

La importancia del registro digital y apropiamiento cultural del arte rupestre a partir de la crisis covid-19

Aarón Alejandro Rioja Paz Soldan

aaron.rioja@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9420-7496>

Universidad Nacional Siglo XX

Cochabamba - Bolivia

RESUMEN

El presente artículo expone algunos de los impactos durante la pandemia del Covid-19 en el ámbito cultural y de la rupestrología en diferentes partes del mundo, denotando aspectos importantes como la necesidad de una integración tecnológica en procesos de registro, administración y difusión del arte rupestre. Además de realizar un acercamiento a los pictogramas y petroglifos identificados en diferentes países y zonas de Bolivia con el fin de generar un apropiamiento cultural.

Por otro lado, se hace un recorrido de algunas técnicas de registro digital advirtiendo los pasos para su aplicación. Se explica la importancia de un estándar de registro digital para la gestión de datos y su implicancia en el proceso de interpretación de las representaciones rupestres.

Finalmente, los resultados de integrar un algoritmo de segmentación y cómo este puede ayudar en los procesos de registro e interpretación del arte rupestre a partir de la validación de cinco expertos en el arte rupestre.

Palabras clave: arte rupestre; registro digital; algoritmo clusterización; k-means; matlab.

Correspondencia: aaron.rioja@gmail.com

Artículo recibido: 20 julio 2022. Aceptado para publicación: 10 agosto 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#)



Como citar: Rioja Paz Soldan, A. A. (2022) La importancia del registro digital y apropiamiento cultural del arte rupestre a partir de la crisis covid-19. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4) 2697-2716. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2790

Importancia del registro digital y apropiamiento cultural del arte rupestre a partir de la crisis covid-19

ABSTRACT

This article outlines the impact of the COVID-19 pandemic on the cultural and rock art field in different parts of the world, denoting important aspects such as the need for technological integration in rock art registration, administration, and dissemination processes. Additionally, it highlights the need for exposure to the pictograms and petroglyphs identified in different countries and areas of Bolivia in order to generate cultural acceptance.

On the other hand, a tour of some digital registration techniques is made, noting the steps needed for its application. The importance of a digital registration standard for data management and its implication in the process of interpretation of cave representations is explained.

Finally, the implications of integrating a segmentation algorithm and how it can help in the processes of registration and interpretation of rock art based on the validation of five rock art experts from Cochabamba Bolivia is covered.

Keywords: *rock art; digital record; algorithm clusterización; k-means; matlab.*

INTRODUCCIÓN

A finales del 2019 en China surgió una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus. La Covid-19 se extendió por todo el mundo y prácticamente constriñó al aislamiento a una gran parte de la población mundial. En Bolivia, la pandemia causó el cierre parcial de escuelas, universidades, negocios, eventos culturales, museos y muchos otros más a fin de cumplir con el confinamiento y distanciamiento social planteado por la Organización Mundial de la Salud.

Uno de los sectores afectados durante la pandemia fue el de la rupestrología, ya que muchos sitios y museos cerraron. El Arte Rupestre tiene inscrito en sus paneles y trazos la historia de diferentes épocas de la humanidad, la forma de convivir, sobrevivir y además es testigo del paso del tiempo y los cambios que conlleva esto en la región. Es por ello, la importancia de encontrar mecanismos que permita la continuidad en trabajos de registro, interpretación y difusión del arte rupestre.

Asimismo, se reconoce que la tecnología juega un rol trascendental en la coyuntura actual. Permite la continuidad del trabajo, resolución de problemas complejos y de interés social indagando formas creativas y optimizando procedimientos gracias al avance vertiginoso de la informática y las necesidades identificadas a consecuencia de la pandemia. Por lo tanto, es necesario conocer tecnologías asociadas dentro el área informática, reconocer el funcionamiento de algoritmos en el tratamiento digital de imágenes, puesto que ello, permitirá establecer un estándar de registro de información y posterior preservación del conocimiento insertos en los sitios con arte rupestre.

Para determinar la Importancia del registro digital y apropiamiento cultural del arte rupestre en la investigación se partieron de los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Implementar el Algoritmo K-means a un modelo tecnológico de registro y tratamiento de imágenes digitales que permita establecer un estándar de registro digital del arte rupestre para expertos en la rupestrología de la ciudad de Cochabamba Bolivia.

Objetivos Específicos

1. Contextualizar los impactos de la Covid-19 en temas culturales y del Arte Rupestre.

2. Identificar conceptos teóricos para algoritmos de segmentación de imágenes digitales, registro y formas de interpretación del arte rupestre, para sentar bases conceptuales en la construcción del modelo tecnológico.
3. Implementar el algoritmo K-means en un modelo tecnológico que permita establecer un estándar de registro digital del Arte Rupestre.
4. Determinar el grado de validez y viabilidad del modelo tecnológico de registro y tratamiento de imágenes digitales con cinco especialistas rupestrólogos de la ciudad de Cochabamba Bolivia.

METODOLOGIA

La investigación se enmarcó en paradigmas investigativos que albergan la perspectiva cualitativa, como también la de gestión de datos con un fuerte sustento tecnológico e informático.

Por lo tanto, en términos de manejo y gestión de datos, la investigación se apoyó en el paradigma socio crítico, debido a sus características intermedias entre el positivista e interpretativo. El problema parte de una situación real en términos de optimización de la disponibilidad de información del arte rupestre para la comunidad de especialistas rupestrólogos, además tiene como objeto la transformación de esta realidad.

En este sentido, desde el punto de vista ontológico es realista crítico partiendo de una hipótesis, subjetiva identificada en la etapa de diagnóstico. En términos epistemológicos, se evaluó la percepción que tiene un grupo de especialistas rupestrólogos como expertos del tema, en la ciudad de Cochabamba Bolivia.

Metodológicamente, la investigación se basó en la hermenéutica, orientada a la fidelidad del objeto de estudio y la complementariedad del investigador. Con todo lo expuesto, los paradigmas investigativos escogidos guiaron todo el proceso investigativo (Ramos, 2015). Para la obtención de datos en la etapa de diagnóstico y durante el proceso de registro de los motivos rupestres se utilizó la observación participante y la observación directa como agente externo al interactuar con los rupestrólogos. Para la gestión de datos recabados se utilizó el método descriptivo, hermenéutica, y triangulación de datos.

Impactos de la Covid-19 en temas culturales

Según la OMS (2020), la Covid-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus. Tanto este nuevo virus como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019.

La Covid-19 al expandirse por el mundo, obligo al confinamiento de muchas personas para resguardar su salud alternando formatos de cuarentena rígida y mixta en la mayoría de los países durante los primeros seis meses del 2020. Se cancelaron varios eventos, cierre de instituciones, suspensión de prácticas comunitarias y otras actividades que también fueron afectadas por el nuevo coronavirus, por supuesto, el ámbito cultural fue uno de los sectores más golpeado (teleSUR, 2020).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), el cierre de museos, cancelación de conciertos, festivales, postergación de nuevos lanzamientos musicales, cine, y otros, conlleva un fuerte impacto en los mecanismos de subsistencia de los artistas y profesionales inmersos en el área (UNESCO, 2020).

A partir de una encuesta llevada a cabo por el Consejo de las Artes de Irlanda, muestra que el 90 % de los artistas encuestados han sido afectados por el COVID-19 y, además casi el 50 % ha solicitado asistencia financiera del Gobierno. Por otro lado, la Asociación de Música a través de un estudio en Etiopía, mostró que 9 de cada 10 músicos han estado trabajando en forma privada y no contaron con un salario (teleSUR, 2020).

Por otro lado, la Unesco expone también que durante los meses de confinamiento se ha evidenciado un gran incremento al consumo de contenidos culturales en línea, que pasan por visitas virtuales a museos y galerías, streaming de películas e incluso coros comunitarios a través de redes sociales (UNESCO, 2020).

El Consejo Internacional de Museos (ICOM) realizó un estudio con cerca de 1.600 encuestados, durante el mes de abril y principios de mayo del 2020, por museos y profesionales del área de 107 países y cinco continentes, para analizar el impacto del confinamiento en torno a 5 temas principales: la situación de los museos y de su personal, el impacto económico previsto, la tecnología digital y la comunicación, la seguridad y la conservación de las colecciones, los profesionales independientes de los museos. En resumen, el informe presenta algunos datos importantes (ICOM, 2020):

- Para abril del 2020, casi todos los museos del mundo fueron cerrados a consecuencia de la COVID-19.
- Muchos museos replantearon su presencia digital. Sin embargo, un 50% de ellos expusieron ya tener una página web o presencia en las redes sociales antes del

confinamiento. Asimismo, la comunicación digital aumentó en al menos un 15% de los museos.

- La mayoría de los profesionales de los museos siguen trabajando desde casa: en el 84% de los museos, al menos una parte del personal trabajó desde casa durante el confinamiento.
- La situación de los empleados permanentes parece relativamente estable. Aun así, en el 6% de los casos los contratos no fueron renovados o terminados.
- La situación de los profesionales autónomos de los museos es alarmante: el 16,1% de los encuestados fue despedido provisionalmente, y al 22,6% no se les renovó su contrato. El sector de los autónomos es muy frágil: el 56,4% de los encuestados declaró que tendrá que suspender el pago de su propio salario como resultado de la crisis; el 39,4% dijo que se irá reduciendo el personal en sus empresas.
- Del mismo modo, casi todos los museos del mundo reducirán sus actividades a causa de la pandemia de COVID-19; casi un tercio entre ellos reducirá su personal y más de una décima parte se verá obligada a cerrar permanentemente. El 82,6% de los encuestados estima que se tendrán que reducir los programas de los museos y el 29,8% prevé recortes del personal. El 12,8% de los participantes teme que su museo pueda cerrar.
- En general, la seguridad y la conservación del patrimonio de los museos continuó durante el confinamiento.

Es claro que la actividad cultural en todo el mundo fue fuertemente afectada por la COVID-19, sin embargo ante este escenario, la Unesco explica que “muchos museos alrededor del mundo han sabido adaptarse mediante soluciones en línea como recorridos virtuales o interactuando con el público a través de las redes sociales” por ejemplo el Louvre, museo con cerca de 9,3 millones de visitas anuales, consiguió crecer cuatro veces más las visitas a su página web, alcanzando así cerca de 400.000 visitas al día (UNESCO, 2020).

El Arte Rupestre en el contexto nacional boliviano

En el mundo existe una gran variedad de representaciones rupestres, que dan paso a diversas interpretaciones y descubrimientos importantes día a día, explicando así sorprendentes métodos de convivencia, cultura, y tradiciones a lo largo del tiempo (El Correo de la UNESCO, 1998).

Bolivia no es la excepción; cuenta con registros de representaciones de arte rupestre distribuidas por diferentes zonas del país. Estas manifestaciones culturales mediante sus diversas expresiones reflejan abstracciones del pensamiento humano, periodos históricos, diferentes técnicas y métodos de adaptación para la convivencia humana al contexto geográfico y climático de la zona remontado en esos tiempos (Meyers, 1993).

Los pictogramas y petroglifos de la zona altiplánica cercanas al Tiwanaku, reflejan la perspectiva del hombre andino y su identidad, impresionantes representaciones que suponen rituales y tradiciones del Tiwanaku en esos tiempos (Albarracín, 1991). De igual forma, registros importantes en el departamento de Santa Cruz, Samaipata situado en los flancos orientales de los Andes bolivianos, donde estudios sugieren centros ceremoniales y militares propios del imperio Incaico (Meyers, 1993).

Otras manifestaciones rupestres se dieron en Peña Colorada y Chiquero Loma en Chuquisaca – Bolivia, las cuales muestran una interesante variedad de pictogramas y petroglifos (Casanovas, 1995). Pinturas rupestres de Quime en la provincia Inquisivi del departamento de La Paz; Yanami, Capinsal, Huirapucuti, Charagua, en Santa Cruz; las cúpulas en rocas de Tarija y regiones vecinas, en las faldas del Tunari, Cochabamba; donde se encuentran 8 sitios con petroglifos, Quila Quila en Chuquisaca, en la zona de los Andes meridionales que incluye Laguna Blanca, Catamarca-Argentina y Potosí-Bolivia entre otros (Meyers, 1993).

Por lo general, los sitios de arte rupestre se encuentran ubicados en zonas alejadas de la ciudad y su acceso requiere, de largas horas de caminatas y un esfuerzo físico importante por la falta de caminos. Por ejemplo, la Figura 1, muestra los senderos y caminos que fueron recorridos junto al equipo de rupestrólogos y guías para acceder al pictograma de Qalqatas. El pictograma, se encuentra ubicado en la montaña de Yanakaka detrás del cerro Tunari en Cochabamba – Bolivia, y su acceso toma cerca de 2 horas en auto hasta la población más cercana y otras 3 horas de caminata.

En resumen, las representaciones rupestres se convierten en evidencia tangible de la capacidad intelectual del hombre para captar su realidad. De hecho, el arte rupestre como tal, no se refiere precisamente a un arte o creación artística de objetos al cual regularmente hace referencia el arte en nuestros días; más bien es una denominación o forma para definir su significado, quizás un término más adecuado sería manifestaciones

rupestres, en referencia al soporte en el cual se encuentra el petroglifo o pictograma, ya que proviene del latín rupe que significa roca (Martínez & Botiva, 2004).

Procesos de interpretación del arte rupestre

Los procesos de interpretación del arte rupestre son aspectos que parten de la pericia y experiencia del rupestrólogo, por lo que es importante realizar un registro detallado a manera de insumos para su correcta interpretación y significación de los motivos rupestres, se debe partir de un objetivo concreto de interpretación a fin de decidir el tipo de herramienta y técnica a utilizar; se sugiere tomar en cuenta cuatro fases del registro (Domingo, Villaverde, Lopez, Lerma, & Cabrelles, 2013):

1. Realizar una primera reproducción a escala de cada motivo separado del entorno con el fin de establecer interpretaciones precisas de cada uno.
2. Una reproducción a nivel más general tomando en cuenta la relación entre las figuras con el fin de abordar una interpretación correcta de cada fase y la relación entre cada una de ellas.
3. Una tercera reproducción, enfocada en la relación de los motivos con el soporte, lo cual permita identificar escenas que representa el arte rupestre, a partir de la posición y orden espacial de las figuras.
4. Finalmente, un registro enfocado en la multiplicidad de planos y perspectivas de las cuales es visible el arte rupestre.

En Bolivia, los rupestrólogos miembros de la Asociación de Estudios de Arte Rupestre Cochabamba (AEARC), manejan en la actualidad El Formulario Para el Registro de Sitios, proporcionado por Roy Querejazu Lewis en la revista Nro. 2 de Arte Rupestre de la AEARC (AEARC, 2010). Estos elementos se encuentran enmarcados de la siguiente manera:

1. Tipo de Arte
2. Nombre del Sitio
3. Información obtenida por
4. Descripción del acceso
5. Medio ambiente
6. Tipo de sitio
7. Características del sitio
8. Aspectos relativos a la conservación del sitio
9. Características del arte rupestre

10. Número aproximado de Figuras y/o motivos
11. Cronología relativa
12. Datos etnográficos
13. Re-uso del sitio
14. Referencias Bibliográficas
15. Documentos del sitio

Clustering de imágenes digitales y el Algoritmo K-Means

El procesamiento digital de imágenes principalmente busca mejorar la información pictórica que representa, con el fin de conseguir una mejor percepción humana mediante el uso de una máquina, impresión y otros medios de transmisión (Barrera, 2010).

El clustering de imágenes o agrupamiento de datos, se refiere al proceso de seleccionar y agrupar aquellos píxeles o datos que tienen características similares en términos numéricos de color o información, en categorías. Al momento de realizar esta agrupación, se lo hace mediante un centroide que será quien defina el agrupamiento con base a criterios de cercanía y selección de elementos similares. Esta técnica, se utiliza en diversos campos como la identificación de estructuras en modelos difusos, compresión de datos y la segmentación de imágenes, donde la distribución de la información puede ser de cualquier tamaño y forma (Guevara, Sánchez, & González, 2015).

Asimismo, existen dos tipos de particiones de datos: duros o nítidos y suaves o difusos. Si es posible medir la distancia entre todos los pares de observación en un espacio, es posible esperar que la distancia entre los puntos del mismo clúster sea considerablemente menor que la distancia entre los puntos de distintos clústeres. Uno de los métodos que define particiones óptimas a través de una función de criterio global que mide cuáles particiones candidato optimizan una suma de errores al cuadrado entre puntos y centros de partición en un espacio. Este método aplicado a datos difusos fue propuesto por Bezdek en 1981 (Ponce, 2010).

El algoritmo K-means es uno de los métodos más populares iterativos descendentes utilizados en clustering de datos dentro el campo de las ciencias de la computación. Está destinado a situaciones en las cuales todas las variables son del tipo cuantitativo, y la distancia cuadrática Euclídea, es elegida como: medida de diferencia (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2008).

El algoritmo puede ser resumido de la siguiente manera (Gareth, Witten, Hastie, & Tibshirani, 2015):

1. Asignar al azar un número, de 1 a K, a cada una de las observaciones. Estos sirven como asignaciones iniciales del clúster para las observaciones.
2. Iterar hasta que las asignaciones del clúster no cambien más:
 - a. Para cada uno de los K clústeres, calcular el centroide. El k-ésimo centroide del clúster es el vector de la función p, que significa las observaciones para el k-ésimo clúster.
 - b. Asignar a cada observación al clúster cuyo centroide esté más cerca, es decir, donde más cerca se define utilizando la distancia euclidiana.

Modelo tecnológico de registro y el Algoritmo de Segmentación

A fin de poder evaluar el resultado de implementar el algoritmo de segmentación K-means con el grupo de expertos, es preciso describir las funciones utilizadas durante su codificación en Matlab y los resultados alcanzados con las imágenes de arte rupestre utilizadas en el ejemplo.

El algoritmo de segmentación se integra a un Modelo tecnológico integral de registro y tratamiento digital de representaciones de arte rupestre. El Modelo es un prototipo del sistema de acceso web con su base de datos que permite interactuar a los expertos rupestrólogos con el algoritmo procesando la imagen y resaltando zonas específicas de la pintura. Es así como, los rupestrólogos pueden advertir los resultados de la segmentación y a su vez estandarizar la información recabada de sitios y paneles mediante la base de datos del sistema.

Desarrollo del Algoritmo k-Means en Matlab

El algoritmo K-means, es un método de agrupamiento, que parte de la identificación de centroides a partir de heurísticas y procesos iterativos, conformado por la partición de un conjunto de n observaciones en k grupos, cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano.

Para la implementación del algoritmo K-means en Matlab, se hizo el estudio de los pasos del algoritmo, se integraron algunas funciones que ayudan a resaltar ciertas peculiaridades de la imagen, dado que el arte rupestre tiene características típicas en términos de color y estructura del panel, más no así, en las formas de las representaciones.

Para describir el funcionamiento del algoritmo K-means se utiliza como sujeto de prueba el Pictograma el Buey parte del panel C representado por la Figura 2, y el Pictograma las Manos, en la Figura 3.

- **Codificación del Algoritmo K-means y conversión de la imagen**

Este proceso implica cargar la imagen y leerla desde Matlab, a su vez, se convierte en un formato binario almacenado en una variable para su posterior tratamiento. Los datos codificados son guardados en una variable del tipo matriz. Seguido de ello, se realiza el proceso de conversión de RGB a L^*a^*b , esto permitirá cuantificar las diferencias visuales en términos de color. El espacio de color L^*a^*b se deriva de los valores triestímulo CIE XYZ. El espacio de color L^*a^*b consiste en una capa de luminosidad (L^*), cromaticidad de capas (a^*) indicando donde cae el color a lo largo del eje rojo-verde, finalmente, la cromaticidad de capa (b^*) indicando donde cae el color en términos del eje azul-amarillo. Toda la información de color se encuentra en las capas (a^* y b^*). Por lo tanto, se puede determinar la diferencia entre ambos colores, usando la métrica de distancia Euclidiana. La siguiente parte del algoritmo, indica el cálculo de centroides y la creación de clústeres.

- **Asignación de datos al clúster**

Una vez entendido los pasos a seguir del algoritmo, se procede con la implementación del cálculo de centroides y creación del clúster en Matlab.

Mediante una función se obtiene la dimensión de la matriz de la imagen codificada y se almacena en una variable del tipo vector. Tiene por objetivo preparar las matrices que almacenarán cada clúster.

Se inicializa el centroide con valores al azar, como lo indica el algoritmo K-means; luego, se procede con la codificación de ceros para cada matriz que almacenará los datos de su clúster asignado. Luego, a través de ciclos iterativos se procede con la asignación de datos a cada clúster según sus características y las distancias euclidianas identificadas y almacenadas en variables de tipo vector.

- **Cálculo de centroides y distancia euclidiana**

Para el cálculo de los nuevos centroides, se va calculando la media de los valores en las matrices de cada clúster. Luego, este proceso se repite hasta que el nuevo centroide calculado sea igual al centroide anterior.

- **Segmentación de la imagen codificada y exportación de imágenes procesadas**

La segmentación de la imagen codificada se dará a partir del proceso de etiquetado de los clústeres, para luego poder implementar algunas funciones que permitan resaltar las áreas que tienen mayor variación de colores, como así también, las que no se notan claramente.

- **Imágenes de arte rupestre resultantes después de implementar el algoritmo K-Means**

Los resultados alcanzados tras la codificación e implementación del algoritmo K-means sobre las imágenes de arte rupestre, muestran la funcionalidad del algoritmo y promueve su aplicación en el campo del arte rupestre. A continuación, se muestran los resultados del procesamiento digital de imágenes con 2 paneles que contienen arte rupestre. Para el ejemplo se utilizó la Figura 2 Pictograma el Buey parte del panel C, la cual es una fotografía original tomada de un sitio de arte rupestre ubicado en Cochabamba, las imágenes resultantes tras la aplicación del algoritmo K-means, se muestran en la Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7.

Para el ejemplo 2, se muestra la figura 3, la cual es una fotografía de un sitio de arte rupestre en Santa Cruz, Bolivia denominado la cueva Paja Colorada. Las imágenes resultantes después de la aplicación del algoritmo K-means sobre la pintura rupestre se pueden ver en la Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11.

Cómo se puede observar en ambos ejemplos, el proceso de segmentación permite resaltar zonas del panel que lo contiene y áreas de la pintura rupestre que pueden tener significancia durante los abstractos procesos de interpretación que realizan los rupestrólogos.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Respecto a los impactos en el sector cultural a consecuencia de la Covid-19 que implicó el cierre de museos, trabajos de campo paralizados, registros de arte rupestre interrumpidos; pusieron en evidencia la importancia de integrar algoritmos informáticos que potencien los procesos de registro e interpretación. Asimismo, la coyuntura actual exige concebir nuevos canales digitales de difusión cultural, y la adquisición de competencias digitales de todos los actores para su uso.

El tratamiento digital de imágenes conlleva una serie de beneficios en términos de interpretación del arte rupestre, ya que permite realizar acciones sobre una imagen con un propósito preestablecido. Por ejemplo, tras aplicar la clusterización o agrupamiento

de datos a un panel grande que cuenta con varios pictogramas y expresiones inscritas en el, se espera que el algoritmo resalte aspectos relevantes que pueden ser pasados por alto por quienes realizan el relevamiento, y esto ayude en la interpretación de toda la narración que intenta transmitir el sitio, o señale pistas para determinar épocas, costumbres e incluso culturas que pasaron por esos lugares.

A fin de validar la importancia de integrar las ciencias de la computación en el campo del arte rupestre, se procedió a la selección de cinco expertos en rupestrología quienes experimentaron con el modelo tecnológico de registro y tratamiento digital de imágenes que integra el algoritmo K-means. En este sentido, para la selección de expertos se consideró principalmente miembros especialistas en rupestrología pertenecientes a la Asociación de Estudios del Arte Rupestre Cochabamba (AEARC) ya que esta es una organización legalmente establecida y reconocida en Bolivia. La tabla 1 muestra las características de los expertos.

En la puesta en marcha de la validación, se llevaron a cabo 3 rondas de entrevistas por separado con cada uno de los expertos, con intervalos de 2 semanas aproximadamente entre ronda y ronda. Las entrevistas fueron guiadas desde el principio a través de un instrumento de medición compuesto por dimensiones, variables e indicadores, con su correspondiente escala de valoración en el cual se consideró 1 como el valor ideal y 5 como el más bajo. El instrumento fue ajustándose según la experiencia que se fue teniendo con los expertos entre las rondas llevadas en el proceso de validación. La Tabla 2, muestra el instrumento con sus dimensiones e indicadores.

Resultados finales de las rondas de validación: para la última ronda de validación donde se llegó a un consenso total entre los expertos, se implementaron las sugerencias de mejora en el modelo tecnológico de registro. Se enfatizó en el uso y experimentación con el software, para lo cual se crearon cuentas y contraseñas para los expertos y se los invitó a ingresar mediante el enlace creado. El instrumento también evolucionó en cierta medida, ya que se asentaron mejor los conceptos y la orientación fue más precisa a partir de la experiencia y consensos alcanzados en las dos anteriores rondas llevadas a cabo con los expertos. La Tabla 3, muestra los resultados finales de las rondas.

En síntesis como resultado de la última ronda, se denota una clara tendencia hacia los valores ideales, por lo tanto permite dar validez a todas las dimensiones propuestas con

sus correspondientes indicadores. En consecuencia, se acepta el prototipo del sistema y el algoritmo de segmentación integrado a partir del juicio de los expertos.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Figura 1

Pictograma del sitio Qalqatas



Nota. El gráfico muestra el camino recorrido para llegar al sitio Qalqatas que contiene Arte Rupestre en la ciudad de Cochabamba Bolivia.

Figura 2

Pictograma el Buey parte del panel C



Figura 3

Pictograma Las Manos



Nota. Figura extraída del sitio Paja Colorada (La región, 2020)

Figura 4

Resultado imagen segmentada 1



Figura 5

Resultado imagen segmentada 2



Figura 6

Resultado imagen segmentada 3

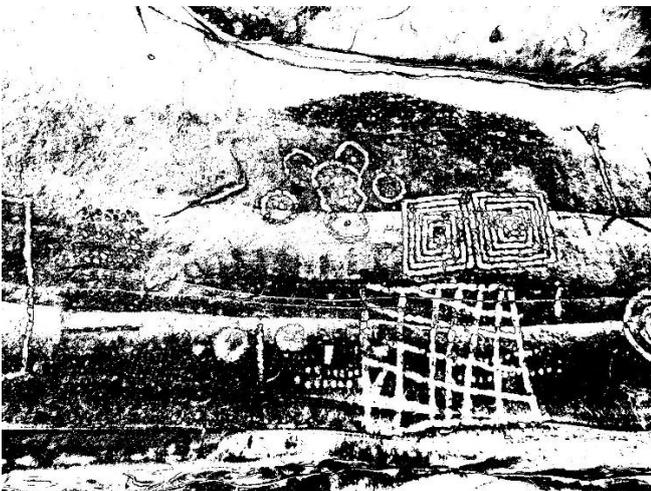


Figura 7

Resultado imagen segmentada 4

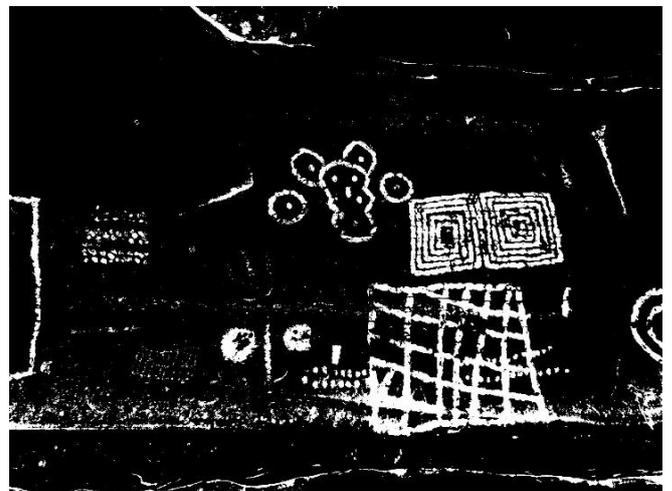


Figura 8

Resultado imagen segmentada 1

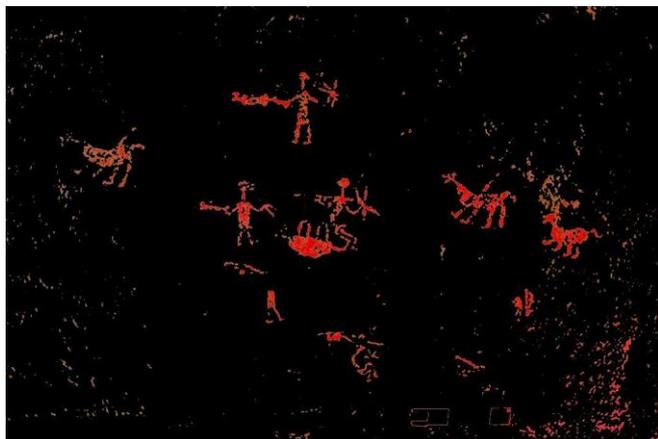


Figura 9

Resultado imagen segmentada 2



Figura 10

Resultado imagen segmentada 3



Figura 11

Resultado imagen segmentada 4

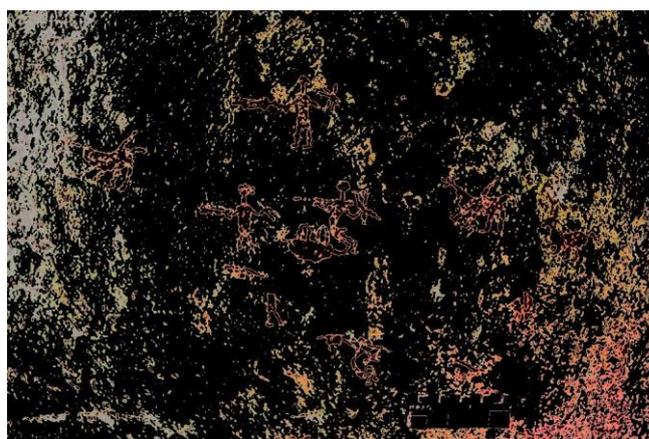


Tabla 1

Detalle edad y experiencia en Arte Rupestre de los expertos

Experto	Experiencia en Arte Rupestre	Edad
Experto 1	30 años	62 años
Experto 2	21 años	43 años
Experto 3	15 años	41 años
Experto 4	12 años	37 años
Experto 5	9 años	35 años

Tabla 2 Instrumento de medición para las rondas

N.º	Dimensión	Indicador
1	Contextualización	Tecnologías similares asociadas al registro e interpretación del arte rupestre
2		Variables de registro tomadas en el sistema
3	Registro del AR	Estandarización del registro
4		Interpretación de motivos rupestres
5		Base de datos como repositorio digital del Arte Rupestre
6	Tecnológica	Funciones y roles de usuario en el sistema
7		Registro de información del sitio
8		Registro de datos de los paneles
9		tratamiento digital de imágenes de AR (K-means)
10		Revisión o validación por el rupestrólogo (publicación)
11		experiencia de usuario (manejo del sistema)

Tabla 3 Resultados de la última ronda de validación para el Registro del AR

N.º	Dimensión	Indicador	Escala de valoración de los indicadores del software de registro del arte rupestre con base en algoritmo de segmentación				
			1 - Max	2	3	4	5 - Min
1	Contextualización	Tecnologías similares asociadas al registro e interpretación del arte rupestre	40%	0%	60%	0%	0%
2		Variables de registro tomadas en el sistema	80%	20%	0%	0%	0%
3	Registro del AR	Estandarización del registro	60%	40%	0%	0%	0%
4		Interpretación de motivos rupestres	60%	20%	20%	0%	0%
5		Base de datos como repositorio digital del Arte Rupestre	100%	0%	0%	0%	0%
6	Tecnológica	Funciones y roles de usuario en el sistema	100%	0%	0%	0%	0%
7		Registro de información del sitio	80%	20%	0%	0%	0%
8		Registro de datos de los paneles	80%	20%	0%	0%	0%
9		tratamiento digital de imágenes de AR (K-means)	80%	20%	0%	0%	0%
10		Revisión o validación por el rupestrólogo (publicación)	100%	0%	0%	0%	0%
11		experiencia de usuario (manejo del sistema)	80%	20%	0%	0%	0%

CONCLUSIONES

El estudio documental y consulta a fuentes primarias referente al diagnóstico de variables e indicadores técnicos que actualmente son utilizados por los rupestrólogos para el registro de información del arte rupestre, permitió establecer la estructura de la base de datos y los pasos de registro en el prototipo del modelo tecnológico de registro y tratamiento digital de representaciones de arte rupestre.

A partir de la validación con los especialistas rupestrólogos, tras la implementación y experimentación del prototipo del modelo tecnológico, se concluye que, si se resuelve la problemática planteada en la investigación, en referencia a la estandarización de los procesos de registro y tratamiento de imágenes digitales de arte rupestre, para su posterior proceso de interpretación.

A través del estudio del algoritmo de segmentación K-means y su dinámica de funcionamiento, se pudo realizar la codificación del algoritmo en Matlab y revisar los resultados a partir de testeos con imágenes digitales de arte rupestre. El resultado de la segmentación fue exitoso, ya que se pudo evidenciar que el algoritmo resalta áreas importantes de la figura. En consecuencia, se validó con los expertos su aplicación en el campo del arte rupestre y coincidieron en la relevancia de esta información que puede aportar en sus procesos de interpretación.

En la etapa de validación, se pudo confirmar los métodos actuales de registro que tienen los especialistas rupestrólogos, por consiguiente, se verificó la inexistencia de sistemas digitales de registro y tratamiento de imágenes digitales en este campo en la ciudad de Cochabamba Bolivia. Por esta razón, hubo un apropiamiento casi inmediato por parte de ellos hacia el modelo tecnológico de registro, validando de esta manera, el funcionamiento integral del sistema y la importancia de integrar las tecnologías informáticas en el registro del arte rupestre.

El prototipo del sistema considera todas las variables e indicadores técnicos validado con los expertos, siendo que el prototipo del sistema almacena esta información en su base de datos en integración con el procesamiento de imágenes digitales. Esto incide en la validación del estándar de registro de información digital de los sitios y paneles para los rupestrólogos, además de la relevancia de su implementación, al no contar con un sistema de similares características en el campo del arte rupestre.

Finalmente, la aplicación y experimentación del prototipo del modelo tecnológico integral de registro y tratamiento digital de representaciones de arte rupestre, por parte del grupo de especialistas rupestrólogos, permite dar cumplimiento al objetivo general de la investigación; ya que todos los expertos coincidieron que en la actualidad es indispensable contar con un sistema digital para el registro del arte rupestre, principalmente por la estandarización del registro ya que tradicionalmente se acostumbra utilizar fichas impresas y guardar de manera dispersa las fotografías e información relevante, como estado del sitio, locación, tipo de arte rupestre, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEARC. (2010). ARTE RUPESTRE. 2.
- Albarracín, J. (1991). Petroglifos en el Valle Bajo de Tiwanaku, Bolivia. 35-56. SIARB. Obtenido de <http://www.siarb-bolivia.org/esp/biblioteca/bol5b.pdf>
- Barrera Tovar, L. (Abril de 2010). Desarrollo e implementación de algoritmos para el sistema de percepción y localización de los robots bogobots. Antizapan de Zaragoza, Mexico D.F. Obtenido de http://homepage.cem.itesm.mx/aaceves/Bogobots/seminario/Tesis_Lucia_Barrera.pdf
- Casanovas, C. R. (1995). Arte Rupestre en el Valle de Cinti, Chuquisaca, Bolivia. 56-76. La Paz: SIARB. Obtenido de <http://www.siarb-bolivia.org/esp/biblioteca/bol9d.pdf>
- Domingo Sanz, I., Villaverde Bonilla, V., Lopez Montalvo, E., Lerma, J., & Cabrelles, M. (2013). Reflexiones sobre las técnicas de documentación digital del arte rupestre: la restitución bidimensional (2D) versus la tridimensional (3D). 21-32. Obtenido de <https://goo.gl/CwVscf>
- El Correo de la UNESCO. (Abril de 1998). El arte de los comienzos Pinturas y Grabados Rupestres. Mexico D.F. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001113/111392so.pdf>
- Guevara Gómez, E., Sánchez Tello, O., & González Navarro, Y. (Noviembre de 2015). Segmentación de imágenes a color mediante técnicas de agrupamiento de datos empleando los algoritmos K-Means y C-Means. Mexico D. F. Recuperado el Julio de 2016, de <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/639-cyt-numero-51/1192-segmentacion-de-imagenes-a-color-mediante-tecnicas-de-agrupamiento-de-datos-empleando-los-algoritmos-k-means-y-c-means>

- Gareth, J., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2015). *An Introduction to Statistical Learning with applications in R*. New York: Springer .
- Hastie, t., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). *The Elements of Statistical Learning* (2 ed.). California: Springer Series in Statistics.
- ICOM. (26 de Mayo de 2020). Museos, profesionales de los museos y COVID-19: el ICOM y la UNESCO publican sus informes completos. ICOM. Obtenido de <https://icom.museum/es/news/museos-profesionales-de-los-museos-%E2%80%A8y-covid-19-resultados-de-la-encuesta/>
- Martínez Celis, D., & Botiva Contreras, Á. (Julio de 2004). Manual de arte rupestre de Cundinamarca. 2. Bogota: Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH. Obtenido de http://openarchive.icomos.org/949/1/manual_arte_rupestre_de_Cundinamarca.pdf
- Meyers, A. (1993). Trabajos Arqueológicos en Samaipata, Depto. de Santa Cruz, Bolivia Primera Temporada 1992. 48-58. La Paz: SIARB. Obtenido de <http://www.siarb-bolivia.org/esp/biblioteca/bol7a.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (agosto de 2020). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Obtenido de <https://cutt.ly/gfeCkxQ>
- Ponce Cruz, P. (2010). Inteligencia Artificial con aplicaciones a la ingeniería. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Ramos, C. A. (2015). LOS PARADIGMAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Ecuador. Obtenido de http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf
- teleSUR. (Junio de 2020). Cómo ha impactado la Covid-19 a la cultura mundial. Obtenido de <https://www.telesurtv.net/news/coronavirus-impacto-cultura-mundial-pandemia-20200610-0058.html>
- UNESCO. (Mayo de 2020). Cultura y COVID-19: Seguimiento y respuesta. Obtenido de <https://es.unesco.org/news/cultura-y-covid-19-seguimiento-y-respuesta>
- UNESCO. (Abril de 2020). Día Mundial del Arte. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/culture/>