MATERIALES DIDÁCTICOS

PIGMENTOS:

Más allá del color

Aline Lara Galicia y Marcela Sepúlveda

Editoras

SURCOS

TEXTOS UNIVERSITARIOS

EnredARS

Roma TrE-Press

2024

Pigmentos: Más allá del color

MATERIALES DIDÁCTICOS

Aline Lara Galicia y Marcela Sepúlveda

(Editoras)

EnredARS

Universidad Pablo de Olavide Sevilla

RomaTrE-Press 2024

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

© 2024
SURCOS Textos Universitarios
4º volumen

Director Enredars
Fernando Quiles García
Administración y gestión de publicaciones
María de los Ángeles Fernández Valle
Zara Mª Ruiz Romero
Gestión de contenidos digitales y redes
Victoria Sánchez Mellado y Elisa Quiles Aranda

Imagen de portada: Pinturas rupestres y pigmento rojo (CC). Modificada y digitalizada por Aline Lara Galicia.

© del texto y las imágenes: autor/autora
imágenes CC BY-NC-SA 4.0 y CC BY-NC-SA 2.0.
51

© de la edición:
E.R.A. Arte, Creación y Patrimonio Iberoamericanos en Redes / Universidad Pablo de Olavide
ISBN: 978-84-09-59174-9
2024, Sevilla, España

Roma TrE-Press / Università degli studi Roma Tre
ISBN Ebook: 979-12-5977-301-2
2024, Roma, Italia

Edición de los materiales elaborados en el proyecto Pigmentos: Más allá del color. Universidad de Sevilla (España) Aline Lara Galicia *(coord.)* y la Red RIIMAR Marcela Sepúlveda (*coord.*) (2023).

Publicación sometida a evaluación por pares.
Licencia Creative Commons Attribution-Non-Commercial-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-NC-SA 4.0).

Con el apoyo del Ministerio de Universidades. Next GenerationEU.

Comité Editorial (Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España)

Ana Aranda Bernal. Historia del Arte

Alberto del Campo Tejedor. Antropología Social

Raúl Fernández Sánchez-Alarcos. Literatura Española

Manuel Ferreras Romero. Zoología

Francisco Lorenzo Bergillos. Filología Inglesa

José María Feria Toribio. Geografía Humana

Justo Cuño. Historia de América

María del Valle Gómez de Terreros Guardiola. Historia del Arte

Antonio Herrera González de Molina. Historia Contemporánea

Manuel Herrero Sánchez. Historia Moderna

Rafael Hidalgo Prieto. Arqueología

Isabel Victoria Lucena Cid. Filosofía del Derecho

Jordi Luengo López. Filología Francesa

Alberto Marina Castillo. Filología Latina

José Ángel Merino Ortega. Ecología

José María Miura Andrades. Historia Medieval

Saad Mohamed Saad-Helal. Estudios Árabes e Islámicos

Elena Muñiz Grijalvo. Historia Antigua

Victoria Quintero Morón. Antropología Social

Mª. del Pilar Rodríguez Reina. Filología Italiana

José Luis Salmerón. Inteligencia Artificial

Stefan Ruhstaller Kuhne. Lengua Española

Mª de las Mercedes de la Torre García. Lengua Española

Carlos Usabiaga Ibañez. Economía Aplicada

Bartolomé Yun Casalilla. Historia Moderna

Comité Asesor

Dora Arizaga Guzmán. Arquitecta. Quito, Ecuador

Alicia Cámara. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid, España

Elena Díez Jorge. Universidad de Granada, España

Marcello Fagiolo. Centro Studi Cultura e Immagine di Roma, Italia

Martha Fernández. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF, México

Jaime García Bernal. Universidad de Sevilla, España

María Pilar García Cuetos. Universidad de Oviedo, España

Lena Saladina Iglesias Rouco. Universidad de Burgos, España.

Ilona Katzew. Curator and Department Head of Latin American Art. Los Angeles County Museum of Art (LACMA). Los Ángeles, Estados Unidos

Mercedes Elizabeth Kuon Arce. Antropóloga. Cusco, Perú

Luciano Migliaccio. Universidade de São Paulo, Brasil

Víctor Mínguez Cornelles. Universitat Jaume I. Castellón, España

Ramón Mujica Pinilla. Lima, Perú

Francisco Javier Pizarro. Universidad de Extremadura. Cáceres, España

Ana Cielo Quiñones Aguilar. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia

Janeth Rodríguez Nóbrega. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

Olaya Sanfuentes. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Pedro Flor. Univ. Aberta / Instituto de História da Arte-NOVA/FCSH, Portugal

ÍNDICE

1. Presentación
   Aline Lara Galicia y Marcela Sepúlveda..... 1

2. La ciencia de los pigmentos
   Marcela Sepúlveda..... 3

3. Arqueometría de pigmentos: Observaciones microscópicas
   Márcela Sepúlveda y Judith Trujillo Téllez..... 7

4. El análisis de pigmentos en la producción del color
   Marcela Sepúlveda..... 10

5. Cromatismo en las tradiciones rupestres mundiales
   Aline Lara Galicia..... 14

6. Cinabrio: El preciado “oro rojo”
   Raquel Montero Artús, Leonardo García Sanjuán, Marcela
   Sepúlveda y Aline Lara Galicia 18

7. El azul en la historia de la humanidad
   Manuel Martín, Judit Praena 22

8. El azul en la América prehispánica
   Judit Praena, Itzel Duarte y Manuel Martín..... 27

9. El simbolismo de los colores en el cuerpo humano
   David Lagunas 31

10. El uso de pigmentos orgánicos en América
    Itzel Duarte, Aline Lara Galicia y David Lagunas 36

11. Glosario 41

12. Bibliografía consultada o citada 44

PRESENTACIÓN

Basta con observar nuestro entorno para constatar que prácticamente todo tiene color. Durante miles de años, los colores han sido un medio importante para comunicar mensajes de nuestra cotidianeidad, evidenciar ciertos eventos específicos de la vida (unión en pareja, ritos de pasos a cierta edad), participar de rituales relacionados con la imitación o interacción con espíritus, así como en ceremonias de luto a los difuntos, entre muchos otros. En todas las culturas, el color ha servido para transmitir ideas, sentimientos y emociones.

Los pigmentos utilizados para producir color se encuentran en la naturaleza y su uso por parte de homínidos se remonta hace cerca de 450.000 años, aunque se tornan más comunes hace 150.000 años. Otros fueron colectados y manipulados (molidos, mezclados, calentados o alterados) para obtener el color o los tonos deseados, procesos que se fueron ampliando a lo largo de nuestra historia humana producto de la acumulación de conocimientos en el tiempo.

Los análisis científicos de los pigmentos en contextos arqueológicos han revelado una gran variedad de minerales utilizados para la fabricación de amplias paletas de colores, así como la "invención" de otros nuevos por parte de los grupos humanos, sumándose al uso de rocas y sedimentos, tintes obtenidos a partir de plantas, insectos o moluscos. Entre los colores más comúnmente empleados en la antigüedad destacan el rojo, negro y blanco. Más raros son los verdes, azules, violetas, amarillos, entre otros.

Desde el Paleolítico Superior, se hacen patentes diversas formas de utilización de pigmentos minerales. Con el tiempo, estos usos permanecen y se diversifican. La prehistoria y la arqueología dan cuenta de ello, por ejemplo, con evidencias en ofrendas fúnebres o representaciones pintadas al interior de cuevas. Otras sociedades humanas los emplearon para pintarse el cuerpo y así identificarse, dar sentido social a diversas prácticas simbólicas, cotidianas y rituales, o relacionarse con su entorno.

En lugares como Australia, África o Asia, distintas representaciones simbólicas fueron plasmadas a través de una gran diversidad de colores. Muchos de ellos incluso continúan utilizándose hasta nuestros días. En Mesoamérica, Andinoamérica y las regiones amazónica y patagónicas, entre otras, múltiples tradiciones culturales demuestran haber desarrollado sus propias técnicas para fabricar pigmentos (inorgánicos, orgánicos o sintéticos). Más aún,

en estas regiones, ciertas evidencias demuestran que estos fueron empleados por parte de los primeros pobladores del continente, desde hace 13.000 años en adelante en estas regiones.

La temática de esta publicación docente y de divulgación científica está dirigida a profesores, estudiantes, público interesado y personas vinculadas al mundo de la comunicación de las ciencias, a partir de los resultados alcanzados por estudios sobre pigmentos hallados en contextos del pasado o presentes de la humanidad. Ilustramos con ello información acerca de los conocimientos, usos, procesos de fabricación o elección de materiales, ya sea proveniente de materias colorantes minerales u obtenidas a partir de plantas, insectos y moluscos.

En este libro, entre otros, ampliamos nociones acerca del desarrollo de la arqueometría, como la ciencia que se encarga de identificar la composición química y física de pigmentos y colores, con ejemplos de Chile, Colombia y México. Precisamos la cromática de colores empleada en las manifestaciones rupestres presentes a escala mundial. Mostramos ejemplos del empleo de pigmentos en contextos megalíticos en Europa y de otras culturas del planeta a través del cinabrio. Aprendemos acerca de la "invención" de ciertos colores como el azul en distintas regiones del mundo y la América precolombina. Revisamos someramente el uso de colores por parte de algunos pueblos originarios de lugares distantes en el globo, que aún emplean en la actualidad la pintura corporal como una forma de identidad. Finalmente, nos adentramos en la utilización de ciertos pigmentos orgánicos empleados en la producción de textiles o como tratamiento medicinal en el continente americano.

Todas las referencias bibliográficas empleadas en los capítulos del libro se encuentran indicadas de forma general al final del trabajo, con el objetivo de proporcionar a los/las lectores, algunas referencias en torno al tema. Asimismo, ofrecemos la definición de ciertos conceptos indicados en el texto y comúnmente empleados en arqueología, antropología o los análisis arqueométricos.

Cueva de las Manos en Patagonia, Argentina. ©Edurivero (Getty Images). CC BY-NC. La utilización de colores, además de su singularidad pictórica, hacen de este patrimonio una expresión única a nivel mundial.

LA CIENCIA DE LOS PIGMENTOS

El pigmento es un material que, por sus propiedades físicas y químicas y dependiendo de su capacidad de reflexión o absorción, modifica el color de la luz[1]. Según su composición química, estos se pueden englobar en cuatro grandes tipos:

- Pigmentos inorgánicos, preparados a partir de minerales.
- Pigmentos orgánicos, originados de vegetales, insectos o animales.
- Pigmentos híbridos, que combinan materiales inorgánicos y orgánicos en su composición.
- Pigmentos sintéticos, es decir, producidos artificialmente al no existir en la naturaleza. Integran este conjunto, los obtenidos mediante calcinación, por ejemplo.

Los análisis de caracterización físico-química de los pigmentos significan el uso de variadas técnicas para precisar su composición elemental, mineralógica o molecular. Entre las más comunes se encuentran la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), las Fluorescencia y Difracción de Rayos X (FRX y DRX, respectivamente), entre otras. Es así como, por ejemplo, se ha evidenciado una amplia gama de minerales para la confección de variadas paletas de colores, empleadas distintamente en el mundo y a lo largo de nuestra historia humana. Algunos ejemplos de pigmentos comúnmente identificados son:

Goethita (FeO2). (Getty Images). CC BY-NC.

- Rojos: hematita (óxidos de hierro), cinabrio (sulfuro de mercurio) y ocres (arcillas con óxidos de hierro).

- Negros: minerales de manganeso (manganita, criptomelana, entre otros) o carbón de madera.
- Blancos: arcillas blancas (caolín), yeso (sulfato de calcio), hueso calcinado (apatita) o dioxidos de titanio (rutilo, anatasa).
- Amarillos: goethita (óxidos de hierro) o jarosita (sulfuro de hierro).
- Verdes: minerales de cobre (atacamita, crisocola, entre otros) o arcillas (tierras verdes).

Pulidor empleado en el procesamiento de pigmento, sitio arqueológico de la cordillera de la Costa en el desierto de Atacama - Proyecto ANID-FONDECYT 1190263. ©Marcela Sepúlveda.

La manipulación de estos pigmentos implica profundos conocimientos. Más allá de la simple colecta u obtención de los minerales se deben conocer los yacimientos, las formas de obtención y técnicas de procesamiento. Es así como manejaron variadas recetas para su preparación al mezclarlos con otros componentes para conseguir diferentes colores y tonos. Lo mismo ocurrió con los colorantes de origen vegetal o animal. Con el tiempo, las sociedades humanas comprendieron las formas de lograr la permanencia de las pinturas o tintes sobre los soportes pintados o teñidos, mediante el uso de aglutinantes o mordientes. En síntesis, utilizaron técnicas y saberes relativos a su producción, además de poseer otros artefactos o herramientas para ello, incluso para su almacenamiento y traslado.

Frente al análisis de pigmentos minerales, otras técnicas permiten precisar la naturaleza orgánica de otros colorantes fabricados a partir de plantas, insectos, moluscos tales como las cromatografías (de grasas o líquida), Espectroscopía de Masa (MS) o Raman, entre otros. Esto se observa en la caracterización de tintes empleados, por ejemplo, en la producción de textiles o pintura mural. Para mezclas complejas, híbridas o sintéticas, se suelen combinar variadas técnicas para así precisar los diferentes compuestos que las integran.

Análisis mediante Fluorescencia de Rayos X portátil en pigmentos de escultura en madera del Museo del Cobre en María Elena, Chile. ©Marcela Sepúlveda.

Reconocimiento de pintura rupestre con microscopio portátil. ©Judith Trujillo.

Imagen pág. 6. Sitio de extracción minera de pigmentos minerales de óxidos de hierro. Desierto de Atacama. Proyecto ANID-FONDECYT 1190263. ©Marcela Sepúlveda.

ARQUEOMETRÍA DE PIGMENTOS: OBSERVACIONES MICROSCÓPICAS

Son muchos los interrogantes que podemos hacernos cuando observamos por primera vez, por ejemplo, un panel de pinturas rupestres o un mural pintado. Nos preguntamos, cómo o cuándo se fabricaron o cómo pudieron conseguir que durarán tanto tiempo. Las poblaciones del pasado desarrollaron variadas tecnologías pigmentarias a partir de los conocimientos de los recursos naturales disponibles en su entorno. Estas sociedades identificaban, conocían y manejaban incluso distintas técnicas y métodos para su elaboración.

Con la arqueometría, los investigadores pueden precisar la naturaleza de los pigmentos de diferentes partes del mundo, ya que no siempre tienen la misma composición o no se aplicaron sobre el mismo tipo de roca, ni sufrieron los mismos procesos de deterioro. Esta subdisciplina, empleada en prehistoria y arqueología, también en la conservación o restauración de obras de arte, implica el uso de técnicas físico-químicas para caracterizar los diversos materiales y tecnologías del pasado[2]. Mediante estas técnicas analíticas, se puede realizar un estudio meticuloso de los minerales u otros compuestos eventuales, utilizando protocolos y metodologías muy precisas. Asimismo, es posible reconocer los factores que pudiesen alterar la conservación, por ejemplo, de pinturas rupestres u otro material que haya sido afectado por fenómenos naturales o daños humanos.

Galena (PbS) ©Pa1266. (Getty Images). CC BY-NC.

En primer lugar, es necesario precisar sus características físicas a través de instrumentos ópticos como microscopios. Luego, se deben realizar análisis de su composición química con la ayuda de técnicas que identifiquen los elementos y minerales presentes en los pigmentos y los procesos de preparación.

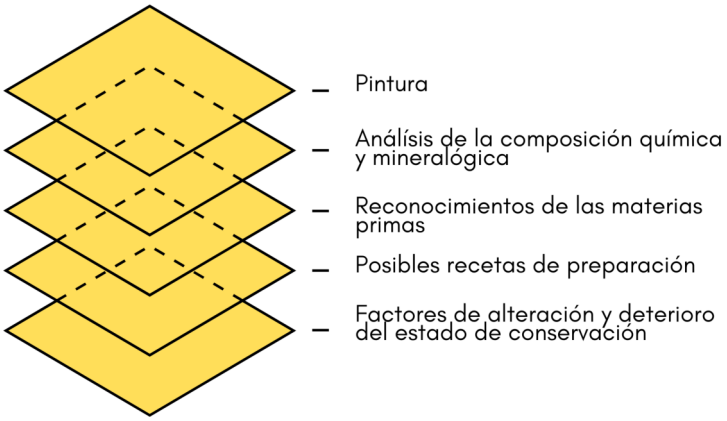
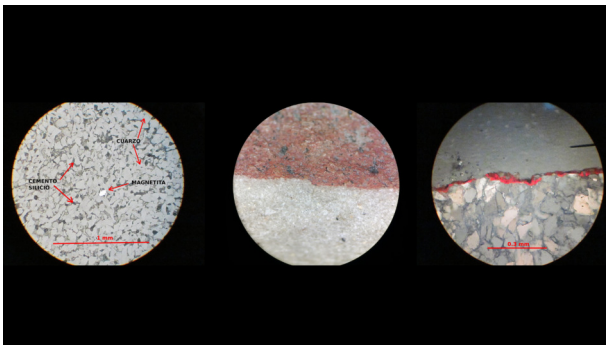


Diagrama de ejemplo que ilustra las diferentes etapas posibles de análisis relativos a pinturas minerales.©Judith Trujillo.

La observación microscópica de muestras de representaciones rupestres hace posible advertir, por ejemplo, su estratigrafía, es decir, diferencia el soporte rocoso, el recubrimiento de pintura y otros materiales superpuestos a la pintura. También podemos distinguir el tamaño y forma de los minerales que componen la roca, las áreas en donde existe mayor o menor coloración, eventuales superposiciones de capas pintadas y pátinas intercaladas o solapadas.



Imágenes de pigmentos rupestres vistas a través del microscopio de barrido. ©Judith Trujillo.

Con la ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB) a mucho mayor aumento (entre X1000 a X40.000, por ejemplo), las imágenes obtenidas muestran morfologías, tamaños, distribución y dispersión o concentración de los diferentes granos minerales u otros compuestos que componen cada una de las capas visibles por microscopio óptico.

Imagen pág. 9. Pinturas rupestres observadas a través de una lupa. ©Aline Lara.

El ANÁLISIS DE PIGMENTOS EN LA PRODUCCIÓN DEL COLOR

Conocer la naturaleza química y/o mineralógica de pigmentos permite avanzar en la comprensión del uso y producción del color por parte de las sociedades humanas pasadas o contemporáneas. La arqueometría aporta información complementaria sobre las prácticas cromáticas desarrolladas por distintas tradiciones culturales, sumando datos a los estudios descriptivos sobre la composición u organización de los colores sobre determinados soportes materiales.

Además de la microscopía óptica y el microscopio electrónico de barrido, se pueden utilizar otras técnicas como la espectroscopía Raman o Infrarroja (FT-IR), Difracción de rayos X (DRX) y Fluorescencia de Rayos X (FRX), entre muchas otras. Algunas técnicas portátiles pueden llevarse al campo para su aplicación. También se puede precisar el origen de los materiales colorantes minerales, empleando ciertas técnicas para precisar los elementos químicos trazas o huellas dactilares que las diferencian. Entre ellas, se encuentran la Activación Neutrónica (NAA), la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) y técnicas isotópicas, por ejemplo[3].

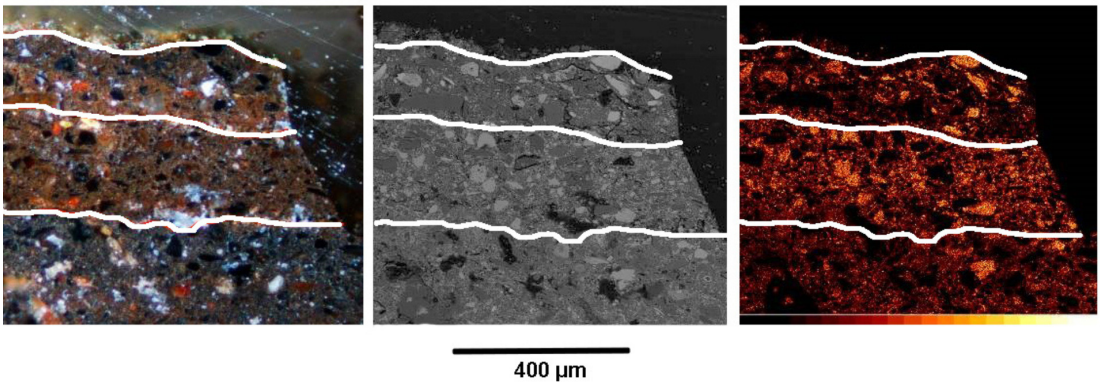
Piezas de ocre rojo. Un pigmento utilizado desde tiempos remotos. ©Savo74. CC BY-NC.

En el continente americano, el uso de pigmento se evidencia asociado a los primeros poblamientos en torno a los 13.000 años de antigüedad en adelante. Su empleo estaría en relación con el trabajo de cuero o madera, el arte rupestre, no pudiendo descartarse su utilización en la pintura corporal.

En el desierto de Atacama del norte de Chile, gracias a la excelente preservación de materiales arqueológicos se ha podido precisar, el uso de minerales para la producción de pigmentos y pinturas utilizadas en la cerámica, el arte rupestre, así como en variados objetos en fibra vegetal, madera y cuero, prácticas fúnebres, entre muchos.

Identificación de pigmentos con microscopio portátil. ©Marcela Sepúlveda.

Mediante la combinación de diversas técnicas analíticas en múltiples contextos arqueológicos se ha podido caracterizar la paleta de colores, evaluar sus cambios y permanencias en el tiempo, conocer los materiales empleados, así como su combinación en la preparación de las pinturas aplicadas en el arte rupestre.



Análisis de caracterización de pigmentos empleados en recubrimientos de momias de la tradición cultural Chinchorro del norte de Chile, con microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido. ©Sepúlveda *et al*., 2015.

Estos estudios han permitido, por ejemplo, identificar el uso de variados materias colorantes minerales como el óxido de hierro (hematita) para el rojo, carbón u óxidos de manganeso (criptomelana, manganita,...) para los negros, óxidos de hierro (goethita) y sulfatos de hierro (jarosita) para el amarillo, el yeso para el blanco y diversos minerales de cobre para azules y verdes. Esto último demuestra la íntima relación que tuvieron específicamente los habitantes del desierto de Atacama con el mundo mineral[4].

Sitio Mina "El Cóndor" con evidencia de sectores abocados al procesamiento de pigmentos de óxidos de hierro. Margen norte del río Loa, desierto de Atacama - Proyecto ANID-FONDECYT 1190263. ©Marcela Sepúlveda.

Imagen pág.13. Máscara de cuero de lobo marino pintada en policromía.
Sitio Los Verdes, costa sur de la ciudad de Iquique, norte de Chile.
Proyecto ANID- FONDECYT 1190263. ©Museo Regional de Iquique.

CROMATISMO EN LAS TRADICIONES RUPESTRES MUNDIALES

Los más antiguos testimonios del uso de pigmentos en la producción de pinturas rupestres datan de aproximadamente hace 40.000 años. Se les identifica en el sudeste asiático. Otros ejemplos se encuentran en Europa durante el Paleolítico superior, siendo Chauvet, Lascaux y Altamira, algunos de los ejemplos más conocidos.

Con el paso del tiempo, las sociedades humanas pudieron modificar el significado de las representaciones al igual que los materiales empleados. Se elaboraron distintas formas de preparación para su uso sobre diversos soportes: al interior de cuevas, abrigos o al aire libre, y arte mobiliar. Además del pigmento y su aglutinante, las características del sustrato de la roca, la luz del sol y otros fenómenos naturales, pudieron desempeñar un papel importante en la absorción de los pigmentos y su conservación posterior. Si bien, en distintos contextos a través del mundo fueron producidos a partir de materias primas similares, en cada caso pudieron ser preparados a partir de minerales presentes localmente o bien obtenidos a través de intercambios. Así mayoritariamente se han usado el rojo, negro y blanco. También se produjeron variados tonos de amarillo, rojo, naranjo y violeta a partir de óxidos de hierro.

Caolinita. Un mineral de arcilla utilizado para preparar pinturas blancas o empleado como base para ser combinada con otras materias colorantes (rojas o amarillas) y así, por ejemplo, aumentar la cantidad final de pintura obtenida o lograr mezclas más plásticas. ©RHJ. (Getty Images) CC BY-NC.

Los colores utilizados en gran parte del mundo fueron prácticamente los mismos. Y a

pesar de la infinidad de sitios rupestres en todo el planeta, parece ser que algunas temáticas se repetían. Entre ellas, se encuentran prácticas relacionadas con la fertilidad, rituales de edad, el poder, la medición del tiempo, las observaciones astronómicas, la caza, la pesca o formas diversas de interacción humano-animal. Todas ellas fueron ideas, experiencias y actividades que condujeron a sus autores a pintar en espacios cerrados o abiertos e incluso en plaquetas de caliza registrados en Europa, entre los 23.500 y 14.000. años[5]. Prácticas y significados que se mantuvieron por varios milenios hasta la actualidad.

En algunos lugares rupestres como en África o en Europa, se han localizado pinturas, en colores negro, rojo y blanco, realizadas con pigmentos mezclados con compuestos a veces orgánicos, y que permitieron la obtención de diversas tonalidades. Sorprende que en Indonesia, Asia, se hayan registrado pinturas en color púrpura[6].

Representación de pintura en color negro en la Cueva de Lascaux, Francia. (Getty Images). CC BY-NC.

En Australia, los investigadores observaron una intencionalidad de mezclar los colores rojo, blanco, amarillo y negro para la creación de tonalidades u otros colores[7]. Durante el siglo XX se incluyó un azul traído de Europa.

En América, la diversidad de pigmentos se ha obtenido a partir de minerales y probablemente de materiales orgánicos (insectos, moluscos y plantas). A pesar de que no se ha comprobado el uso de estos últimos en la pintura rupestre, si se ha podido identificar mezclas híbridas empleadas y en pintura mural mesoamericana o colonial.

Pinturas con mineral de ocre. La Lindosa, Colombia. ©Judith Trujillo.

Al norte de América, los colores fueron diversos dependiendo del periodo cuándo fueron pintadas estas expresiones simbólicas. Negros, rojos, blancos, amarillos, verdes, marrones y azules conforman la paleta de colores de esta región. Mientras que al sur del continente destacan, más abundantemente, los amarillos, negros, rojos, azules y blancos. Se sabe que las poblaciones antiguas usaron variadas combinaciones de minerales para producir diversas tonalidades de colores.

Actualmente muchas poblaciones de pueblos originarios en Australia, México o la Amazonía siguen pintando y realizando ceremonias en los lugares rupestres, asociadas a mantener las historias que se reflejan en estas impresionantes expresiones pictóricas.

Representación antropomorfa pintada con pigmentos blancos. Hidalgo, México. ©Lara Galicia.

Imagen pág. 17. Uso de distintos colores en un conjunto rupestre de Bushmen, Sudáfrica. ©Nico Smit. CC BY-NC.

CINABRIO: EL PRECIADO “ORO ROJO”

El polvo rojo de cinabrio es la base para producir uno de los pigmentos más excepcionales y brillantes conocidos, siendo utilizado desde tiempos remotos. Este mineral, compuesto por sulfuro de mercurio (HgS) es poco frecuente en la naturaleza. Estas particularidades lo convirtieron en una materia prima excepcional con un importante carácter simbólico y exclusivo, lo que propició que generalmente fuera utilizado por las élites.

Cinabrio (HgS). ©Estellez. CC BY-NC.

Las evidencias más antiguas del uso de este pigmento se remontan al IX milenio a.C., en Kfar Hahoresh, en Israel, donde se encontraron cráneos modelados en los contextos funerarios. Esta práctica no es un hecho aislado ya que hay constancia del uso del cinabrio en enterramientos hallados en todo el mundo y de cronologías muy diversas, por ejemplo, la decoración encontrada en tumbas de la élite de Teotihuacán[8], México, así como en distintas ciudades mayas, o la tumba de la “Reina Roja” en Palenque, Chiapas, fechada entre el 600 al 700 después de Cristo[9]. En Sudamérica, recientes síntesis demuestran su uso desde hace más de 4.000 años[10]. En Lambayeque, Perú, se ha identificado cinabrio en máscaras de oro. En murales de la cultura moche en Pañamarca, entre el 200 y 600 d.C., también hay evidencias del cinabrio como pigmento mural[11].

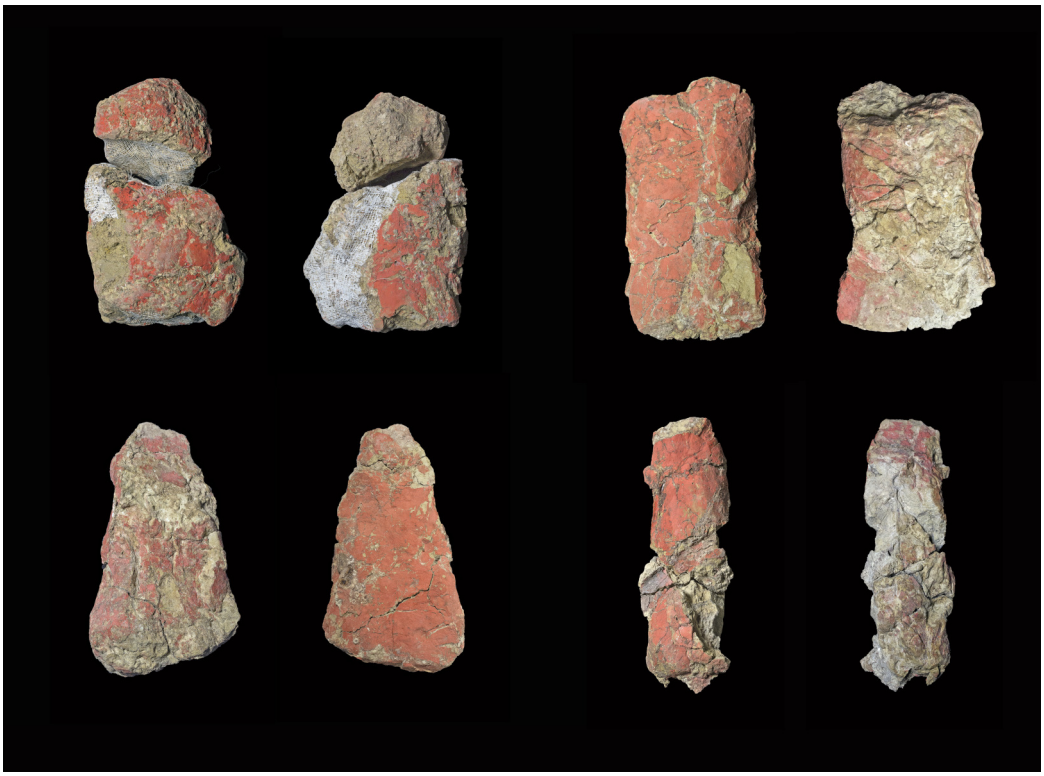
En la Península Ibérica existe una extensa evidencia del uso del cinabrio. Uno de estos

antiguos registros de sitios con evidencia del uso de cinabrio es la Cova de l´Or, Valencia, donde se ha encontrado pigmento de cinabrio dentro de una concha marina (*Glycymeris sp*.) con una fecha de uso desde el Neolítico Inicial (VI milenio a.C. Aparece también en la Cueva de Los Murciélagos, Zuheros, y en Peñacalera, ambos en Córdoba, España.

Detalle de la capa brillante de pigmento rojo que cubre las lajas del corredor de acceso a la Cámara Grande del Tholos de Montelirio. ©Fernández Flores y García Sanjuán, 2016.

Polvo rojo de cinabrio esparcido sobre huesos humanos y cuentas perforadas en la Cámara Grande del Tholos de Montelirio. ©García Sanjuán, 2016.

En el sitio calcolítico de Valencina de la Concepción–Castilleja de Guzmán en Sevilla, España, el cinabrio tiene un protagonismo especial en el Tholos de Montelirio (entre 3.200 y 2.300 a.C.). Un monumento megalítico donde destaca la presencia del brillante e intenso pigmento y polvo rojo por todo el espacio funerario. Se encuentra decorando grandes lajas de pizarra, en pequeñas figurillas antropomorfas de arcilla y dispersado abundantemente sobre los ajuares y los cuerpos de las personas allí enterradas. También, en la cercana tumba megalítica de la "Señora de Marfil" se ha encontrado polvo de este mineral esparcido en el espacio funerario[12].



Betilos (figuras antropomorfas) de barro no cocido (secos al sol) cubiertos de cinabrio. Tholos de Montelirio. ©Fernández *et al*., 2016.

Es muy probable que el cinabrio se utilizara también para el adorno corporal. Aunque no sea posible comprobarlo a partir del registro arqueológico disponible, estudios etnohistóricos confirman, por ejemplo, su uso como pintura corporal por los Incas en Sudamérica.

Toda esta manipulación del cinabrio (extracción, trituración, molienda, tamizado, preparación de pigmentos. . .) implicaría que las personas estuvieron expuestas al mineral y a sus componentes, como el mercurio (Hg), que es una sustancia tóxica[13]. Recientemente se ha abierto una nueva línea de investigación para estudiar el nivel de mercurio en el registro óseo de estos individuos y evaluar su posible interacción, durante varios miles de años, con una de las sustancias más complejas y fascinantes de la naturaleza.

Imagen, pág. 21. Máscara funeraria Lambayeque, Perú, con pintura roja a base de cinabrio, hallada en un contexto funerario del sitio arqueológico de Batán Grande.
©Sican123. CC BY-SA 4.0.

EL AZUL EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD

El ser humano desde tiempos inmemorables ha tratado de reproducir materialmente el mundo que le rodeaba. En su afán por ello, ha atribuido determinadas características a estos materiales para referirse a los fenómenos o elementos naturales que participan activamente en la vida humana. En otros casos, les ha empleado para representar ciertos valores o sucesos que no tenían lugar en el plano terrenal o que estaban teñidos de misticismo y simbolismo, como pueden ser la guerra, la muerte, el bien y el mal o el plano divino. El azul fue por ello uno de los colores más deseado y buscado, de ahí el interés por reproducirlo o recrearlo.

El pigmento azul ha sido, a lo largo de la historia y antes de la Revolución Industrial en el siglo XIX, uno de los más difíciles de conseguir. Este color puede obtenerse a partir de materias primas naturales, minerales como atacamita, lapizlazuli, cobalto, azurita y lazurita; plantas como el índigo, las flores de *Matlaxochitl* o la *Genipa americana*; así como la mezcla de minerales y plantas o moluscos, como el gasterópodo *Hexaples trunculus* o el *Concholepa concholepas*, como es el caso en el "azul maya". También se puede obtener de forma sintética, como en los casos del "azul egipcio" o el "azul de Prusia".

Especimen del gasterópodo *Concholepas concholepas*. ©Museum National d'Histoire Naturelle, Francia. CC 4.0.

Algunas evidencias que refieren a este color se encuentran en Mal'ta (Siberia, Rusia) durante el Gravetiense (19.000 a 23.000 a.C), donde se empleó el cobre de un yacimiento local para decorar con pigmentos azules y verdes figurillas antropomorfas fabricadas en marfil[14].

Bol con pigmento azul que se conserva en en el Laboratorio di Ricerche Applicate del área del Vesubio. ©Pompeiisites. CC BY-NC.

En las Cuevas de Dunhuang Mogao (Gansu, China), construidas a partir del 366 d.C., se decoraron 45.000 m2 de pinturas murales con distintos pigmentos. En este contexto, el azul fue obtenido del lapislázuli o de la azurita[15].

Pintura mural de El Buda entre los reyes celestiales Vaisravana y Virudhaka. Cuevas de Mogao-Dunhuang-Gansu-China. ©R. Weisswald. (Getty Images). CC BY-NC.

En otros lugares como Ugarit (Siria), durante el Bronce Final (entre 1.250 y 850 a.C.) se desarrolló el comercio de tejidos exóticos, sobre todo en lana, con distintos pigmentos, entre los cuales destaca el azul obtenido del lapislázuli, el cobalto y el índigo; así como el "púrpura azul" del gasterópodo *Hexaples trunculus*[16].

En Egipto se elaboró el "primer pigmento sintético", el "azul egipcio": una mezcla de óxido de cobre, sílice, carbonato de calcio y alcalí. Este se utilizó en tumbas, pinturas murales, vasijas, estatuillas, o papiros[17].

Escena pictórica que representa el reinado de Ramses II, donde el escultor *Ipuy* y su esposa reciben ofrendas, y donde se observa el azul egipcio. ©Norman de Garis Davies. Cortesía del Metropolitan Museum. CC BY-NC. Tratada digitalmente por Aline Lara.

En Ilkhanid (Yazd, Irán) entre los años 1.251 a 1.335 d.C., se identificó el uso de un colorante azul elaborado a partir de la azurita (óxido de cobre), en las paredes decoradas de las escuelas o Madrasas medievales[18]. Se utilizó también como tinta en los escritos del Corán o en la arquitectura de Mezquitas, dado que este color es considerado sagrado para las sociedades musulmanas[19].

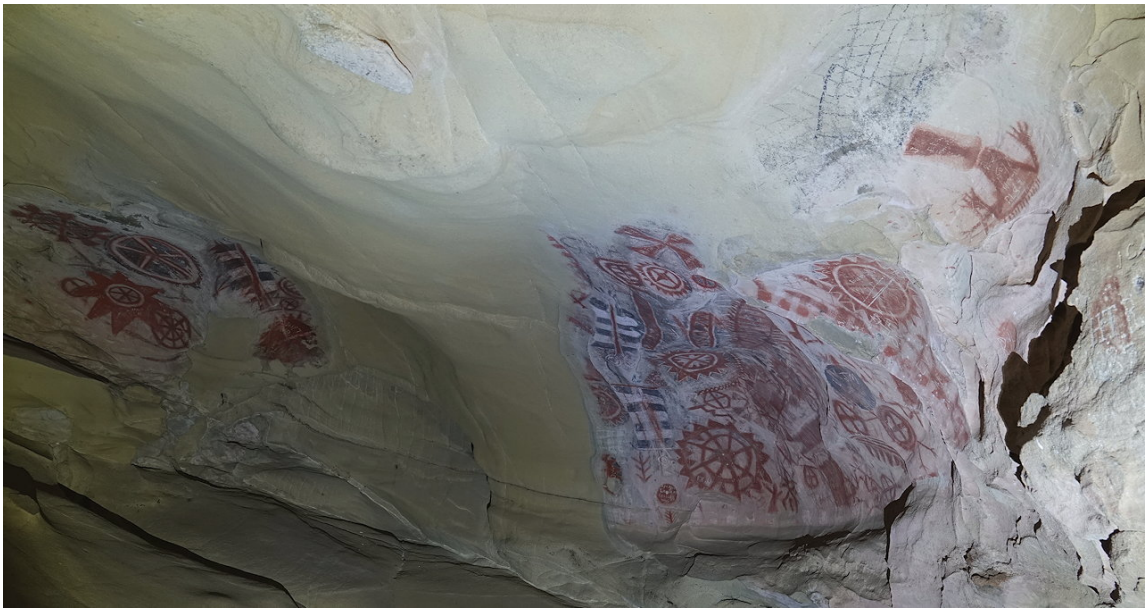
Pigmento azul en la decoración de un Corán. ©Rich Delia. CC BY-NC.

En Segovia (España), en el Abrigo Remacha, se documentaron pinturas rupestres de hace 4.000 años con un pigmento azulado realizado con carbón amorfo y un sulfato de hierro, conocido como paracoquimbita[20].

Para la época andalusí entre los siglos VIII al XV, en la Península Ibérica se utilizó un colorante obtenido de diversas materias primas como el lapislázuli, la azurita y el índigo para decoraciones de elementos arquitectónicos. El índigo, además, fue empleado en manuscritos.

A finales de la década de 1920, en el Parque Nacional de *Kakadu*, en Arnhem occidental, Australia, los aborígenes empezaron a utilizar el "azul lavado" -*blue laundry*-, un tinte introducido por los europeos. Este fue utilizado también para crear manifestaciones rupestres con vibrantes tonos azules[21].

En Norteamérica, en el centro sur de California, se han localizado restos de un color azul en las pinturas rupestres *Chumash*, en la "Reserva de los Lobos del Viento". Este se caracteriza por ser un "azul visual" -*blue boy*-, resultado de la combinación de pigmentos negros y blancos o grises[22]. Las manifestaciones rupestres de los Chumash son consideradas de una gran riqueza pictórica así como de su significado simbólico en la región[23].



Pinturas rupestres en la Cueva Chumash. ©John Willet. CC BY-3.0.

Imagen, pág. 26. Pigmento de Xylindein en la madera producido por el hongo de *Chlorociboria aeruginascens*. ©Getty Images. CC BY-NC-SA.

EL AZUL EN LA AMÉRICA PREHISPÁNICA

Una de las regiones que presenta la mayor abundancia del uso de pigmento azul de todo el continente americano, abarca desde México hasta Costa Rica. Esta distribución coincide con la presencia de plantas del género *Indigofera* que permiten la obtención el color índigo o añil. El tinte obtenido de esta planta fue utilizado para ilustrar códices prehispánicos, teñir telas, pintar cerámicas y espacios o monumentos arquitectónicos, como estelas y templos[24].

Estatuilla masculina de cerámica pintada con azul maya. Jaina. ©AWLA LACMA. CC BY 2.5.

Los mayas fueron la cultura que utilizó y distribuyó en la mayor parte de América el color azul entre los siglos VI al XVI. Único en el mundo, el "azul maya" fue el primero producido de manera híbrida, no sintética, pues aprovecharon las características absorbentes de la arcilla blanca, conocida como *sak tu'lum*, cuyo origen mineral proviene de la atapulgita y saponita, para fijar en ellas el tinte azul de la planta del índigo, que en lengua maya es nombrada como *ch'oh*[25].

La cultura teotihuacana se desarrolló al noreste del Valle de México entre el año 100 a.C. al 650 d.C. El pigmento azul usado por esta tradición tenía dos procedencias, una mineral y otra orgánica. En el primer caso el pigmento se obtenía de la azurita, que solía mezclarse con malaquita para darle un tono verdoso. Otros minerales que dan origen a este color son la pirolusita y la mezcla de esta con yeso y/o cal y el sulfato de cobre. Además, estudios sobre restos materiales de Teotihuacán

evidencian la elaboración de este color a partir de negro de hueso, manganita y hallosita[26].

Pintura mural con azul maya del sitio de Bonampak. ©Mofles (Getty Images). CC BY-NC.

Junto con la arquitectura, en Mesoamérica se ha podido evidenciar la presencia de pigmento azul dentro de un contexto funerario en el yacimiento arqueológico de Templo Mayor, en la plaza principal de la actual ciudad de México. Tres cráneos fueron localizados con pintura negra en la parte superior y azul en la inferior. Mientras que otro cráneo fue pintado de azul por toda el área facial, y después tapada por otra capa de rojo con dos círculos azules[27].

Textil arqueológico del sitio Pica-8 asociado al período Intermedio Tardío (1.100-1450 d.C.), región de Tarapacá, norte de Chile. ©Marcela Sepúlveda.

En los Andes de Sudamérica, Los Paracas, Nasca y otras culturas anteriores y posteriores, también emplearon el pigmento índigo o añil proveniente de la especie *Indigofera suffruticosa*, para teñir sus textiles. Los tejidos de los Nasca son magníficos registros arqueológicos de esta cultura debido al buen estado de conservación en el que se encuentran. En cierto modo la cultura Nasca continúa la tradición textil de los Paracas, sus antecesores[28], igualmente caracterizadas por una impresionante policromía.

Tras la llegada de los españoles y la posterior colonización se empezaron a explotar los recursos que ofrecía la nueva tierra. Así se instauraron entre los siglos XVII-XVIII los principales centros de producción de añil para la tintura de textiles: alcaldías mayores de San Salvador y San Vicente, y Gobernación de Nicaragua[29]. Además de la *Indigofera*, durante el México colonial se extrajeron, gracias a los conocimientos indígenas, los tintes azules de

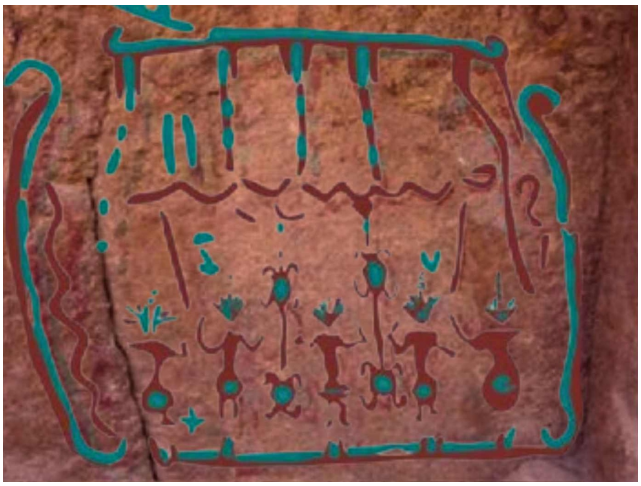
la *matlaxochitl*, con el fin de dar color azul a los alimentos como algunos dulces[30].

También, se encuentra el color azul en distintas tradiciones y sitios arqueológicos del área andina. Por ejemplo, se le menciona en el yacimiento de Humahuaca Inca[31], donde se registraron diversos pigmentos, entre ellos el azul, en restos funerarios y de ofrendas.

En regiones como el desierto de Atacama las minas de cobre fueron explotadas desde alrededor 2.000 a.C. para la producción metalúrgica y lapidaria. No obstante, diferentes minerales de cobre fueron también identificados en la producción de arte rupestre y pinturas aplicadas sobre diversos objetos de cuero, madera y calabaza, asociados a contextos entre 600 y 1.550 d.C. Esta abundante producción sustentó una red de intercambio de pigmentos y pinturas de cobre[32].

Otros usos del color azul se vinculan a la presencia de tatuajes, como en el caso de la Señora de Cao, un caso particularmente emblemático, ya que cubren varias partes de su cuerpo. Para ello se utilizaron pigmentos naturales a base de óxido de hierro[33].

Indigofera suffruticosa o añil. Planta de la que obtiene el tinte azul. ©PlntNet. CC-BY-SA.



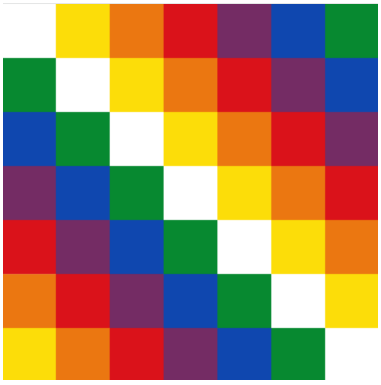
Pinturas rupestres en color azul y rojo del sitio Incahuasi Inca, cuenca río Salado (Desierto de Atacama). ©Cabello *et al*., 2022.

Imagen pág. 30. Mascarón maya con decoración en diversas tonalidades del pigmento azul maya. ©Mardoz. CC BY-NC.

EL SIMBOLISMO DE LOS COLORES EN EL CUERPO HUMANO

La conciencia y la sensibilidad cromáticas forman parte del desarrollo y la naturaleza del pensamiento humano. El simbolismo del color ha sido parte de la expresión de la evolución humana. Cada cultura atribuye significados a los colores, y su utilización es una forma de comunicación humana crucial para manifestar ideas, sentimientos o emociones, lo que nos diferencia en gran medida de los animales.

Todos los seres humanos ven los mismos colores y existe una gama básica que se conocen como los cinco "buenos" colores[34]: blanco, negro, rojo, verde y amarillo. No obstante, en la mayoría de las sociedades humanas, la lista se eleva a siete, sumando el azul y el marrón.



La *wiphala* es una bandera cuadrangular de siete colores, empleada por los pueblos originarios de Sudamérica. Dominio público.

Los significados de los colores pueden ser diversos dependiendo de cada cultura, y siempre reflejan la mentalidad de un grupo o un pueblo, así como sus creencias. Por lo mismo es más difícil conocer e interpretar el sentido de los colores en el caso de las sociedades prehistóricas. En estos casos, podemos llegar a comprender el simbolismo de los colores mediante una cuidadosa consideración al contexto asociado o apelando con prudencia a la experiencia humana común. La comparación etnográfica muestra interesantes semejanzas y diferencias para sugerir posibles significados de los colores.

Cada color puede tener una interpretación: el rojo puede recordar la sangre y puede ser asociado, por ejemplo, a la fertilidad. El blanco puede ser sinónimo de pureza, bondad y hacer referencia a temas de salud; mientras el negro se asocia comúnmente a la muerte,

brujería, esterilidad o malos augurios[35].

En algunas poblaciones indígenas, el color puede representar poder o asociarse a algún tipo de ritual. ©Vincent Tan (Pexels). CC BY-NC.

El poder del color se aprecia en los pueblos cazadores recolectores como los *Onges*, de las Islas Andamán (India, Océano Índico). Ellos obtienen una arcilla blanquecina, proveniente de los hormigueros, con la cual se identifica el clan al que se pertenece y, a la vez, aplicada sobre el cuerpo, les permite defenderse de espíritus que suelen ser "caprichosos que con su ira podría provocar tormentas, rayos y sequías"[36]. Son las mujeres las encargadas de cubrir todo el cuerpo, tanto de hombres como de mujeres, de estas poblaciones[37]. Realizan dibujos esquemáticos, que consisten en líneas paralelas o en zig-zag, cuya finalidad es despistar y engañar a los espíritus de las tormentas. Mediante las

Mujer himba con pintura corporal. ©Gusjer. CC BY 2.0.

pinturas corporales la mujer otorga también identidad a su esposo.

Ciertos colores entre la población *Ndembu* de Zambia (África) son muy importantes para señalar el paso a la edad adulta o estatus asociado con el poder. Se utilizan pinturas corporales para diferenciar a las personas poderosas y destacadas en actvidades como la caza o la recolección, pero también para atraer o defenderse de los espíritus, o de otras tribus[38]. Para los *Himba* de Namibia, en África, el color rojo-ocre enuncia pertenencia a una comunidad frente a otras[39].

Los pueblos aborígenes de Australia han utilizado ocres rojos y amarillos en sus pinturas corporales para danzas ceremoniales, en las cuales adoptan la personalidad, la fuerza y el poder de sus ancestros.

Pintar los cuerpos en numerosas culturas hace a las personas parecer distintas[40]. Algo similar a nuestros cosméticos. Pero la dimensión artística y espiritual siempre ha sido más importante en estas otras sociedades porque los colores transmiten mensajes muy valiosos. Los chamanes se pintan el cuerpo para realizar ceremonias en las que se comunican con espíritus para que puedan hacer llover o curen las enfermedades en África, Australia y Oceanía. En algunas poblaciones indígenas los colores son un símbolo de identificación como grupo o se utiliza para algunas ceremonias rituales al pasar de una edad a otra.

Hombre del pueblo guaraní con pintura corporal. ©F.G. Trade (Getty Images). CC BY-NC.

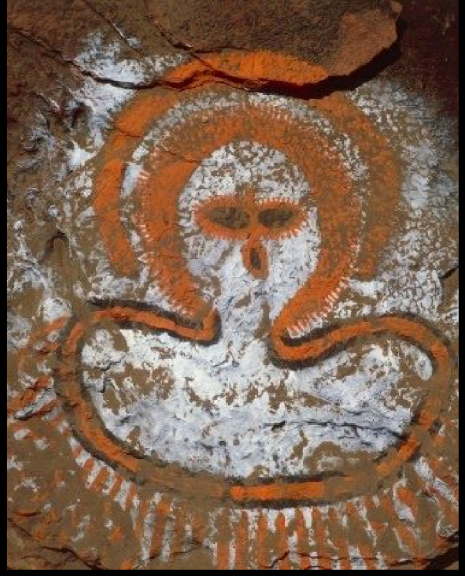
Varias mezclas obtenidas para pintura corporal poseen propiedades específicas que contribuyen a proteger la piel frente a rayos ultravioletas o bien repeler ciertos insectos, entre otros usos. También existen referencias etnográficas en algunas comunidades que indican que ciertos pigmentos o tierras de colores pueden ser consumidos para curar ciertas enfermedades o malestares.

A fin de cuentas, el color en las sociedades humanas es un símbolo universal. Todo lo

que un individuo vive, piensa y hace a lo largo de su vida se basa también en la capacidad y propiedades de las distintas materias empleadas. Por eso los colores poseen significados diferentes en cada cultura al comunicar mensajes de variada naturaleza. Estos resultan muy relevantes para la vida social de las poblaciones humanas.

Difrentes individuos con pintura corporal. ©Rita Willaert, ©Riccardo Parretti (Pexels y Getty Images). CC BY-NC 4.0. Tratadas digitalmente por Lara Galicia.

Imagen pág. 35. Ejemplo de pinturas faciales en pinturas rupestres y diversas tradiciones culturales a través del mundo. (1) ©Marcelo Silva; (2)(11) ©Entropy; (3) ©Fredox Carvalho; (4) ©Filipe Frazao; (5) ©Jeremy del Rosario; (6) ©Chaly al Vito; (7) ©Jeremy del Rosario; (8) ©Lucas Vinícius Pontes; (9) ©filipefrazao; (10) ©R. Weisswal; (12) ©Leni Riefenstahl). CC BY-NC.



EL USO DE PIGMENTOS ORGÁNICOS EN AMÉRICA

Caracol Púrpura. ©SEMARNAT. CC BY-NC.

Son diversos los pigmentos orgánicos utilizados por pueblos originarios del continente americano. Estos son extraídos de insectos, moluscos, plantas y flores[41].

Uno de ellos es el caracol púrpura pansa *(Plicopurpura pans)*, un molusco gasterópodo marino de la familia Muricidaee que habita en la costa del Pacífico desde Baja California, en México y hasta el Perú[42]. Se encuentra sobre todo en la tradición textil desarrollada en el estado de Oaxaca, México. Este singular molusco proporciona un tinte inigualable y duradero. Actualmente, se encuentra en peligro de extinción.

Las fuentes históricas de siglo XVI en Mesoamérica, describen la planta *xiuquilith* o *Justicia spicigera* que se mezclaba con una especie de cítrico para teñir fibras en la producción textil[43]. A ese color se le denomina "azul de mata" y su uso se amplia hasta Costa Rica, donde los indígenas *borucas* conocen muy bien esta planta, pues de ella producen diversas tonalidades en verdes y azules[44].

La *sakatinta* o *muicle* es un arbusto de flores anaranjadas que produce unos frutos de los que se extrae pigmento azul, actualmente utilizada en poblaciones indígenas *Tz'utujil* y *Mam* de Guatemala y sur de México[45].

La *Genipa americana* del Amazonia es conocida comúnmente como *jagua* o *huito*. Es otro árbol pequeño que tiene un color negro índigo y posee tal capacidad de fijación

–similar a la henna– que ha sido usado desde siempre por las comunidades *Emberá*, *Tsáchila*, *Canelos kichwa*, o *Tikuna*, como pintura corporal. El extracto del fruto de jagua tambien tiene características medicinales y tintóreas[46].

La flor *Justicia spicigera* ©Phipps. Conservatory, Pittsburgh. Hilado en color azul derivado del *xiuquilith* ©Alberto Buscató. CC BY-NC.

Otra planta empleada en Mesoamérica es el achiote, una semilla que se extrae del arbusto *Bixa orellana*. Su color es anaranjado-rojo y se utiliza para teñir y también como alimento. Su nombre viene del náhuatl *aāchiyōtl* y es nombrada en otros países como *anato* u *onoto*[47].

Textil teñido de achiote. ©CCAC. CC BY-NC.

La flor de *Cempohualxóchitl*, conocida como Cempasúchil o Tagete, es originaria de México y su nombre proviene de la lengua náhuatl y significa “veinte flores” o “varias flores”. Su color amarillo se utiliza para teñir textiles, elaborar insecticidas y hasta como medicamento[48].

Entre los *Guaraníes* utilizan el líquen *Cryptothecia rubrocincta*, que después de ser mascado para extraer un negro azulado, se mezcla con el árbol *Genipa americana* para crear una variedad de colores a modo de pintura corporal[49].

Liquen *Cryptothecia rubrocincta*. ©Nathan Laurenz. CC BY-NC.

En Meso y Andinoamérica también existen otros tintes en color rojo o carmesí como lo es la grana cochinilla, un insecto de la familia *Dactylopius coccus*. En lengua náhuatl a este insecto se le conoce como *nocheztli*, que significa *nochtli* (tuna) y *eztli* (sangre)[50]. Es considerado como un parásito o plaga que se aloja en los arbustos del tipo *Opuntia*, conocidos como chumbera, penca o nopal.

La flor de *cempohualxóchitl* o cajete. CC BY-NC.

Las hembras son las que producen un ácido cárnico al alimentarse de la savia del nopal, este se aloja en su cuerpo en forma de líquido que pigmenta en color carmín. De este pigmento se puede extraer hasta 600 tonos cambiando su acidez, al ser mezclado con otros productos tales como plantas y otros minerales[51]. El nombre de grana fue dado durante la Colonia, tras la conquista en América, ya que algunos creyeron que era una semilla de un vegetal[52].

En el siglo XVI, este tinte fue el segundo producto más importante exportado a España y Europa, tras la plata y otros minerales. Fue un pigmento también utilizado en el arte. Van Gogh, Rembrandt, así como otros artistas mundialmente conocidos, aprovecharon la grana cochinilla para pintar sus cuadros más famosos. En las Bellas Artes también se le conoce como el "rojo mexicano"[53].

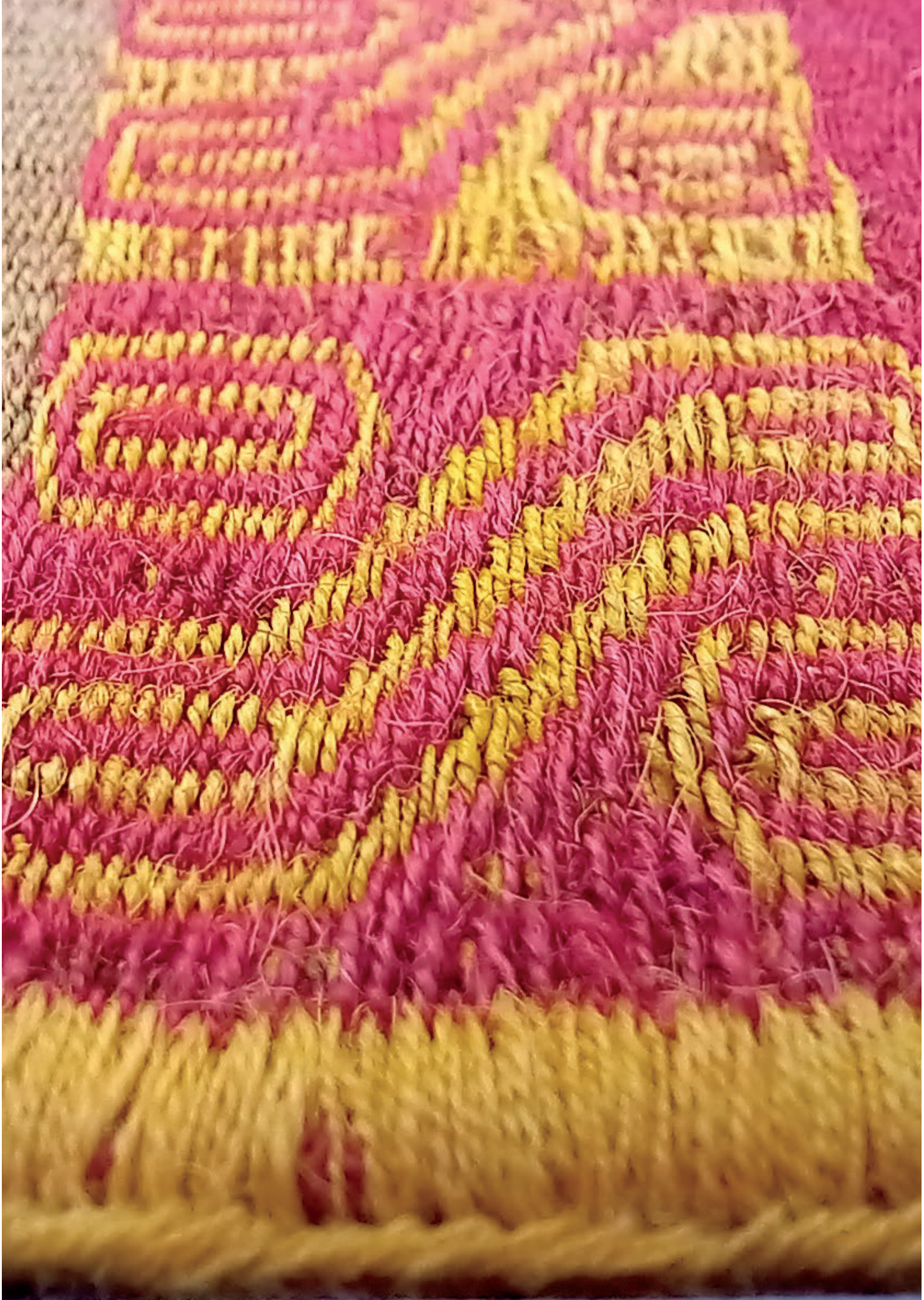
Actualmente en América Latina, la grana cochinilla está siendo sustituida por rojos sintéticos en textiles por una simple razón: al considerarse una plaga, los insecticidas están acabando con ella. Además de que los tintes químicos son mucho más baratos. Sin embargo, recientemente se ha retomado su uso en la industria cosmética al ser un producto sustentable, no nocivo y no contaminante para el medio ambiente[54].

Nopal o chumbera con grana cochinilla. ©Lara Galicia.

Otras plantas, insectos y moluscos fueron también empleados en Sudamérica para una amplia producción de tintes empleados en la industria textil[55]. Muchos perduraron hasta la época colonial[56] en textiles, pero también en la pintura mural que cubrió diversas iglesias a partir del siglo XVII.

Dibujos de José Antonio de Alzate y Ramírez (año 1777). ©Newberry Library: Vault Ayer MS 1031. CC BY-NC.

Imagen pág. 40. Detalle de Acsu del sitio de Pachacamac, al sur de Lima, Perú.
Museo de Sitio y Santuario Arqueológico de Pachacamac.
Proyecto ANID-FONDECYT 1230858. ©Marcela Sepúlveda.



GLOSARIO

Definición de algunos conceptos comúnmente empleados en arqueología, antropología o los análisis arqueométricos[57]:

Abreviaturas a.C y d.C. Se utilizan como forma de expresar una fecha. Las siglas a.C. es un dato usado por convención, expresado en la escala cronológica solar y que tiene su origen en el año del nacimiento de Cristo y que comprende los años en sentido contrario al tiempo. Las siglas d.C. refieren a una fecha absoluta[58].

Activación neutrónica: Método de determinación cualitativa y cuantitativa de elementos basado en la medición de la radiación. Las muestras que pueden analizarse con este método proceden de distintos campos, como la medicina, la nutrición, la biología, la química, la ciencia forense, el medio ambiente y la minería[59].

Aglutinante: Sustancia o elemento que reacciona como cohesivo o endurecedor del pigmento en diversos soportes como por ejemplo en la roca.

Análisis isotópico: Mediciones de las cantidades de isótopos en un elemento químico dado, integrante de un mineral o compuesto. Realiza una comparación de las proporciones de isótopos entre diferentes materiales[60].

Barrido: En Física, es el proceso electromagnético por el que un dispositivo explora, de manera continua, un espacio con el fin de obtener información. En arqueometría, se dice cuando, por ejemplo, un haz de electrones pasa sobre una muestra en varias ocasiones, desplazándose, y obteniendo así distintos tipos de resultados expresados mediante imágenes o espectros químicos.

Cromática: Perteneciente o relativo a los colores.

Cromatografía: Método de análisis químico para la separación de los componentes de una mezcla. Se emplea, en particular, en el análisis de pigmentos orgánicos. Existen técnicas diferentes para separar estos compuestos como la cromatografía de gases (CG) o la cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC), entre otras.

Difracción de rayos X (DRX): Técnica de laboratorio que permite precisar la composición mineralógica a partir de la caracterización de la estructura cristalina, el tamaño de los cristales, la deformación de redes, la orientación preferida y el espesor eventual de las capas[61].

Espectroscopía: Técnicas que permiten caracterizar las moléculas o partes de ellas en función de una masa o de la relación masa-carga. Son técnicas que proveen información de su composición molecular. Con ellas se pueden realizar la identificación de sustancias tanto orgánicas como inorgánicas.

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR): Metodología que se emplea para comprender la estructura de las moléculas individuales en una composición. Se usa sobre todo en materiales de origen orgánico, como el ámbar, pigmentos, huesos, entre otros[62].

Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS): Es una técnica de análisis multielemental que permite determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica a nivel de traza[63].

Fluorescencia de rayos X (FRX): Técnica analítica elemental que se puede utilizar para determinar la composición química de una amplia variedad de tipos de muestras, entre los que se encuentran sólidos, líquidos, lodos y polvos sueltos[64]. Mediante un espectro y eventualmente su cuantificación permite precisar la presencia de los distintos elementos químicos presentes en una muestra.

Microscopía: Conjunto de métodos para la investigación por medio del microscopio.

Microscopía de Barrido (MEB): Técnica que permite obtener, mediante la interacción entre un haz de electrones y un material, imágenes de la topografía de una muestra o fragmento de material a analizar a gran aumento, entre x200 hasta x80.000, por ejemplo. Acoplado a un sistema de Detección por Dispersión de Energía (MEB-EDS) se obtienen espectros químicos de los elementos presentes en una muestra, así como una imagen por contraste químico.

Pátina: Carácter indefinible que con el tiempo adquieren ciertas cosas. Especie de barniz, tono, que da el tiempo a las pinturas u objetos antiguos.

Ritos de paso: Conjunto de reglas establecidas para el culto y ceremonias religiosa. Son aquellos por medio de los cuales los seres humanos viven un cambio en su posición social o el paso de una edad a otra[65].

Notas

[1]Ball, 2002
[2]Trujillo, 2021
[3]Sepúlveda y Wright, 2018
[4]Sepúlveda *et al*. 2023
[5]Roldán *et al*., 2016
[6]Nurdini, 2020
[7]Thorn, 2014
[8]Gazzola, 2009
[9]Vela, 2018
[10]Young y Kaplan, 2023
[11]Young y Kaplan, 2023
[12]García Sanjuán *et al*., 2016
[13]Gerke, 2021
[14]Lbova y Volkov, 2017
[15]Chen, 2020
[16]Álvarez García, 2020
[17]Agustí Torres, 2022
[18]Mohtasham y Samanian, 2017
[19]FUNCI, 2012
[20]Iriarte *et al*., 2013
[21]Powell, 2002
[22]Beford *et al*., 2018
[23]Penney, 2004
[24]Cabezas, 2005
[25]Magaloni, 2001
[26]Ejarque, 2017; Puertolas *et al*., 2023
[27]Ejarque, 2017
[28]Fester y Cruellas, 1934; M. Precolombino, 2006
[29]Cabezas, 2005
[30]Castelló, 1996
[31]Cremonte y Gheggi, 2012
[32]Sepúlveda *et al*., 2014
[33]Vásquez *et al*., 2013
[34]Berlin y Key, 1969
[35]Roberson *et al*., 2006
[36]Pandya, 1993
[37]*ídem*
[38]Turner, 1990
[39]Giner, 1998
[40]Fiore, 2006
[41]Fester y Cruellas, 1934; Roquero, 2008
[42]SEMARNAT, s.f.
[43]de Sahagún, 1530
[44]Thompson, 2014
[45]Girola, 2010
[46]Keller, 2010
[47]Kang *et al*., 2010
[48]Rincón, 2012
[49]Keller, 2010
[50]Gobierno de México, 2017
[51]Figueroa *et al*., 2016
[52]*ídem*
[53]*ídem*
[54]*ídem*
[55]Roquero, 1995 y 2008
[56]Siracusano, 2005
[57]Basados en Diccionario de la Real Academia y bibliografía específica citada
[58]Termcat:2023
[59]Organismo Internacional de Energía Atómica
[60]Bringing the Universe to America's Classrooms
[61]Malvern Panalytical
[62]Bruker, s.f.
[63]Comisión Nacional de Energía Atómica
[64]ídem
[65]Barfield, 2001

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA O CITADA

Agustí, R. (2022). El azul egipcio. https://www.academia.edu/76440808/elazulegipcio

Álvarez, J. (2020). Producción y comercialización del tinte en Ugarit. Isimu, (23): 21-39. https://doi.org/10.15366/isimu2020.23.001

Álvarez-Romero, C., García-Bueno, A., López-Martínez, T., Turati-Guerrero, R, Montoya, N.,& Doménech-Carbó, M.(2023). New Insights into the Medieval Hispano-Muslim Panel Painting: The Alfarje Found in a Balearic Casal (Spain). Molecules, 28(3): 1235.

Arroyo Figueroa, G., Herrera Méndez, C. H., Dzul Cauich, J. G., Vargas Rodríguez, L., & Peña Caballero, V. (2016). Medición del color en productos cosméticos elaborados con subproductos de la grana cochinilla. Acta universitaria, 26(1): 3-7.

Ball, P. (2002). Bright Earth: Art and the Invention of Color. Chicago. University of Chicago Press.

Barfield, T. (2001). Diccionario de Antropología. Ed Bellaterra. Barcelona.

Bedford, C., Robinson, D., Perry, J., Baker, M., James, M., Kotoula, E., Gandy, D., & Bernard, J. (2017). Unravelling the Gordian Knot: Combining Technologies to Analyse Rock Art in Pleito Cave. Society for California Archaeology Proceedings, (30): 183-195. https://www.researchgate.net/publication/

Berlin, B. & K. Paul. (1969). Basic Color Terms. Their Universality and Evolution. Berkeley. University of California Press.

Bringing the Universe to America's Classrooms. Análisis isotópico. https://lsintspl3.wgbh.org/es/lesson/buac19-int-evidenceplanetsci/4.

Bruker. Guía de espectroscopía infrarroja. https://www.bruker.com/es/products-and-solutions/infrared-and-raman/ft-ir-routine-spectrometer/what-is-ft-ir-spectroscopy.html

Cabello, G., M. Sepúlveda, & Brancoli. B. (2022). Embodiment and fashionable colours in rock paintings of the Atacama desert, northern Chile. Rock Art Research, 39(1): 52-68.

Castelló, T. (1996). El pulque azul: las huellas de una flor. Arqueología Mexicana, 3(18): 64-66.

Centro Cultural de los Altos de Chiapas (s.f.). Textil con pigmento achiote. Sección arqueología. https://lugares.inah.gob.mx/es/museos-inah/museo/museo-piezas/11817-11817-textil-con-pigmento-achiote.html

Centro de terminología (Termcat). Diccionari d'arqueologia. https://www.termcat.cat/es/diccionaris-en-linia/18/fitxa/NDQzMTAz

Chase, W. T. (1971). Egyptian blue as a pigment and ceramic material. En R. Brill (Ed.), Science and Archaeology (80-90). MIT Press, Cambridge, Mass.

Chen, Y. (2020). Un estudio del impacto de las actividades humanas en los murales de las Cuevas de Mogao en Dunhuang (China). Universitat Politècnica de València. http://hdl.handle.net/10251/1498

Comisión Nacional de Argentina. ICP-MS. https://www.argentina.gob.ar/cnea.

Cremonte, M. B., & Gheggi, M. S. (2012). Espacios rituales y cultura material en un sitio arqueológico Humahuaca-Inca (Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina). Revista Española de Antropología Americana, 42(1): 9-27.

De Sahagún, B. (1999)[1530]. Historia General de las cosas de la Nueva España. "Colección sepan cuantos...". Porrúa. México.

Diccionario de la Real Academia Española. https://www.rae.es.

Ejarque, A. (2017). Color y tratamientos mortuorios. Estudio arqueométrico, ritual y cultural de materias colorantes procedentes de tres contextos funerarios teotihuacanos: La Ventilla, Teopancazco y el Barrio Oaxaqueño. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

Fernández, A., García Sanjuán, L., & Díaz-Zorita, M. (Eds.) (2016). Montelirio: Un gran monumento megalítico de la Edad del Cobre. Sevilla. Junta de Andalucía.

Fernández, A.,& García-Sanjuán, L. (2016). Arquitectura, estratigrafía y depósitos del Tholos de Montelirio. En A. Fernández Flores, L. García Sanjuán y M. Díaz-Zorita Bonilla (Eds.), Montelirio: Un gran monumento megalítico de la Edad del Cobre (79–142). Sevilla. Junta de Andalucía.

Fester, G., & Cruellas, J. (1934). Colorantes de Paracas. Revista del Museo Nacional de Lima, (3): 154-6.

Fiore, D. (2006). La manipulación de pinturas corporales como factor de división social en los pueblos selk'nam y yámana. Estudios Atacameños, (31): 129-142.

Fundación de Cultura Islámica (2012). Las artes del libro árabe. https://funci.org/fundacion-cultura-islamica/

García, A., López, M. del C., & Medina, V. J. (2007). La policromía en la carpintería nazarí. XV Congreso de conservación y restauración de bienes culturales: Murcia 21-24, octubre, 2004: Actas: 247-256. https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcrn3m5

García-Sanjuán, L., Fernández, A., & Díaz-Zorita, M. (2016). Montelirio. Valoración e interpretación de una tumba excepcional. En A. Fernández, L. García Sanjuán y M. Díaz-Zorita (Eds.), Montelirio: Un gran monumento megalítico de la Edad del Cobre (79–142). Sevilla. Junta de Andalucía.

Garrido R. (2014). El campaniforme en la Península Ibérica, Protohistoria de la Península Ibérica: del Neolítico a la romanización. Edición de M. Almagro. Universidad de Burgos. Fundación Atapuerca: 113-124.

Gazzola, J. (2009). Uso de cinabrio en la pintura mural de Teotihuacán. Arqueología, (40): 57–70. https://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/3561

Gerke, B. (2021). Taming the poisonous. Mercury, Toxicity, and Safety in Tibetan Medical Practice. Heidelberg Studies on Transculturality. Vol. 7. Heidelberg University Publishing (heiUP). https://doi.org/10.17885/heiup.746.

Giner, F. (1998). Los himba: Etnografia de una cultura ganadera de Angola y Namibia (Ciencias del hombre colección). Salamanca. Amaru.

Girola, C. (2010). Tintes naturales, su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica, FLAAR Reports[Consultado el 12 de agosto de 2023]. www.maya-archaeology.org.

Gobierno de México (2017). Rojo mexicano. La grana cochinilla en el arte, exposición en el Museo del Palacio de Bellas Artes. https://www.gob.mx/cultura/galerias/exposicionrojo mexicano.

Gobierno de México (2017). Grana cochinilla un rojo muy mexicano con mucha historia. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/grana-cochinilla-un-rojo-muy-mexicano -con mucha-historia.

Heike Vibrans (ed.) (2009). Malezas de México: *commelinaceae*. http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/commelinaceae/commelina-coelestis/fichas/ficha.html.

Hen, Y. (2020). Un estudio del impacto de las actividades humanas en los murales de las Cuevas de Mogao en Dunhuang (China). [Trabajo Fin de Grado, Universitat Politècnica de València]. http://hdl.handle.net/10251/149806.

Hodgskiss, T. (2020). Ochre use in the Middle Stone Age. En Oxford Research Encyclopedia of Anthropology Oxford University Press. Online DOI: 10.1093/acrefore/9780190854584.013.51.

Iriarte, M., A. Hernanz, J.F. Ruiz-López, & Martín, S. (2013). U-Raman spectroscopy of prehistoric paintings from the Abrigo Remacha rock shelter (Villaseca, Segovia, Spain). Journal of Raman Spectroscopy, 44(11): 1557-1562.

Irola, C. (2010). Tintes naturales, su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica. FLAAR Mesoamérica.

Kang, E.J., Campbell, R.E., Bastian, E., & Drake, M.A. (2010). Invited review: Annatto usage and bleaching in dairy foods. Journal of Dairy Science, 93(9): 3891-3901.

Keller, H. A. (2010). Plantas colorantes utilizadas por los guaraníes de Misiones, Argentina. Bonplandia, (19): 11-25.

Larmer, B. & Law, T. (2010). Las Cuevas de los Mil Budas. National Geographic, 26(6): 48-67.

Lbova, L. V.& Volkov, P. (2017). Pigment decoration of Palaeolithic anthropomorphous figurines from Siberia. Rock Art Research, 34(2): 169-178.

Lévi-Strauss, C. (1988). Las estructuras elementales del parentesco. Barcelona: Paidós.

Liudmila, L. & Volkov, P. (2017). Pigment decoration of palaeolithic anthropomorphous figurines from Siberia. Rock Art Research: The Journal of the Australian Rock Art Research Association (AURA), 34(2): 169-178. https://doi.org/10.3316/ielapa.159304662293072

López Puertolas, C., Casanova, E., Mitrani, A.,& Ruvalcaba-Sil, J. L. (2023). New insights on Teotihuacan color technology: a proposal of a technological style for mural

painting. Journal of Archaeological and Anthropological Sciences, (15): 90. https://doi.org/10.1007/s12520-023-01786-5.

Magaloni, D. (1995). Técnicas de la pintura mural en Mesoamérica. Arqueología Mexicana, (16): 16-23.

Malvern Panalytical. Analysis x-ray-diffraction. https://www.malvernpanalytical.com/es.

Metropolitan Museum Art (s.f). Collection Nasca Artefacts. http://www.metmuseum.org/

Moh. M, N. Nurdini, E., Maryanti, E., Saiyasombat, P., Setiawan, G., Grandprix, M., & Ismunandar (2020). Physicochemical investigation of prehistoric rock art pigments in Tewet Cave, Sangkulirang-Mangkalihat Site, East Kalimantan-Indonesia, Journal of Archaeological Science: Reports, (31):102345.

Moh. M, N., Nurdini, E., Maryanti, E., Saiyasombat, P., Setiawan, G., & Ismunandar (2020). Multi-analytical characterizations of prehistoric rock art pigments from Karim Cave, Sangkulirang Mangkalihat site, East Kalimantan, Indonesia, Microchemical Journal, (V): 155.

Mohtasham, A.& Samanian, K. (2017). Identifying the Blues Pigments Used in Painted Architectural Decorations of Ilkhanid Buildings (1251-1335 AD) in Yazd, Central Iran. Journal of Islamic Archaeology, 4(1): 113-135. https://doi.org/10.1558/jia.30710.

Museo Chileno de Arte Precolombino (2006). Awakhuni. Tejiendo la Historia Andina. Santiago de Chile.

Organismo Internacional de Energía Atómica. https://www.iaea.org/es/temas/analisis-por activacion-neutrónica.

Pandya, V. (1993). Above the Forest. Delhi: Ox.

Penney, D. (2004). North American Indian Art, London: Thames and Hudson.

Powell, E. (2022). Australia's Blue Period. https://www.archaeology.org/issues/482-2209/digs/10768-digs-australia-laundry-blue.

Rincón-Enríquez G., Quiñones-Aguilar, J., Qui-Zapata, A.,& SerratoCruz, M. A. (2012). Efectividad biológica de extractos de *Tagetes* spp sobre bacterias fitopatógenas. SNICS-SINAREFI, CIATEJ, México.

Roberson, D., Davidoff, J., Davies, I., & Shapiro, L. (2006). Colour Categories and Category Acquisition in Himba and English. Department of Psychology. University of Essex.

Rodríguez, M. (2003): Teotihuacán: intercambio y sociedad en el periodo clásico. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa.

Rodríguez, B. y Valadez, R. (2011): Vestigios del recurso costero en el sitio arqueológico de Teopancazco, Teotihuacán, Estado de México. Revista Española de Antropología Americana, (43): 9-29.

Roldán García C, Villaverde Bonilla V, Ródenas Marín I, & Murcia Mascarós S. (2016). A Unique Collection of Palaeolithic Painted Portable Art: Characterization of Red and Yellow Pigments from the Parpalló Cave (Spain). PLoS ONE, 11(10): e0163565. doi:10.1371/journal.pone.0163565.

Roquero, A. (1995). Colores y colorantes de América. Anales del Museo de América, (3): 145-160.

Roquero, A. (2008). Identification of red dyes in textiles from the Andean region. Textile Society of America Symposium Proceedings 129. http:// digitalcommons.unl.edu/tsaconf/ 129.

Sampson, T. (2016). The Pictographs: A Rock Art Site in Anza-Borrego Desert State Park. https://critca.org/2016/04/23/the-pictographs-a-rock-art-site-in-anza-borrego-desert -state-park/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMANART).Caracol Púrpura Pansa. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/caracol-purpura-pansa-resguardo-del-tinte-inigualable-mexicano-que-da-vida-a-una-cultura-textil-y-ecologica?

Sepúlveda, M., Arriaza, B., Standen, V., Rousseliere, H., Van Elslande, E., Santoro, C., & Walter, P. (2015). Análisis microestratigrafícos de recubrimientos corporales de una momia Chinchorro, extremo norte de Chile. Chungara, 47(2): 239-247.

Sepúlveda, M., Ballester, B., Cabello, G., Gutierrez, S., & Walter, P. (2023). Polychromy in the Atacama Desert during the Late Intermediate Period (1000-1450AD). Pigments characterization by XRF and VNIR hyperspectral images. Archaeological and Anthropological Sciences, (15): 121. https://doi.org/10.1007/s12520-023-01813-5.

Sepúlveda, M., Figueroa, V., & Cárcamo, J. (2014). Pigmentos y pinturas de mineral de cobre en la región de Tarapacá, norte de Chile: nuevos datos para una tecnología pigmentaria prehispánica", Estudios Atacameños, (48): 23-37.

Sepúlveda, M., Figueroa, V., & Pages-Camagna, S. (2013). Copper pigment making in the Atacama Desert (northern Chile). Latin American Antiquity, 24(4): 467-482.

Shimada, I. (2022). ¿Por qué se pintan máscaras de oro sicanas con cinabrio? En Ministerio de Cultura de Perú (eds). VIII Congreso Nacional de Arqueología (207-220). Lima.

Siracusano, G. (2005). El poder de los colores. De lo material a lo simbólico en las prácticas culturales andinas: siglos XVI-SVIII. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

Thompson V. E. (2014). Pigmento azul a partir de productos de la naturaleza. Revista de las Artes, (74) 1: 91-104.

Thorn, A. (2014). Pigments and palettes from the past science of indigenous. https://theconversation.com/pigments-and-palettes-from-the-past-science-of-indigenous -art-35604.

Trujillo J. (2021). Estudios Arqueométricos en las pinturas rupestres en Colombia. En Lara, A. (ed). Manifestaciones Rupestres en América Latina (129-146). Sevilla. Universidad de Sevilla.

Turner, V. (1990). La selva de los símbolos. Madrid. Siglo XXI.

Vásquez V., Franco, R., Rosales, T., & Álvarez, B. (2013). Estudio microquímico mediante MEB-EDS (análisis de energía dispersiva por rayos x) del pigmento utilizado en el tatuaje de la Señora de Cao. Archaeobios, (7)1: 5-21.

Vázquez de Ágredos, M., Manzanilla, L.,& López, C. (2018). Color y cultura en Teotihuacan. Los pigmentos y colorantes de Teopancazco como caso de estudio. En Manzanilla L.(ed). Teopancazco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacan. Los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia (387-420). Ciudad de México. DGAPA-IIA UNAM.

Vela, E. (2018) "El rojo", Arqueología Mexicana, edición especial, (80): 20-45.

Veropoulidou, I. de D. (2011). Conchas de los asentamientos del Golfo Termaico: reconstruyendo el consumo de moluscos durante el Neolítico y la Edad del Bronce. [Tesis doctoral Universidad Aristóteles de Tesalónica]. http://hdl.handle.net/10442/hedi/26095.

World Heritage List. Rock art. En UNESCO. https://whc.unesco.org/en/list/

Young, M., & Kaplan, E. (2023). Cinnabar traditions across the ancient Central Andes: insights from the National Museum of the American Indian collections. Archaeolological and Anthropological Sciences, (15): 182. https://doi.org/10.1007/s12520-023-01864-8.

Acerca de los autores

Marcela Sepúlveda
Doctora en Prehistoria, Etnología y Antropología. Investigadora en Universidad de Tarapacá, Chile & UMR 8096 ArchAm (CNRS- Paris 1), Francia. Universidad de Tarapacá, Chile. Red RIIMAR.

Aline Lara Galicia
Doctora en Arqueología e Historia y civilizaciones antiguas. Investigadora en Universidad de Sevilla, España. Red RIIMAR.

Judith Trujillo Téllez
Maestra en Arqueología. Investigadora en Universidad Pedagógica, Colombia. Red RIIMAR.

David Lagunas
Doctor en Antropología Social. Investigador en Departamento de Antropología Social. Universidad de Sevilla, España. Red RIIMAR.

Raquel Montero Artús
Investigadora doctoral en Arqueología. Universidad de Sevilla, España.

Leonardo García Sanjuán
Doctor en Historia. Investigador en Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Sevilla, España.

Manuel Martín
Estudiante de grado en Arqueología. Universidad de Sevilla, España.

Judit Praena
Estudiante de grado en Arqueología. Universidad de Sevilla, España.

Itzel Duarte
Estudiante de grado en Arqueología. Universidad de Sevilla, España.

Si quieres saber más acerca de pigmentos, escanea y visualiza el video.