 Instituciones de protección y gestión de las cuevas de Mogao

Las cuevas de Mogao son conservadas y administradas por la Academia Dunhuang, fundada en 1944, que consta de 11 departamentos responsables de la conservación.

1) Instituto de Investigación de Conservación de Dunhuang. Es el primer organismo especializado de China que se dedica a la protección de las reliquias culturales de las cuevas. La función principal es la investigación y protección de las cuevas de Dunhuang.

2) Instituto de Investigación de la Academia de Bellas Artes de Dunhuang.. Principalmente está dedicado a la copia y reproducción de las pinturas murales además de investigaciones teóricas del arte de Dunhuang y otras actividades.

3) Instituto de Investigación de Arqueología de Dunhuang. Principalmente se dedica al estudio específico de los murales de las cuevas, además del análisis de la evolución de las esculturas policromadas junto con otras actividades de tipo arqueológico.

4) Instituto de Investigación de Literatura de Dunhuang. Su función principal es organizar y estudiar la literatura de Dunhuang, especialmente los diversos tipos de literatura desenterrados en la Cueva de Zangjing.

5) Departamento Editorial del Instituto de Investigación de Dunhuang. Se dedica a la edición, publicación y distribución de la revista básica de ciencias sociales china *Dunhuang Research*, así como planificación y edición de antologías y atlas relacionados con los estudios de Dunhuang.

6) Centro de Recursos del Instituto de Investigación de Dunhuang. Este

centro es una importante colección de materiales de estudios de Dunhuang y una importante base para que los lectores de todo el mundo puedan acceder a ellos para investigar.

7) Departamento de Video de la Academia Dunhuang. Su propósito principal es proporcionar imágenes, vídeos y otra información para la investigación, la protección y el uso abierto de las cuevas de Dunhuang.

8) Centro de Exposiciones del Instituto de Investigación de Dunhuang. Actualmente es la única instalación de exposición de reliquias de cuevas en China, construida con ayuda japonesa para ayudar a la gente a obtener una comprensión más completa y profunda de las Grutas de Dunhuang y el budismo. El arte.

9) Sala de Exhibición de la Cueva Tibetana de Dunhuang. Es una sala de exposiciones temáticas bajo la jurisdicción del centro de exposiciones y un lugar de recepción turística de las cuevas de Mogao.

10) Departamento de recepción del Instituto de Investigación de Dunhuang. Principalmente responsable de la interpretación del arte rupestre y el trabajo de publicidad.

11) Departamento de seguridad del Instituto de Investigación Dunhuang. Se encarga de la seguridad de las cuevas de Mogao y sus colecciones de reliquias culturales y en general de todas las cuestiones de seguridad en la zona.

2. Formas de actividad humana en las cuevas de Mogao

Las actividades humanas en las cuevas de Mogao adoptan muchas formas diferentes, pero el Gobierno de China exige un modelo de desarrollo del turismo y conservación del patrimonio que "tome la investigación y la protección como requisito previo, la planificación y la legislación como garantía, la tecnología avanzada como medio, la demanda turística como guía y la prevención y protección como tendencia"⁵.

⁵ Reglamento sobre la protección de las cuevas de Mogao en Gansu (China).

2.1 Visitas turísticas a las cuevas de Mogao

Dunhuang fue incluida en la lista de las primeras ciudades de China que se abrieron al mundo exterior en 1979, y las cuevas de Mogao se abrieron oficialmente al público ese mismo año. El número de visitantes ha ido creciendo año tras año: superó los 300.000 en 2001, 500.000 en 2006 y más de un millón en 2015. Los últimos datos del 2019 indican que se ha llegado a los 1,8 millones de visitas.

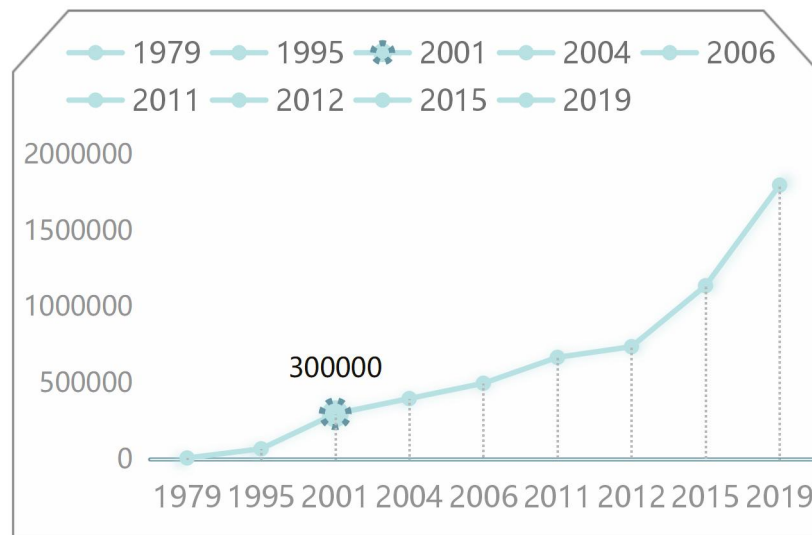


Tabla.1 Total de visitantes anuales a las cuevas de Mogao (1979-2019)⁶.



Figura.11 Imagen de las colas de visitantes en las cuevas de Mogao durante la temporada alta

La industria del turismo, con las cuevas de Dunhuang Mogao como su recurso principal, se ha convertido en un pilar de la industria de la ciudad de

⁶ Fuente de datos: Centro de Datos de Información Turística de Gansu (1979-2019).

Dunhuang, con unos ingresos del turismo que representan el 18% del total de la economía. Según las previsiones, el número de visitantes de las cuevas de Mogao también crecerá a una tasa anual del 15%. La apertura de las cuevas de Mogao para el turismo, por un lado, promueve el espléndido arte de Dunhuang, expande la influencia de la destacada cultura tradicional de China, y aumenta la popularidad de Dunhuang. Todo ello ha contribuido positivamente al desarrollo social y al crecimiento económico local, pero por otro lado, el número de visitantes de las cuevas de Mogao en un solo día excede de su capacidad máxima y la estabilidad del entorno de las cuevas cada vez es menor. El dilema que se plantea en este caso es muy complejo y la preservación de las cuevas supone un gran reto para las autoridades responsables de este patrimonio. Las presiones por mantener el turismo deben conciliarse con la protección y salvaguarda de este inmenso conjunto patrimonial, evitando en la medida de lo posible las amenazas potenciales que el turismo inevitablemente provoca”⁷.

2.2 Actividades de protección y restauración del patrimonio cultural

La preservación del patrimonio cultural incluye el control del medio ambiente y el control y la estabilización de los daños, y la restauración del patrimonio cultural significa principalmente la reparación del patrimonio cultural. La restauración de pinturas murales y esculturas policromadas es una parte clave de las cuevas de Mogao. Los esfuerzos de conservación y restauración suelen tener un efecto positivo, pues devuelven el patrimonio cultural a su forma original y lo mantienen durante períodos de tiempo más largos. Sin embargo, las actividades de conservación y restauración también suponen en ocasiones potenciales riesgos que son inevitables. Los riesgos asociados a las actividades de conservación y restauración del patrimonio adoptan dos formas. Una de ellas es la que resulta de la negligencia del personal de conservación y restauración en el curso de su trabajo, la violación de los procedimientos de trabajo o las normas institucionales, su falta de habilidad, etc.. Tanto la conservación como la restauración del patrimonio cultural deben adherirse a normas estrictas que, si se infringen, pueden causar un daño secundario al patrimonio.

⁷ Zou Tongzhi, Desarrollo y Gestión de Destinos Turísticos [M] Beijing: Beijing Book Company Limited, 2015.

Otra manifestación es el riesgo tecnológico para el patrimonio cultural que plantean los nuevos materiales y tecnologías utilizadas en la conservación-restauración del patrimonio. Con el desarrollo de la ciencia y la tecnología y las necesidades de conservación del patrimonio, se aplican muchas de estas nuevas tecnologías, en las que algunas de ellas demostraron ser científicamente eficaces en su momento, pero con el paso del tiempo se ha demostrado lo contrario.

Por ejemplo, en 1957, China invitó a unos expertos checoslovacos para colaborar en restauración de murales de las cuevas de Mogao. Los resultados fueron buenos y satisfactorios en el momento en que se completó la restauración, pero al cabo de tan solo tres años, los murales habían vuelto a presentar las patologías anteriores, mostrando de nuevo separaciones de estratos y oscurecimiento de los adhesivos empleados en la restauración.

2.3 Desarrollo de actividades de construcción en las zonas que rodean el patrimonio cultural

El patrimonio cultural surge de un contexto histórico específico y es necesario proteger el patrimonio en sí y el contexto en el que existe. El medio ambiente circundante es también una parte integral de la importancia y la singularidad del patrimonio cultural. Durante el desarrollo económico de Dunhuang, se construyeron un aeropuerto, una estación de ferrocarril y una autopista alrededor de las cuevas de Mogao. El paisaje se ha visto afectado negativamente, por ejemplo, por la construcción de carreteras que perturban el paisaje natural del desierto de Gobi en la zona de las cuevas de Mogao y degradan la estética del paisaje. Además, las cuevas de Mogao están situadas en un lugar donde el entorno natural ya es duro, y el proceso de modernización de la zona circundante puede dar lugar a un aumento de los contaminantes en el aire que puede exacerbar el proceso de deterioro de los murales. La razón principal de este riesgo es que los gobiernos locales suelen tener más interés en los intereses económicos que en la conservación del patrimonio.

2.4 Actividades de robo de patrimonio

El robo de objetos y reliquias culturales es uno de los factores de riesgo tradicionales que afectan a la seguridad de las cuevas de Mogao. Cada vez son más sofisticados los métodos de robo, con la aplicación de medios de alta tecnología para el robo de reliquias culturales cada vez más destacados. Por ejemplo, las cuevas de Mogao sufrieron un robo en 1989, en el que se arrancaron alrededor de 3 m² de pinturas, las cuales fueron seccionadas y separadas de su soporte. También han sido robadas un gran número de pinturas, ropas bordadas y otro tipo de objetos. Aunque la mayoría de ellos fueron posteriormente recuperados, los daños fueron muy graves y en algunos casos irreparables, causando enormes pérdidas.

En 2019, hubo 296 casos relacionados con la seguridad del patrimonio cultural en las principales unidades de protección del patrimonio cultural de China, y 229 casos de robo de patrimonio cultural, lo que representa el 77% del total, incluidos cuatro casos relacionados con el patrimonio cultural mundial⁸.

3. Impactos antropogénicos en las cuevas de Mogao

Los impactos de las actividades humanas en las cuevas de Mogao se originan en muchas fuentes, y los tipos de impactos que causan son diversos. Pueden ser el resultado de una sola causa, o pueden ser el resultado de una combinación de causas. Las consecuencias de los mismos impactos pueden manifestarse en una sola forma o pueden adoptar muchas formas. Es posible que las consecuencias de ciertos impactos no sean evidentes durante un corto período de tiempo, pero se harán evidentes después de un período de tiempo más largo.

3.1 Datos sobre los efectos de las actividades humanas s de la cueva de Mogao

La capacidad ambiental del turismo es también conocida como capacidad turística o capacidad de carga del turismo y podemos considerar que existen dos aspectos.

⁸ La Administración Estatal del Patrimonio Cultural sobre la aplicación del derecho administrativo y la supervisión de la seguridad de las reliquias culturales en 2019

El primero es la capacidad ambiental natural, que es la capacidad ambiental en el sentido ecológico natural de los recursos turísticos ⁹. La intensidad de las actividades turísticas debe controlarse dentro del ámbito del medio ambiente natural, el ecosistema. La intensidad de las actividades turísticas debe mantenerse dentro de límites que no dañen el medio ambiente natural, los ecosistemas y los recursos turísticos.

En segundo lugar, la capacidad del medio ambiente humano. El número de turistas debe mantenerse dentro de la asequibilidad socioeconómica de la sociedad y no estropear el ambiente deseado para el disfrute de los turistas. Con el desarrollo del turismo, cada vez más turistas vendrán a las cuevas de Mogao para compartir y experimentar el rico patrimonio cultural de la Ruta de la Seda y promover el desarrollo de la industria turística. El auge y el desarrollo del turismo del patrimonio cultural es una oportunidad y un desafío para la conservación del patrimonio cultural. Una de las características del turismo en las cuevas de Mogao es que es altamente estacional y sensible al tiempo, siendo la temporada alta particularmente fuerte y la temporada baja particularmente débil. En 2012, por ejemplo, el número total anual de visitantes fue de casi 800.000, con 726.000 visitantes de mayo a octubre durante la temporada alta, lo cual representó el 91,39% del total de las llegadas anuales de visitantes (de este total, 469.000 visitantes corresponden a los tres meses de julio a septiembre). En 2012, el número de días con más de 3.000 visitantes por día alcanzó los 100 días. El récord se alcanzó el 3 de octubre, cuando se registraron 18.000 visitantes.¹⁰

El número de visitantes diarios a las cuevas de Mogao se calculó sobre la base de datos de parámetros sobre la cantidad de los principales contaminantes producidos por persona y día en los sitios turísticos ornamentales del norte de China. Datos estimados sobre los contaminantes producidos por 3.000 y 18.000 personas:

⁹ Luo Yao. Dunhuang Mogao Cave Tourism Environment Capacity and Quantitative Analysis[J]. Dunhuang Research, 2005(04):9-15.

¹⁰ http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/28_2/gcinews4.html

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	40g/persona
Nitrógeno amoniacal	7g/persona
sólidos en suspensión	60g/persona
Basura generada por los turistas	200g~500g/persona

Tabla 2. Parámetros de la cantidad de los principales contaminantes producidos por persona y día en los sitios turísticos del norte de China¹¹

	valor de referencia	3.000 visitantes	18.000 visitantes
DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	40g/persona	120kg/día	720kg/día
Nitrógeno amoniacal	7g/persona	21kg/día	126/día
Sólidos en suspensión	60g/persona	180kg/día	1080/día
Basura generada por los turistas	200g~500g/persona	600kg~1500kg/día	3600kg~9000kg/día

Tabla.3 Cálculo estimado de los contaminantes que pueden producir 3.000 y 18.000 visitantes diarios en las cuevas de Mogao.

¹¹ Grupo de redacción de turismo y medio ambiente. El turismo y el medio ambiente [J]. Beijing: China Environmental Science Press, 1986.p14

Cueva	Área de capacidad(m ²)	Zona de visión adecuada(m ²)	datos	franja horaria						
				9~10 am	10~11 am	11~12 am	12~13 pm	13~14 Pm	14~15 pm	15~16 pm
No.96	220.4	72	Número de personas	559	1383	1002	462	651	484	900
			Grupos	17	16	11	11	12	16	14
			Número de personas por grupo	32.8	84.6	91	42	54.2	30.2	64.2
			Densidad	2.2	0.8	0.79	1.7	1.32	2.38	1.12
No.130	77.6	50	Número de personas	128	870	1231	531	478	482	841
			Grupos	5	9	10	9	9	7	9
			Número de personas por grupo	25.6	96.6	123	59	53.1	61.7	93.4
			densidad	1.9	0.5	0.4	0.8	0.9	0.8	0.5
No.148	49.5	22	número de personas	217	634	826	566	736	461	307
			Grupo	6	8	8	9	9	7	7
			Número de personas por grupo	36	79.2	103.2	62.8	81.7	65.8	43.8
			densidad	0.6	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5

Tabla.4 Estadísticas sobre el número de visitantes y la densidad espacial de las tres grandes cuevas, 96, 103 y 148¹².



Figura.12 Imagen de un grupo de turistas en el interior de la cuevas.

De los cálculos y estadísticas anteriores se desprende claramente que las actividades turísticas tienen un impacto significativo en el entorno en el que se encuentra el patrimonio cultural, y que la entrada de turistas en el patrimonio cultural tiene un impacto significativo en el medio ambiente. Los cambios de temperatura y de humedad relativa, el dióxido de carbono y otros factores ambientales se producirán inevitablemente, alterando el equilibrio natural del entorno de la cueva. El número de visitantes llega a su punto máximo entre las 10h y las 12h y permanece relativamente estable durante el resto del día.

Tanto el número de grupos como su densidad han cambiado poco.

Cuando la densidad del flujo de visitantes a las cuevas es baja, el espacio ocupado per cápita es $\leq 2.3 \text{ m}^2$ /persona; cuando la densidad del flujo de visitantes a las cuevas es alta, el espacio ocupado per cápita es $\leq 0.8 \text{ m}^2$ /person; el espacio ocupado per cápita es sólo $\leq 0.2 \text{ m}^2$ /persona en la máxima densidad. Los pequeños espacios de las cuevas dificultan la acomodación de más visitantes y la concentración de éstos entre sí afecta directamente a la eficacia de la visita.

El análisis de estas mediciones llevó a la conclusión de que cuando las cuevas de Mogao se utilizaron como recurso turístico, el recurso en sí mismo no era tan eficaz como podría haber sido. La capacidad es limitada, especialmente durante el período de mayor afluencia turística, y el conflicto entre la capacidad de espacio disponible y la demanda de turismo es importante.

Para reducir las condiciones ambientales adversas sobre las cuevas de

¹² Fuente de los datos: Instituto de Investigación Dunhuang, Instituto de Conservación.

Mogao, la Academia Dunhuang colaboró con el Instituto de Conservación Getty para determinar la capacidad máxima de visitantes diarios. Este estudio se complica por factores relacionados con la capacidad del espacio de las cuevas, la presencia de patologías, la visibilidad, los factores ambientales y el número de visitantes. Las cuevas tienen una serie de problemas, como el flujo de visitantes, la duración de la estancia, etc. Después de una larga investigación y análisis de la capacidad espacial de la cueva, y tras apreciar la ausencia de daños graves en los murales y esculturas, se decidió que la capacidad máxima de visitantes diarios de las cuevas de Mogao no podía superar los 3.000, y se han identificado cinco cuestiones clave que afectan directamente a la capacidad de visitantes de las cuevas.

Primero, el número máximo de visitantes que el intérprete puede explicar y acomodar en cada cueva es de 25; En segundo lugar, el número de visitantes que cada cueva puede aceptar, de tal manera que la capacidad máxima de visitantes es de 2 personas por metro cuadrado. En tercer lugar, la cueva sólo se puede visitar si tiene 13 metros cuadrados o más, con un tiempo medio de visita de 8 minutos. Y en quinto lugar, la concentración de CO₂ en las cuevas se mantiene por debajo de 1500 ppm.¹³

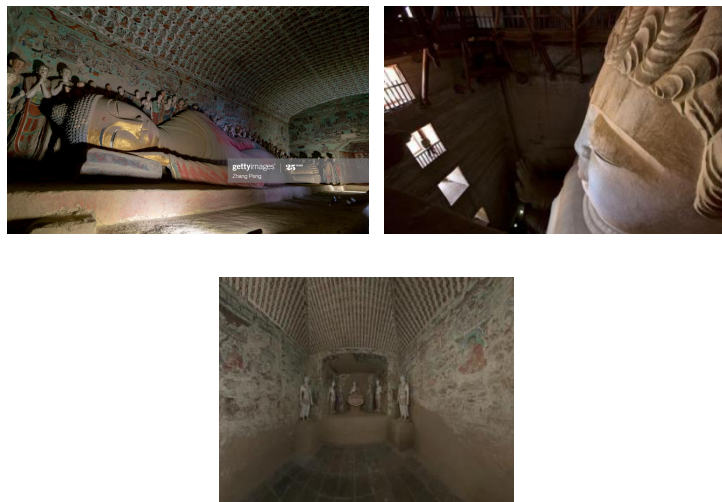


Figura.13(A-C).A: Cueva 96 mencionada en las estadísticas. B.Cueva 148 mencionada en las estadísticas. C.Cueva 103 mencionada en las estadísticas

¹³ http://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/mogao/presentation.html

3.2 Efectos específicos de las actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao

3.2.1 Panorama del impacto de las actividades humanas en los murales de Mogao

Los principales impactos de las actividades humanas en los murales provienen de las visitas turísticas, los trabajos de conservación y restauración y el robo de objetos. De estos, las visitas turísticas y las actividades de conservación y restauración son las influencias más significativas en los murales.

Un número excesivo de visitantes puede suponer tres riesgos para el mural. En primer lugar, la temperatura, la humedad y el dióxido de carbono generados por los visitantes de la cueva pueden alterar el microambiente relativamente estable de la cueva, acelerando así las patologías. Los estudios han demostrado que cuando cuarenta personas entran en la cueva para una visita de media hora, la estabilidad relativa del entorno de la cueva se rompe y el aire dentro de la cueva experimenta un aumento equivalente a 5 veces más de dióxido de carbono, un aumento de 4°C en la temperatura del aire y un aumento del 10% en la humedad relativa, lo cual conduce a una aceleración de las patologías. En concreto, los ciclos repetidos de humedad y secado de la superficie del mural, causados principalmente por los cambios en la humedad relativa, es la principal causa de los daños causados por sales.¹⁴ En segundo lugar, las vibraciones causadas por los visitantes que al caminar por las cuevas pueden suponer un riesgo para los murales más degradados. En tercer lugar, el exceso de visitantes, lo que da lugar a cuevas abarrotadas con riesgo de roces con las pinturas murales.

Academia de Investigación de Dunhuang bajo la preservación del Instituto de Arqueología, el Instituto de Bellas Artes, la preservación y restauración de reliquias culturales trabajo de investigación digital Las actividades son la principal fuente de impacto en los murales. Además de los impactos positivos de completar la restauración, conservación y retención de imágenes, también existe la posibilidad de crear una imagen negativa durante el trabajo. Por ejemplo, el trabajo a menudo requiere la construcción de andamios y otras herramientas dentro de la cueva, pero debido a que la cueva es tan pequeña,

¹⁴ Gjejlane Hoxha.The impact of conflict on cultural heritage in Kosovo[c]//Simon Lambert and Cynthia Rockwell.Protecting Cultural Heritage in Times of conflict.Rome:ICCROM,2012:39-46

estos andamios pueden fácilmente Frotar o tocar el mural.

En los últimos años no han habido robos. El último que se ha constatado ocurrió en 1989. Debido a las enormes pérdidas sufridas, la seguridad fue reforzada por todos los departamentos y hasta la fecha no han habido incidentes similares.

Formas de influencia	factor de influencia	Tipo de influencia	consecuencia	
Visita turística	Debilidad de la percepción de los turistas sobre la protección del patrimonio cultural	Tocar el mural	Arañazos, decoloración, y separación de estratos del mural	
		Tomar fotos con un flash	Pérdidas, escamas y agrietamientos en el mural	
		Escribir o grabar en un mural	Arañazos en la superficie mural	
	Hacinamiento de turistas y excesivo número de visitantes	La valla se cayó y tocó el mural.	Frescos en sus pertenencias	Pulverulencias y pérdidas de fragmentos
		Las vibraciones de la caminata de los visitantes afectan al mural		
		Los cambios de temperatura y humedad en la cueva debido a la actividad de los visitantes	Deterioro acelerado de los murales con patologías.	

Trabajo de protección y restauración	Negligencia o irregularidades por parte de los restauradores	Los aparatos o equipos de trabajo que tocan el mural	Arañazos en la superficie mural
	Las incertidumbres en la ciencia y la tecnología y las limitaciones de los conocimientos actuales	Riesgos asociados a las técnicas de restauración de murales	Los frescos se caen, acelerando el proceso de lesión de los frescos, y pueden crear problemas desconocidos
	No adopción de técnicas de protección o control	Las vibraciones causadas por la construcción de obras periféricas	La polvorienta y fragmentada caída de las pinturas murales enfermas
Robo de bienes culturales	Obtención de un beneficio financiero ilícito	Robo de murales	La pérdida o destrucción irreparable del mural

Tabla.5 Factores y consecuencias del impacto de las actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao.

3.2.2 Análisis del impacto de las actividades humanas en las pinturas de la cueva de Mogao basado en encuestas

Para la elaboración de este trabajo final de grado, se ha elaborado un cuestionario o encuesta para analizar el impacto de las actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao y fue distribuido a los expertos en la gestión de las cuevas, los conservadores y otro personal. El análisis del impacto causado por los murales mogaoles es un método simple y efectivo. El cuestionario incluye información básica como el puesto y el horario de trabajo de los encuestados. También se incluyeron las opiniones de los encuestados sobre las inferencias acerca de los efectos de diversos tipos de actividades humanas en las pinturas de las cuevas [tabla.5]. Se cotejaron y analizaron las

opiniones de los expertos para determinar los factores y las consecuencias de las diferentes actividades humanas en las pinturas. Para mejorar la validez de los hallazgos, ha sido necesario tomar las siguientes medidas de control: primero: la selección de los entrevistados. La selección de los entrevistados se basó principalmente en el personal de las cuevas de Mogao, y hubo dos criterios principales: el puesto y la antigüedad en el servicio. Los expertos seleccionados para esta entrevista fueron principalmente jefes de departamento, complementados por empleados generales, con más de 10 años de servicio. El número total de encuestados fue de 35. Corresponden a 8 jefes de departamento, 27 funcionarios generales, 21 con más de 10 años de servicio y 14 con menos de 10 años de servicio.

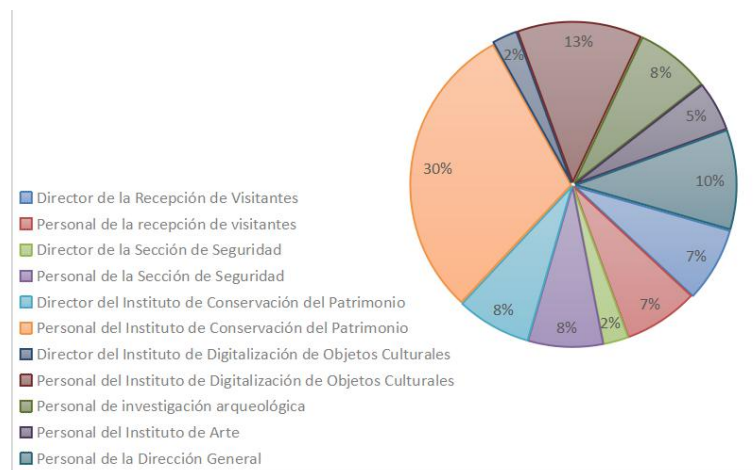


Tabla.6 Desglose en % del puesto de trabajo de los encuestados.

El análisis estadístico y analítico de los resultados de la encuesta revela los siguientes resultados, que pueden verse en el Tabla 7:

Consecuencias del impacto	Alta	Medio	Bajo
Posibilidades de impacto			
Muy mal	K.		
Hay algunas implicaciones	D.E.	A.C.G.H	B.I.
Poco o ningún efecto			F.J.

Tabla.7 Resultados estadísticos de los datos de las encuestas

- A. Los visitantes tocan el mural.
- B. Los turistas garabatean en el mural.
- C. Las barandillas de protección se cayeron y dañaron el mural.
- D. Fotografía con flash por los turistas.
- E. Las pertenencias del visitante rozan el mural.
- F. Las vibraciones causadas por los turistas al caminar por las cuevas.
- G. El aumento de la temperatura y la humedad relativa en la cueva debido al comportamiento turístico
- H. Los instrumentos de restauración rayan o arañan los murales
- I. Riesgos causados por las tecnologías aplicadas durante la restauración.
- J. Vibración causada por la construcción de proyectos circundantes.
- K. Robo de bienes culturales

Tabla.7 Resultados estadísticos de los datos de las encuestas

3.2.3 Resultados del análisis del impacto de las actividades humanas en las pinturas rupestres de Mogao

A. La probabilidad de que los visitantes toquen el mural es media, y la consecuencia es que hay un impacto. El riesgo de que los visitantes toquen el mural es relativamente frecuente y se ha reducido desde la instalación de la valla en la cueva, pero el riesgo de que los visitantes toquen el mural permanece. Algunos turistas sobrepasan el elemento de protección para tocar el mural. En cuanto a las consecuencias, aunque no muy graves, es importante ser consciente de los efectos acumulativos de los visitantes que tocan el mural. Impacto. El personal había hecho observaciones de los visitantes en la Cueva 16, en mayo de 2004, y las observaciones mostraron que, con más de 18.000 visitantes, un total de 708 personas (el 3,9%) tocaron el mural. Este tipo de daño mecánico (físico) acumulativo tendrá un impacto significativo en el mural. Puede provocar problemas como la descamación de las paredes con patologías o la pérdida de color en las superficies de murales

B. La probabilidad de que un visitante dibuje o escriba en el mural es baja y la consecuencia es que hay un impacto. Los entrevistados indicaron que este solía ser un problema recurrente, pero ahora es en gran medida raro y no ha sido un problema en las cuevas de Mogao durante casi 15 años. Por un lado, se debe a la mejora de la calidad de la visión de los visitantes. Por otro lado, también tiene mucho que ver con las explicaciones y las visitas del personal antes de que el intérprete entre en la cueva. Las consecuencias de estos grafitis son más serias, ya que ahora podemos ver rastros de grafitis anteriores en los murales. El mural queda dañado, quedando los arañazos y provocando el desprendimiento de algunas capas de pintura en la superficie del mural.



Figura.14 Detalle de uno de los murales.

C. La probabilidad de que las barandillas de protección se caigan y dañen el mural es media. La consecuencia es que hay un impacto, aunque la instalación de barandillas impide al visitante tocar el mural. Pero también han surgido nuevos problemas, ya que en 2013 un turista se derrumbó dentro de la cueva y dañó los frescos con la barandilla. Como resultado, la superficie de las pinturas se ha dañado, creando cráteres. La cueva en sí ya es muy estrecha y la instalación de barandillas ocupa parte del espacio. El tamaño del área de observación se reduce y existe el riesgo de que los visitantes individuales sean empujados contra las barandillas por accidentes o empujones. Además, las barandillas son grandes y metálicas por lo que en caso de impacto, las consecuencias pueden ser graves.



Figura 15. Barandillas colocadas para evitar que los visitantes toquen los murales.

D. La probabilidad de que los turistas tomen fotos del mural es alta, y la consecuencia es que hay un impacto. La prohibición de la fotografía es en parte para mantener el orden en la cueva. Debido a que la cueva es pequeña y está abarrotada, los turistas que compiten por tomar fotos pueden provocar el hacinamiento en la cueva e interrumpir el flujo normal de visitantes. Por otro lado, la cueva es oscura, y la luz y el calor generados por el flash de la cámara pueden interferir con ciertos elementos del mural. Las reacciones químicas pueden hacer que el mural se decolore o provoque otras consecuencias negativas. Pero la cámara, que es llevada por casi todos los visitantes, puede ser difícil de manejar, y sólo puede ser detenida cuando el personal la nota. La fragilidad de los objetos y bienes patrimoniales de Mogao no es bien comprendida por los visitantes.

E. La probabilidad de que las pertenencias del visitante roze el mural es alta. La consecuencia es que hay un impacto. Esto ocurre generalmente en zonas estrechas como los túneles de las cuevas. Algunas cuevas tienen túneles estrechos que dificultan la instalación de barandillas. Durante la temporada turística alta, hay más turistas, y esto ocurre con mucha frecuencia. A largo plazo, los efectos de este comportamiento se harán evidentes. En tres cuevas, las pinturas ya han sido sometidas a un desgaste, principalmente debido a la pérdida de pintura y a los arañazos en la superficie del mural.

F. La probabilidad de que los visitantes caminen por la cueva y creen vibraciones que afecten a las pinturas es baja y las consecuencias son casi inexistentes. Según el personal, las simulaciones han demostrado que a menos que los visitantes realicen actividades agotadoras como correr o saltar. El caminar normal tendrá poco o ningún efecto adverso en el mural.



Figura.16 Un gran número de turistas visitan las cuevas de Mogao al mismo tiempo

G. La probabilidad de que se produzca una situación en la que la humedad relativa de la cueva sea elevada por los visitantes que se encuentran en su interior es media, y la consecuencia es que hay un impacto. Los entrevistados citaron esta situación como una de las principales preocupaciones de la Academia Dunhuang. En colaboración con el Instituto de Investigación Getty, la Academia ha realizado un estudio sobre los efectos de la actividad de los visitantes en los cambios de temperatura y humedad de las cuevas. Se han realizado estudios especiales y se han instalado instrumentos de vigilancia en las cuevas para recoger información sobre los cambios de temperatura y humedad. Según los datos de vigilancia actuales, ha habido poca o ninguna incidencia de visitantes que hayan hecho que la cueva supere el umbral de humedad del 67%. Sin embargo, el número de visitantes de las cuevas de Mogao ha aumentado en los últimos años, y algunas de las cuevas abiertas están sobrecargadas, por lo que los visitantes aumentan la humedad relativa dentro de las cuevas. Como las pinturas de la cueva de Mogao utilizan una gran cantidad de "qiandan"¹⁵ como pigmento rojo, esta sustancia se oxida rápidamente en un ambiente de alta humedad, causando pérdidas y decoloración de los murales. La alta humedad también puede causar el crecimiento de moho y "sujianhua"¹⁶, lo que tiene consecuencias muy graves.

¹⁵ 铅丹(qiandan):El tetróxido de plomo, fórmula química PbO_3 O, puede considerarse como un complejo $PbO_2 - 2PbO$.

¹⁶ 酥碱化(sujianhua):Bajo la acción del agua, causada por el ambiente húmedo de la pared y el fresco en un gran número de acumulación de cloruro de sodio, por la temperatura relativa, la humedad, la disolución constante, la cristalización, el círculo vicioso, dando lugar a una grave enfermedad del fresco.

H. En términos de protección y restauración, la probabilidad de que los aparatos/equipos/herramientas de trabajo, etc., toquen o rayen el mural es media. La consecuencia es que hay un impacto. El andamiaje colocado durante la restauración supone un mayor riesgo para los murales y las consecuencias son más graves. Esto se debe al hecho de que los andamios instalados con fines de trabajo, se montan en cuevas donde la mayoría son pequeñas y sus paredes están cubiertas de pinturas murales. El descuido del personal es probable que cause daños en el mural. Además, en el trabajo de documentación digital del mural, el uso de un equipo fotográfico que es relativamente grande en una cueva estrecha puede rozar el mural. En este caso las posibilidades son mayores y las consecuencias más graves.



Figura.17 Trabajos de restauración realizados por personal de restauración

En términos de actividades arqueológicas la tecnología de escaneo 3D es ahora ampliamente utilizada, por lo que hoy en día las herramientas utilizadas en las actividades arqueológicas rara vez entran en contacto con los murales. En las Bellas artes, también es raro que una copia de un mural contamine o dañe el mural.

I. La probabilidad del impacto de las técnicas de restauración en la pintura mural es baja, pero la consecuencia es que hay un impacto. Los trabajos de restauración de pinturas murales en China cumplen estrictamente con el Código para la Investigación del Estado de las Pinturas Murales Antiguas y las Directrices para la Protección de Reliquias Culturales y Sitios Históricos en China. En ellas se proporcionan directrices sobre procedimientos, técnicas y selección de materiales para la conservación y restauración de murales, reduciendo eficazmente el riesgo de la técnica. Sin embargo, los entrevistados que trabajan en la restauración también indicaron que, dado que se están

empleando muchos materiales nuevos, aunque actualmente no presenten problemas, tampoco hay garantía de que no tengan nuevos problemas con el tiempo.

J. Vibraciones en la construcción del perímetro de las cuevas de Mogao que afectan a las pinturas murales. Este es un escenario muy poco probable con muy pocas consecuencias. Las actuales obras de construcción en torno a las cuevas de Mogao se han llevado a cabo con arreglo a normas de construcción estrictas y es poco probable que tengan algún impacto.

K. La posibilidad de robo de murales y actividades terroristas es baja, pero las consecuencias son altas. En la actualidad, la situación general en China es muy estable y no hay posibilidad de que las actividades terroristas tengan un efecto destructivo en las reliquias culturales. También es muy poco probable que se produzca el robo de murales, ya que el Instituto construyó un sistema de vigilancia de audio y vídeo con control de sonido en las cuevas después del robo de los murales de las cuevas de Mogao en 1989. El sistema de vigilancia de alarma acústica, en lo que respecta a la gestión de la seguridad en las cuevas, requiere que el oficial de guardia esté de servicio durante un período de tiempo ininterrumpido para vigilar la zona de su responsabilidad. Se realizan patrullas en lugares clave dentro de la cueva y se proporciona seguridad adicional, mientras que se han instalado parcialmente cámaras en fuera de la cueva para llevar a cabo la vigilancia por vídeo y grabación en disco duro, aumentando el factor de seguridad de las reliquias culturales para garantizar la seguridad de las cuevas de Mogao. Pero en cuanto a las consecuencias, el robo de murales suele ir acompañado de cortes, daños y otros actos, que son extremadamente graves y difíciles de reparar.

3.3 Respuestas para prevenir el impacto negativo de las actividades humanas en las murales de Mogao

A partir del análisis estadístico de las encuestas mencionadas anteriormente, podemos entender que los principales factores que han afectado negativamente a los murales de las cuevas de Mogao por las actividades

humanas se centran en el mal comportamiento de los visitantes y los fallos causados por el proceso de preservación y restauración. El comportamiento normal de las visitas, la construcción en los alrededores y los robos son menos probables de causar impactos. Se deben desarrollar soluciones para diferentes tipos de problemas.

1) El mal comportamiento de los visitantes debe ser abordado mediante el establecimiento de normas y reglamentos que regulen el comportamiento durante la visita.

Las cuevas de Mogao tienen actualmente un video del Centro de Visitantes seguido de un recorrido en autobús por las cuevas. La información sobre el recorrido podría ser distribuida durante la visita, y en el camino a las Grutas de Mogao en autobús, los visitantes podrían ser instruidos sobre ellas. El valor del patrimonio cultural y el fomento de un sentido de reverencia por los objetos patrimoniales puede explicarse de nuevo al visitante cuando entra en la cueva. El código de conducta para las visitas también debe explicar las consecuencias negativas de no seguir el código de conducta.

Se debe reforzar la conciencia de los visitantes de la cueva, así como vigilar la cueva. La supervisión por parte del personal de la cueva también les permitirá vigilar el comportamiento de los visitantes y prevenir el mal comportamiento.

Si los visitantes no cumplen con el código de conducta, se utilizan advertencias o multas si es necesario para disuadir el mal comportamiento y prevenir el daño al patrimonio cultural.

2) Desviación del tráfico de visitantes para reducir el potencial de impactos adversos

Como se puede ver en las estadísticas del Tabla 4, hay picos cortos en el tráfico de visitantes a las cuevas de Mogao. Los períodos breves de tráfico intenso pueden tener una serie de efectos adversos. Una es el potencial de accidentes como el roce y los golpes debido a la aglomeración en la cueva. El aumento de la temperatura y la humedad en la cueva son también factores importantes en el deterioro de los murales.

A fin de evitar tales incidentes, la primera opción es limitar el número de

visitantes por día mediante un sistema de reserva. En segundo lugar, un centro de visitantes podría utilizarse para gestionar el número de visitantes en grupos y de forma ordenada. Sin embargo, también es importante mejorar la gestión de las instalaciones para evitar que los visitantes esperen demasiado tiempo y generen insatisfacción.

3) Aumentar las medidas de protección dentro de la cueva

Colocación de carteles para recordar a los visitantes que se comporten correctamente e instalación de barreras razonables para evitar que los visitantes toquen y dañen el mural. Sin embargo, es importante evitar que el mural sea dañado por la caída accidental de esta barrera de protección. Al mismo tiempo, el obstáculo no puede influir demasiado en el entorno de visión, por lo que en la elección de las barreras se precisa una investigación y experimentación más detallada.

4) Mejorar la protección y los trabajos de restauración

El propósito del trabajo de conservación y restauración es mantener los murales por más tiempo. Si la obra tiene un impacto negativo en los murales, es un problema que supera los beneficios. El trabajo de restauración en las cuevas de Mogao es muy profesional y técnicamente exigente. Los trabajos de restauración sólo deben realizarse si el personal es competente. También se debe prestar atención a los requisitos para el uso de herramientas en el proceso de conservación y restauración.

La iteración de las técnicas de restauración es una tarea compleja. Las nuevas tecnologías o materiales se conocen de acuerdo con los Principios para la Protección, Restauración y Conservación de Pinturas Murales desarrollados por el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) en 2003. Antes de ser aplicado al patrimonio cultural propiamente dicho, debe pasar por dos etapas: una fase de pruebas de laboratorio y una prueba de campo in situ. Se requiere un gran número de pruebas y pequeños experimentos en el área de actuación antes de que pueda aplicarse a trabajos de restauración específicos.

5) Mejora de la gestión de las cuevas de Mogao

Aunque la construcción del entorno no parece tener mucho impacto en las cuevas de Mogao en la actualidad, el desarrollo de los recursos ambientales del patrimonio se deja a menudo a la discreción de las autoridades locales. Existe una relación entre la necesidad de desarrollo económico del sector gubernamental y la necesidad de la Academia de Dunhuang de mantener la coherencia medioambiental para preservar el patrimonio de las cuevas de Mogao. El conflicto de intereses entre ambos, por lo que la construcción de la información entre ambos debe ser una comunicación adecuada. El gobierno debe explicar el diseño y la escala de los proyectos de construcción circundantes, y las medidas de conservación adoptadas para proteger el patrimonio. Es necesario que haya una comunicación y una comprensión adecuadas de los posibles efectos adversos en Mogao para lograr una situación en la que ambas partes salgan ganando.

6) Atención continua a las medidas de seguridad

El robo de objetos culturales puede causar daños importantes e irreversibles al patrimonio cultural. Aunque las cuevas de Mogao no han sufrido nuevas pérdidas por robo desde 1989, los enormes beneficios del patrimonio cultural pueden seguir atrayendo a los delincuentes para robar objetos de valor. El primer paso es revisar regularmente el sistema de seguridad para asegurar que funciona bien. En segundo lugar, los dispositivos antirrobo deben ser actualizados en la medida de lo posible; después de todo, a medida que la tecnología avanza, también lo hacen las técnicas de robo. Que la tecnología avance es también una importante salvaguarda que garantiza la seguridad de las reliquias culturales.

CONCLUSIONES

En este documento se estudiaron los tipos y los impactos específicos de las actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao (sitio declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad) mediante la investigación de información y datos existentes y el procesado de encuestas.

1) Hay cuatro fuentes principales de impacto humano en las cuevas de Mogao: las actividades de los visitantes, las actividades de conservación y restauración, las actividades de construcción en los alrededores y el robo de objetos patrimoniales.

2) Se sabe, principalmente mediante las encuestas realizadas que, aunque las cuevas de Mogao han adoptado algunas medidas para impedir que las actividades humanas afecten a los murales, con el aumento del número de visitantes y los trabajos de restauración, todavía hay algunas cuestiones sin resolver. Los impactos de las actividades de construcción de los alrededores y el robo de objetos patrimoniales no son significativos en este momento, pero aún así necesitan atención.

3) Respuestas al impacto de las actividades humanas en las cuevas de Mogao.

Los impactos de las actividades de los visitantes requerirán cambios en su comportamiento. Los efectos de las actividades de conservación y restauración exigirán una mayor capacitación del personal y la aplicación de procedimientos estrictamente científicos. El impacto de los trabajos de construcción en torno a la urbanización requerirá una mejor comunicación entre el gobierno y las autoridades de Mogao. El impacto relacionado con los robos requiere un mantenimiento regular del equipo técnico de vigilancia y una mayor seguridad.

En la sociedad actual, con las crecientes necesidades materiales y espirituales de las personas, las actividades humanas han tenido inevitablemente un impacto en el patrimonio cultural. Bajo esta premisa las cuevas de Mogao deben ser protegidas de manera práctica, para que puedan desempeñar mejor el importante papel del patrimonio cultural. Este proceso no debería rechazar a los turistas por el bien de preservar el patrimonio cultural, mientras que al mismo tiempo no debe sacrificarse el magnífico patrimonio cultural por ello. En el proceso de apertura al mundo exterior, debe adoptarse una perspectiva a

largo plazo, poniendo la conservación en primer lugar y abordando la contradicción entre conservación y desarrollo. Se ha establecido un plan holístico de conservación para crear un entorno óptimo para la preservación a largo plazo de las cuevas de Mogao. Este será un proceso continuo de mejora en el futuro a medida que la ciencia y la tecnología evolucionen. Los avances tecnológicos pueden ayudarnos a examinar mejor el equilibrio entre la preservación del patrimonio cultural y el impacto humano.

Todavía hay muchas lagunas en el proceso de redacción de este documento. El impacto específico de la actividad humana en los murales de las cuevas de Mogao está todavía en fase de investigación, por lo que no se dispone de muchos datos detallados. El plan original era viajar a las cuevas de Mogao durante las vacaciones para realizar entrevistas de campo e investigaciones, pero debido a COVID-19, esto no fue posible. La encuesta se realizó con una muestra de pequeño tamaño y con un acceso limitado a los datos, lo que puede dar lugar a inexactitudes, por lo que se propone como futura línea de investigación ampliar las encuestas y los estudios con el fin de ampliar y mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Li Yunhe. Una exploración preliminar de las cuevas de Mogao Restauración mural[C]. . Tecnología de conservación del patrimonio (1981-1991). Asociación de Tecnología de Preservación de Reliquias Culturales de China, 2010:93-102.
- [2] Li Bo, Lin Jianye, Qu Lele. Análisis de los pigmentos de color en las pinturas rupestres de Dunhuang[J]. Foro Académico.2010.04.
- [3] Wang Yanming. Los visitantes suavemente... tocan, los frescos de las cuevas de Mogao sorprendentemente dañados [N]. Xinhua Daily Telegraph, 2004.
- [4] Fan Jinshi. La contradicción entre la conservación y el turismo en las cuevas de Mogao y las contramedidas[J] Dunhuang Research, 2005, (4):1-3.
- [5] Li Ping. Gestión de visitantes en las cuevas de Mogao [J] Dunhuang Research, 2005
- [6] La Administración Estatal del Patrimonio Cultural sobre la aplicación del derecho administrativo y la supervisión de la seguridad de las reliquias culturales en 2019
- [7] Bao Jigang, Chu Yifang. Geografía del turismo [M]. Beijing: Editorial de Educación Superior, 1999.
- [8] Luo Yao. Dunhuang Mogao Cave Tourism Environment Capacity and Quantitative Analysis[J]. Dunhuang Research, 2005(04):9-15.
- [9] Reglamento sobre la protección de las cuevas de Mogao en Gansu
- [10] Zou Tongzhi, Desarrollo y Gestión de Destinos Turísticos [M] Beijing: Beijing Book Company Limited, 2015
- [11] ICCROM. Heritage at risk[R] 2005
- [12] http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/28_2/gcinews4.html
- [13] Grupo de redacción de turismo y medio ambiente . El turismo y el medio ambiente [J]. Beijing: China Environmental Science Press, 1986.p14
- [14] http://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/mogao/presentation.html
- [15] Gjejlane Hoxha. The impact of conflict on cultural heritage in Kosovo[c]//Simon Lambert and Cynthia Rockwell. Protecting Cultural Heritage in Times of conflict. Rome: ICCROM, 2012:39-46

Fuente de la imagen:

<https://www.e-dunhu>

<https://www.gettyimages.es/fotos/dunhuang?phrase=dunhuang&sort=best#licenseang.com/>

ÍNDICE DE IMAGENES Y TABLAS:

Figura.1(a-b)a.Diagrama de la cueva de tipo Chaitya.b.Fotografía del interior de la cueva de tipo Chaitya.....	p9
Figura.2(a-b)a.Diagrama de la cueva de tipo Vihara.b.Fotografía del interior de la cueva de tipo Vihara.....	p9
Figura.3(a-b)a.Diagrama de la cueva de tipo Fudou.b.Fotografía del interior de la cueva de tipo Fudou.....	p9
Figura.4(a-b)a.Diagrama de la cueva de tipo Sala del Nirvana.b.Fotografía del interior de la cueva Sala del Nirvana.....	p9
Figura.5(a-b)a.Diagrama de la cueva de tipo Sala del Buda de pie.b.Detalle del Buda de pie de la cueva Sala del Bud.....	p10
Figura.6 Mural con temas budistas en una Cueva tipo fodou.....	p10
Figura.7(a-b). Mural pintado en las cuatro laderas de la cima de la cueva.a. Pintura mural de los Mil Budas b. Murales con temas místicos.....	p11
Figura.8 Patrones decorativos pintados en el centro del techo.....	p11
Figura.9 La estructura de las murales de Mogao.....	p11
Figura.10 Los tintes minerales usados en las murales de la cueva de Mogao.....	p13
Figura.11 Imagen de las colas de visitantes en las cuevas de Mogao durante la temporada alta.....	p17
Figura.12 Imagen de un grupo de turistas en el interior de la cuevas.....	p24
Figura.13(A-C).A:La Cueva 96 mencionada en las estadísticas.B:La Cueva 148 mencionada en las estadísticas.C:La Cueva 103 mencionada en las estadísticas.....	p25
Figura.14 Detalle de uno de los murales.....	p31

Figura.15 Una barandilla colocada para evitar que los visitantes toquen el mural	p33
Figura.16 Un gran número de turistas visitan las cuevas de Mogao al mismo tiempo	p33
Figura.17 Trabajos de restauración realizados por personal de restauración	p34
Tabla.1 Total de visitantes anuales a las cuevas de Mogao(1979-2019)	p17
Tabla.2 Parámetros de la cantidad de los principales contaminantes producidos por persona y día en los sitios turísticos ornamentales del norte de China	p22
Tabla.3 Estimaciones de los contaminantes producidos por 3.000 y 18.000 visitantes diarios de las cuevas de Mogao	p23
Tabla.4 Estadísticas sobre el número de visitantes y la densidad espacial de las tres grandes cuevas, 96, 103 y 148	p23
Tabla.5 Factores y consecuencias del impacto de las actividades humanas en los murales de las cuevas de Mogao	p27-28
Tabla.6 Desglose en % del puesto de trabajo de los encuestados	p29
Tabla.7 Resultados estadísticos de los datos de las encuestas	p29