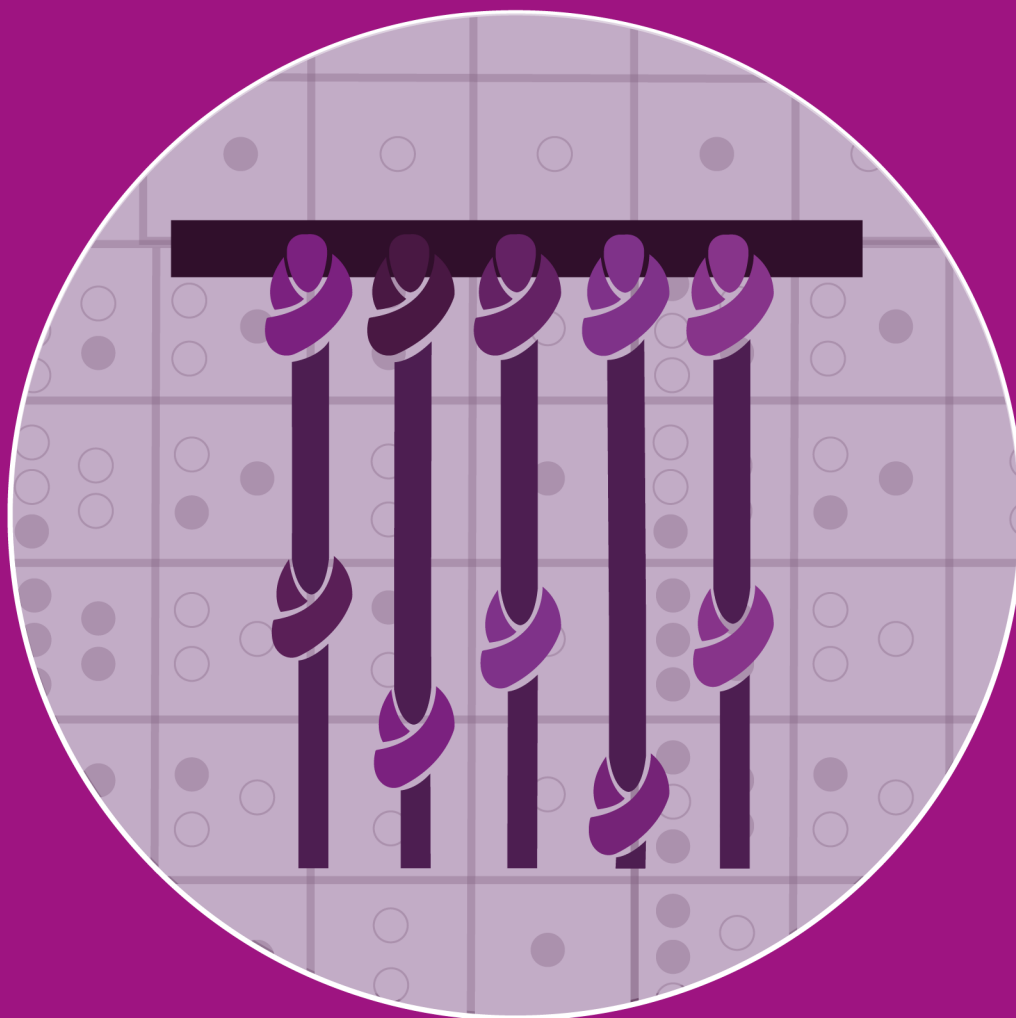


Revista de divulgación científica

Libros & Ciencias

Nº6 - Julio 2023



Conocimientos Tradicionales

Fransiles Gallardo Plasencia - Hans Huerto - Jorge Ishizawa - Dhavit Prem
Sara Karla Quinteros Malpartida - Grimaldo Rengifo - Juan Rodríguez
Milton Rojas Gamarra

© Biblioteca Nacional del Perú
Av. De la Poesía N° 160, San Borja.
Lima, Perú.

© Consejo Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación Tecnológica
Av. Del Aire N° 485, San Borja.
Lima, Perú.

Fabiola Vergara Rodríguez
**Jefa Institucional de la Biblioteca
Nacional del Perú**

Benjamín Marticorena Castillo
**Presidente del Consejo Nacional de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Tecnológica (CONCYTEC)**

Sandro Tucto Trigoso
**Director de la Dirección del Acceso y
Promoción de la Información (BNP)**

Roger Cáceres Atocha
**Coordinador del Equipo de Gestión
Cultural, Investigaciones y Ediciones
(BNP)**

Mariela del Carpio Neyra
**Directora de la Dirección de Políticas
y Programas de CTel (CONCYTEC)**

Coordinación general: Neydo
Hidalgo Minaya
Edición: Gracia Angulo Flores
Diseño y diagramación: Daniela
Abad Mariñas
Infografías: CONCYTEC

Primera Edición: Julio 2023

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N°2020-
08702

ÍNDICE

4 Presentación

Panorama de la ciencia

7 Saber(es) y conocimiento
Grimaldo Rengifo y Jorge Ishizawa

Ciencia y sociedad

13 Los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos y la importancia de su protección
Sara Karla Quinteros

18 La ciencia y la astronomía en el diario vivir de la cultura inka
Milton Rojas Gamarra

26 El Canal de Kumpy Mayu, obra cumbre de la ingeniería preinca
Fransiles Gallardo Plasencia

Investigación en el Perú

33 Yupana Inka Tawa Pukllay (YITP): recuperando la Matemática Inka después de 500 años
Dhavit Prem

Investigación en marcha

46 El saber del pasado: una respuesta a nuestro futuro
Hans Huerto Amado

Fronteras de la ciencia

53 Invernaderos, los de mi tierra
Juan Rodríguez

PRESENTACIÓN

La Biblioteca Nacional del Perú y el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) aúnan esfuerzos y establecen lazos de cooperación interinstitucional para la publicación de *Libros & Ciencias*, revista de divulgación que abarcará temas de interés nacional en los cuales la ciencia y la tecnología dan aportes y soluciones.

Libros & Ciencias tiene como uno de sus objetivos principales comunicar al público no especializado temas científicos y tecnológicos que despiertan el interés actual. A través de sus páginas, los y las lectores/as podrán conocer cómo se realiza la investigación en el Perú y el mundo, cómo se producen el avance científico y el desarrollo tecnológico, cómo estos avances influyen en nuestras vidas y en la mejora de las sociedades, qué conocimiento científico y tecnológico se está desarrollando en nuestro país, entre otros temas.

Este sexto número se enfoca en los **Conocimientos Tradicionales**, aquellos saberes y prácticas que poseen las comunidades indígenas, y que son transmitidos de generación en generación. Por esta razón, forman parte de la identidad cultural de los pueblos, una identidad que se debe valorar y proteger.

En virtud de esto, en 2002, el Estado peruano promulgó la Ley N° 27811, «que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos», con la que se promueve la tutela de estos conocimientos.

Conscientes de la importancia de estos **Conocimientos Tradicionales**, a través de este nuevo número buscamos despertar la consciencia sobre su gran aporte a la ciencia y la innovación en Perú, así como fomentar su conocimiento entre las nuevas generaciones.

Agradecemos a los y las colaboradores/as que han hecho posible la realización de este número: Fransiles Gallardo, Hans Huerto, Jorge Ishizawa, Davith Prem, Sara Karla Quinteros, Grimaldo Rengifo, Juan Rodríguez y Milton Rojas.



1

**PANORAMA DE
LA CIENCIA**

Saber(es) y conocimiento¹

Jorge Ishizawa y Grimaldo Rengifo



Pachamama Raymi, ceremonia ancestral que se celebra en Cusco, durante la primera semana de agosto, en la que los pobladores le rinden homenaje a la Madre Tierra

El filósofo catalán Raimond Pannikar, al referirse al conocimiento en la antigüedad griega, dice:

Por conocimiento se entendía aquella facultad del espíritu humano por la que el hombre se ponía en contacto con la realidad por participación en ella, y entraba en comunión con ella por un renacimiento espiritual (*con-naissance*) en virtud de una comunión natural con la realidad (1992).

Desde esta lectura, cuando el conocimiento se vincula a la reciprocidad entre los seres humanos y la naturaleza, existe un enriquecimiento mutuo. Florece el saber humano, y la naturaleza conserva su propio dinamismo y equilibrio. Entonces, la verdad brota de ese isomorfismo y empatía de un humano que sabe porque ha contemplado la naturaleza.

En cambio, cuando el humano se distancia de la naturaleza y se propone ser su poseedor, ésta deviene en un medio en el que el sa-

ber se realiza. Para Francis Bacon (1561–1626) conocer ya no es un acto contemplativo sino una acción planificada de intervención en la naturaleza mediante el experimento. La capacidad de calcular y saber escoger entre varios medios aquel que se acomode mejor al fin será la virtud del experimentador (Kolakowski, 1970).

En este contexto, la naturaleza resulta un referente, la arena donde se realizan las manipulaciones que, sabemos ahora, provocan daños que modifican su compo-

¹ Cuando nos referimos al conocimiento, reconocemos y aceptamos que se trata del relato documentado de un proceso deliberado destinado a sustentar como válida nuestra explicación de lo que nos ocupa entender y el fundamento de las iniciativas que esa explicación sustenta como pertinentes. Por su lado, el saber ancestral se refiere al sustento de su práctica en el pasado en diferentes actividades a nivel individual, familiar y comunitario, con resultados satisfactorios y no tiene otra exigencia para su validez que los resultados de esa práctica compartida. En todo caso, su utilidad y la eficacia de su aplicación son los criterios rectores siempre a prueba. Lo que queda por aclarar es el contexto. El contexto hace la diferencia. El saber ancestral es local, el conocimiento aspira a la validez universal. Más aún, el conocimiento aspira a su aplicación en la producción de un resultado material considerado útil.

ción. La verdad ya no brota de ese isomorfismo y empatía del humano con la naturaleza sino de lo que éste piensa y hace con ella.²

El procedimiento inherente a este proceso es la constitución del sujeto cognoscente separado del objeto a conocer. Constituido el objeto, éste será luego analizado, separado y juzgado a partir de la representación que tiene el sujeto del objeto. Este proceso mental de separación de algo de un todo del cual forma parte se conoce como «abstracción», y su equivalente práctico será la experimentación.

En el conocimiento moderno se observan cuatro etapas, según nos advierte Rodolfo Kusch. En primer lugar, se encuentra una realidad que ocurre afuera, es decir, una relación de sujeto a objeto. En segundo lugar, un conocimiento de esa realidad, vale decir, la aprehensión intelectual de esa realidad que involucra el procesamiento activo de actividades sensoriales, motoras y cognitivas a fin de obtener una representación de ésta. En tercer lugar, un saber que resulta de la administración de los conocimientos o ciencia; y, en cuarto lugar, una acción que vuelve sobre la realidad para modificarla (Kusch, 1977).

En el saber andino-amazónico la relación con la naturaleza es diferente porque la concepción del mundo es otra. En primer lugar, todo lo existente tiene la cualidad de viviente y, por tanto, el mundo no se divide entre seres animados y no animados.

En la vida andino-amazónica los cerros son deidades tutelares quienes, al igual que cualquier miembro de la comunidad humana, hablan, crían animales y son autoridades. La tierra no es un receptáculo inerte, sino que es apreciada como la «Pachamama», la madre de todo cuanto existe, el ser vivo que nos emparenta a todos en una gran familia en la que cada quien es hermano o hermana del otro y de la otra. Esta comprensión invita a una relación afectiva de diálogo y empatía, y no a una distancia del humano de su entorno natural.

En segundo lugar, no es la mente, en la vida cotidiana, la que tiene una preeminencia en la relación con la naturaleza. Lo mental —al igual que lo sensorial, lo motor o lo onírico—, juega un rol similar: la mente y el cuerpo tienen semejante valía. Se trata de una suerte de mente sintiente en la que las emociones y el pensar se funden. En este contexto el interés no está puesto en distanciarse del otro para tener una aprehensión intelectual distanciada del fenómeno, sino en la convivencia, en la relación de inmediatez entre humanos y mundo sin que medie cálculo ni distancia alguna. Desde esta cosmovisión, el mundo se vive como *pacha* —o «tejido» en el hablar quechua-lamas— y la persona se siente como una hebra entretejida, anudada con otras hebras en una relación de conversación y cariño con las cosas.

En tercer lugar, el humano sabe, pero entiende que su saber no se restringe a él o ella. Saben también la chacra, las aves, el monte, de modo que lo que él o ella saben es resultado de empatías y sintonías, y no producto de la acción instrumental de un sujeto que se aleja de la naturaleza para conocer. Esta modalidad de saber se expresa en un *saber-hacer* colectivo que resulta de la capacidad de empatía de aquellos que se vinculan para realizar una actividad.

En cuarto lugar, y como consecuencia de lo indicado, los saberes son diversos, detallados, momentáneos y circunstanciales; tienen su tiempo y espacialidad definidos, sin la pretensión de generalización o legitimidad más allá de la circunstancia en la que se manifestaron o practicaron. Por esto, un comunero andino suele decir «así lo hago» y no «así se hace», pues vive como miembro de una ecología y cultura heterogéneas. Esta actitud, que se recrea en la cotidianeidad, lleva a cultivar una mentalidad amplia y abierta asociada a criar lo diverso.

Asimismo, el saber andino-amazónico, por su índole local, no se reproduce ni repite, sino que se recrea. El campesino, el niño o la niña saben muchas cosas porque escuchan, observan, palpan, piensan, sueñan, pero lo escuchado, pensado, visto o soñado, para formar parte de su vivir, tiene que ser recreado, «adaptado» al contexto de su entorno así como al de sus sentimientos, emociones y vivencias.³

² A diferencia del saber, la adquisición de conocimiento mediante la práctica científica se da mediante un proceso de investigación cuyo dominio otorga la autoridad del conocimiento. La ciencia moderna nació como un profundo rechazo del saber producto de la experiencia para instalar una modalidad restrictiva de acceso a una forma de conocimiento basado en la experimentación con protocolos tan costosos que sólo podían ser aplicados en el confinamiento de un laboratorio. Lo que caracteriza este conocimiento cuyo origen se remonta a la denominada Revolución Científica es la instalación de protocolos en el reducido espacio de un costoso confinamiento. Hoy, el así denominado «cambio climático» pone en cuestión la motivación de la intervención humana en el contexto mayor y su ignorancia implícita.

³ La adquisición de saberes se da en la vida cotidiana y es una actividad no deliberada ni consciente, tampoco profesional ni especializada, a diferencia de la práctica tecnocientífica. Ésta da por supuesta la posibilidad de compartir el conocimiento y su aplicación universal. Los saberes se comparten en una actividad individual o colectiva que produce un resultado en el que esos saberes se aplican, y que es valorada por la comunidad.

En quinto lugar, en los Andes y en la Amazonía se aprende en el acto de la crianza. Criar es anidar, dar de lactar, proteger, amparar, querer, cuidar. La palabra quechua para criar es *uyway*, y la misma expresión se usa para lo criado. Es un verbo que connota mutualidad, reciprocidad. Si todos son criadores, al mismo tiempo, todos somos criados. Si todos crían, todos saben: saben los humanos, pero también los zorros y los *apus*.

La capacidad de criar se asocia a la sensibilidad de dejarse criar. Dejarse criar es estar en una actitud de apertura sensitiva, emocional y afectiva hacia el habla, los gestos, los movimientos de las personas humanas, naturales y sagradas que pueblan la realidad. Ya que no existe un sujeto desde quien se fundamenta el saber, éste solo es posible y se expresa en la conversación, en el entra-

mado de relaciones que implica la crianza recíproca.

En sexto lugar, como dice el niño aymara Cesario Alania, de Yunguyo, Puno: «Todas las costumbres vienen desde antes y eso está en nuestro corazón» (2000, p. 23). El cuerpo es la residencia del saber, pues está conectado con la naturaleza a través de los fluidos corporales como la sangre. Cuando se recrea un saber, sea la elaboración de una prenda o la siembra de una parcela, se apela al recuerdo y a los sentimientos que ha provocado su realización.

Finalmente, y en séptimo lugar, el saber se encuentra en constante recreación, siempre en cambio, pero un cambio recreativo. La innovación pasa por un período de prueba en consonancia con los ciclos de la naturaleza. Por la variabilidad geográfica, climática y cultural, cada quien tiene su

modo de recrear actividades; esta heterogeneidad evita la emergencia de normas únicas para todo tiempo y lugar.

Si en la acción intervienen no sólo los humanos, sino también la naturaleza, el concepto de «conocimiento» resulta estrecho, pues, a diferencia del hombre moderno para quien el conocer concluye en una acción de transformación de la naturaleza, en la concepción andino-amazónica la acción se va dando en una crianza recíproca entre hombre y naturaleza. El saber-hacer resultante es no sólo humano sino natural y sagrado. De allí que la práctica sea una dimensión más de ella, en la que cuenta también el rito, la fiesta, el diálogo con la naturaleza mediante las señas y secretos, y la organicidad implícita en la realización de cada actividad.

Distinciones entre saber y conocimiento

Indicadores	Saber	Conocimiento
Concepción del mundo	Mundo vivo	Mundo máquina. Mundo de objetos.
Comprensión de la naturaleza	Naturaleza como persona.	Naturaleza como recurso.
Concepción de saber y conocimiento	Todos saben: naturaleza, deidades y humanos.	El conocimiento es atributo solo de algunos humanos.
Relación con la naturaleza	Crianza recíproca	Separación y predominio de lo mental sobre lo corporal.
Ámbito del saber	Es local y circunstancial.	Tiende a la generalización. Válido para todo tiempo y lugar.
Dimensiones del saber	Multidimensional: prácticas, señas, secretos, ritos, fiestas, comida.	Referido sólo a las prácticas: conocimientos, destrezas, y actitudes. Lo demás se considera como creencias y supersticiones.
Situación de la diversidad	Se recrea: «Así lo hago». Tendencia hacia la diversidad.	Se repite: «Así se hace». Tendencia hacia la homogeneidad.
Espacio de realización	La chacra, el pueblo.	La industria, la ciudad.
Concepción de bienestar	Buen vivir	Desarrollo

Sostenemos aquí que existe una similitud formal en la constitución y adquisición de los saberes comunitarios y las del conocimiento tecno-científico. Ciertamente, no en las formas de pretensión de validez ni en su alcance. Los saberes se aceptan estrictamente delimitados a su aplicación local. No pretenden ir más allá, pero se incluyen implícitamente dentro del horizonte máximo: el universo, dentro del cual nada ni nadie es más. Por el contrario, la aplicación de la ciencia contemporánea resulta cuestionable por apelar a un conocimiento supuestamente universal y atemporal expresado en procedimientos y formatos que invalidan por adelantado el valor de formas diferentes de expresión, en un sistema jerárquico excluyente. Por ejemplo, la exclusión

académica de formas diferentes a la escrita, en lenguajes aceptables y formatos estandarizados.

Proponemos aquí que la similitud se basa en la pertinencia de aplicar dos conceptos complementarios del tejido —urdimbre y trama— a la relación del saber con el conocimiento. La urdimbre serían los hilos que, para ambos, son los registros de las observaciones de los hechos: los datos. Luego, estos datos son tramados o tejidos por conexiones explicativas o de significado en una teoría abarcadora que permite la conciencia de lo que denominamos realidad.

Sin embargo, este marco explicativo que aparece más claramente expresado en lo que identificamos como la «constitución de los saberes» tiene características que lo destacan: no es indi-

vidual en el sentido de producido por una mente alojada en un cerebro, aunque se logra individualmente en una comunidad que incluye al universo. En este sentido, su carácter es individual, pero está incluido en un proceso que involucra a todo. Por eso su carácter comunitario imposibilita la competencia intelectual: ¿quién es el experto?, ¿quién sabe?

El carácter del conocimiento científico contrasta con el cultivo de los saberes, contraste que se hace evidente cuando destacamos tanto su propósito, su ejercicio y sus resultados. La ciencia hace evidente que se dedica a conocer el mundo en su faz material para transformarlo; y, en la forma en que se desarrolla hoy, con su énfasis tecnológico, ha renunciado a lo que el saber promete: la sabiduría de vivir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cutipa, S. (2000). «Antes lo que aprendíamos era grabado en nuestro corazón». En: *Niños y Aprendizaje en los Andes*. Asociación Urpichallay.
- Kolakowski, L. (1970). *El racionalismo como ideología y ética sin código*. Ariel.
- Kusch, R. (1977). *El Pensamiento Indígena y Popular en América*. Hachette.
- Pannikar, R. (1992, octubre). «La recreación del Nuevo Mundo. El fin de la era colonial». *Opciones* N° 20. Suplemento catorcena de *El Nacional*.



2

CIENCIA Y
SOCIEDAD

Los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos y la importancia de su protección

Sara Karla Quinteros Malpartida
Indecopi



La transmisión de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas peruanos sobre las propiedades de las plantas tradicionales ha sido fundamental para el desarrollo de diversos medicamentos

Cuando hablamos de conocimientos colectivos o tradicionales de los pueblos indígenas, nos referimos a aquellos saberes que se han desarrollado al interior de los pueblos indígenas, a partir de su propia interacción con la naturaleza que los rodea, así como a partir de su propia cosmovisión. Así, podemos señalar que los conocimientos colectivos se manifiestan en diferentes campos: en sus saberes sobre el manejo y uso de la biodiversidad que los rodea; en sus danzas y cantos; en su medicina

tradicional; o en los diseños propios de su cultura, que a su vez se pueden plasmar en su vestimenta, artefactos de uso cotidiano, a nivel corporal, entre otros.

Los conocimientos colectivos no son solo de suma importancia para los propios pueblos indígenas que los poseen —ya que forman parte de su cultura, religión, orden social, e incluso económico—, sino también para el resto de la población, ya que, por ejemplo, muchos de esos conocimientos han servido de base para el desarrollo de productos

medicinales, industriales, alimenticios, etc.

A pesar de la importancia que este tipo de conocimientos poseen, los beneficios que se obtenían por su uso académico o comercial, lamentablemente, no llegaban a sus poseedores, sino que beneficiaban únicamente a aquellos que, sin formar parte de los pueblos indígenas, tuvieron acceso a dichos conocimientos y los utilizaron para obtener beneficios económicos y/o prestigio, sin precisar de dónde habían obtenido aquello que les sirvió de

base para desarrollar su producto o estudio.

Ante la necesidad de proteger estos conocimientos atendiendo, por un lado, a sus particularidades —como su naturaleza colectiva y tradicional, que debe ser salvaguardada— y, por otro lado, a la pertinencia de incluir mecanismos de defensa como los que otorga la propiedad intelectual —como son las acciones que se toman en caso de acceso y uso no autorizado—, el 8 de agosto del año 2002, se promulgó la Ley N° 27811, que establece el Régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a la biodiversidad.

Esta norma, desde un enfoque de propiedad intelectual *sui generis*, establece las condiciones para que, si un tercero quiere acceder a un conocimiento colectivo, lo haga con el Consentimiento Informado Previo del pueblo que posee dicho conocimiento. Y, en caso se apruebe el acceso con fines comerciales —por ejemplo, con la finalidad de desarrollar un nuevo medicamento—, se establezca una compensación monetaria para el pueblo indígena por su contribución con el desarrollo del producto.

Así, en su primer artículo, la Ley señala que: «El Estado peruano reconoce el derecho y la facultad que tienen los pueblos y comunidades indígenas de decidir sobre sus conocimientos colectivos», ya que estos saberes forman parte de su propiedad intelectual. Además de ser reconocidos como propiedad intelectual de los pueblos indígenas, la norma reconoce que estos conocimientos forman parte de su patrimonio cultural y, por lo tanto, los derechos que los pueblos indígenas tienen sobre ellos son inalienables —es decir, no pueden ser

vendidos o cedidos a terceros— e imprescriptibles —es decir, los derechos que los pueblos tienen sobre ellos no tiene un periodo de vigencia determinado—.

Es importante mencionar que la protección que brinda la Ley N° 27811 se extiende únicamente a aquellos conocimientos sobre los usos, características y/o propiedades de los recursos biológicos que les pertenezcan a los pueblos indígenas u originarios de nuestro país, sea a uno o más pueblos indígenas, y que, además, hayan sido transmitidos de generación en generación.

Otra condición para que un conocimiento colectivo reciba protección es que se encuentre en estado confidencial, es decir, que no hayan salido del ámbito de los pueblos indígenas que los poseen —ya sea por medios escritos, como pueden ser investigaciones, tesis, u otras publicaciones—, o se considere que son conocimientos ampliamente difundidos y tienen la categoría de «conocimientos populares».

Del mismo modo, conviene aclarar que las condiciones para el acceso y el uso de los conocimientos colectivos protegidos bajo la citada norma, se establecen únicamente para terceros, es decir, para las personas naturales o jurídicas que no formen parte de los pueblos indígenas; así, la ley no afecta el intercambio tradicional de conocimientos que se da entre los propios pueblos. En este sentido, las disposiciones señaladas en la Ley son aplicables a los estudiantes, investigadores, empresas u otros, que quieran acceder a los conocimientos colectivos que poseen los pueblos indígenas, ya sea con fines académicos y/o comerciales.

Los objetivos que se planteó la norma, y que están estipulados

en su quinto artículo, son los siguientes:

- Promover el respeto, la protección, la preservación, la aplicación más amplia y el desarrollo de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas.
- Promover la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de estos conocimientos colectivos.
- Promover el uso de estos conocimientos en beneficio de los pueblos indígenas y de la humanidad.
- Garantizar que el uso de los conocimientos colectivos se realice con el consentimiento informado previo de los pueblos indígenas.
- Promover el fortalecimiento y el desarrollo de las capacidades de los pueblos indígenas y de los mecanismos tradicionalmente empleados por ellos para compartir y distribuir beneficios generados colectivamente, en el marco del presente régimen.
- Evitar que se concedan patentes a invenciones obtenidas o desarrolladas a partir de conocimientos colectivos de los pueblos indígenas del Perú, sin que se tomen en cuenta estos conocimientos como antecedentes en el examen de novedad y nivel inventivo de dichas invenciones.

A fin de lograr los objetivos señalados, la norma creó también una serie de herramientas, de las que mencionaremos las siguientes:

a) El Consentimiento Informado Previo: autorización otorgada por la organización representativa del pueblo indígena del cual se quiere obtener un conocimiento colec-



A través de un mecanismo sui generis de propiedad intelectual que le permite emitir títulos de conocimientos tradicionales, se logra que las comunidades campesinas y nativas puedan decidir sobre el uso de sus conocimientos colectivos

tivo, sea con fines comerciales o no, para lo cual el interesado debe informar de manera previa cuál es el objetivo del acceso, es decir, qué se hará luego de haber obtenido el conocimiento colectivo en cuestión, cuáles son los posibles riesgos, entre otros datos que pudieran ser relevantes para el pueblo indígena proveedor.

La norma señala, además, que este Consentimiento Informado Previo, deberá darse de conformidad con las normas y procedimientos que tenga el pueblo indígena que posea el conocimiento colectivo y, luego de este proceso, el pueblo indígena es libre de decidir si otorga el consentimiento o lo deniega.

b) Contrato de licencia de uso de conocimiento colectivo: contrato entre el pueblo indígena que brindó el acceso a su conocimiento colectivo y un tercero que va a explotarlo de manera comercial. De este modo se busca asegurar que el pueblo indígena u originario que brindó su conocimiento colectivo para el desarrollo de un producto reciba un porcentaje de las regalías generadas por la explotación comercial de algún

producto que se ha desarrollado sobre la base de su conocimiento colectivo.

Entre los elementos que se deben tomar en cuenta cuando se suscribe un Contrato de Licencia, resalta la obligatoriedad de inscribirlo en el Indecopi, entidad que, además, debe verificar que su contenido incluya las cláusulas estipuladas en la norma —como la identificación de las partes, la descripción del conocimiento sobre el que se está negociando y las compensaciones monetarias, entre otros—. Asimismo, el contrato debe contener la información respecto de los propósitos, riesgos o consecuencias de la actividad comercial a realizar; una cláusula que señale de la obligatoriedad de informar periódicamente al pueblo indígena proveedor respecto de los avances de la investigación y comercialización del producto desarrollado; así como establecer acciones orientadas a contribuir con el fortalecimiento de capacidades del pueblo indígena proveedor, en relación con el conocimiento colectivo.

c) Registros de conocimientos colectivos: registros que tienen

por objeto contribuir con la preservación y salvaguarda de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas al recoger, de manera escrita, estos saberes que por práctica tradicional son transmitidos de manera oral. Estos registros también pueden servir al Indecopi como documento de prueba, en caso se necesite defender los derechos que tienen los pueblos indígenas sobre sus conocimientos colectivos. Por medio de la Ley, se han creado tres tipos de registros:

- El Registro Nacional Público: registro administrado por el Indecopi que contiene información sobre conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos que se encuentran en el dominio público. Su objetivo es evitar la concesión indebida de patentes, ya que deberá ser enviado a las principales oficinas de patentes del mundo a fin de que la información contenida en él sea tomada en cuenta durante el análisis de novedad y nivel inventivo de las solicitudes de patente que dichas oficinas tengan en trámite.
- El Registro Nacional Confidencial: también administrado por Indecopi sobre la base de conocimientos colectivos de los pueblos indígenas que están en estado confidencial, es decir, que no han sido accesibles fuera del territorio indígena o por personas ajenas al pueblo. Estos registros son presentados directamente por los propios pueblos indígenas y no pueden ser consultados por terceros

sino, únicamente, por quienes los han presentado.

- Los Registros Locales: registro que pueden organizar los propios pueblos indígenas según sus usos y costumbres; es decir, no existe un procedimiento o estructura establecida para su organización. Sin embargo, la norma señala que, si el pueblo lo considera pertinente o necesario, pueden pedir asesoría a Indecopi para organizar sus registros locales.

d) Acciones por Infracción a los derechos de los pueblos indígenas sobre sus conocimientos colectivos: esta herramienta permite al Indecopi defender los derechos de propiedad intelectual que poseen los pueblos indígenas sobre sus conocimientos colectivos. Así, estos pueblos pueden interponer la

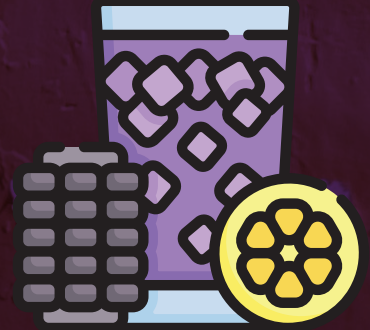
llamada «acción por infracción» contra quien esté violando sus derechos sobre sus conocimientos colectivos, por ejemplo, al haber revelado, divulgado o accedido a un conocimiento de manera desleal o sin contar con el debido Consentimiento Informado Previo del pueblo indígena proveedor del conocimiento.

Dentro del procedimiento que el pueblo indígena inicie frente a un presunto infractor, la carga de la prueba recae en el denunciado. El Indecopi también puede realizar inspecciones en donde se haya señalado que se esté produciendo la infracción y, luego del procedimiento, el infractor podrá ser sancionado con multas de hasta 150 UIT's, las cuales pueden duplicarse sucesiva e ilimitadamente en caso la infracción no se detenga.

Finalmente, debemos mencionar que el Indecopi, a través de la Dirección de Invenciones

y Nuevas Tecnologías, en su calidad de Autoridad Nacional Competente para la protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados con los recursos biológicos, no solo tiene las competencias señaladas en los párrafos precedentes sino que, además, considera la asistencia técnica a los pueblos indígenas de nuestro país, a quienes se les debe capacitar en cuanto a la existencia y contenido de la norma, así como la promoción de los registros de conocimientos colectivos. Del mismo modo, buscamos difundir el contenido de la ley entre los potenciales usuarios de conocimientos colectivos para que tengan conocimiento de las condiciones que deben cumplir para acceder a esos conocimientos, ya sea para investigarlos o comercializar productos que han sido basados en ellos.

LOS CONOCIMIENTOS COLECTIVOS DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS VINCULADOS A LOS RECURSOS BIOLÓGICOS Y LA IMPORTANCIA DE SU PROTECCIÓN



¿Qué son los conocimientos colectivos?

Los conocimientos colectivos son saberes desarrollados por los pueblos indígenas a partir de su interacción con la naturaleza y su cosmovisión.

Se manifiestan en diferentes campos como el manejo de la biodiversidad, danzas, medicina tradicional, diseños culturales, entre otros.

Son importantes tanto para los pueblos indígenas como para el resto de la población, ya que han sido utilizados como base para el desarrollo de productos y estudios.



¿Qué es la Ley 27811 y qué establece?

La Ley 27811 es una norma peruana que protege los conocimientos colectivos indígenas vinculados a la biodiversidad.

Establece que el acceso a estos conocimientos debe ser con el consentimiento informado previo de los pueblos indígenas.

En caso de uso comercial, se establecen compensaciones monetarias para los pueblos indígenas.



¿Cómo ayuda la Ley 27811 a los Conocimientos Colectivos ?

La ley 27811 reconoce que los conocimientos colectivos son propiedad intelectual y forman parte del patrimonio cultural de los pueblos indígenas.

Para recibir protección, los conocimientos deben pertenecer a los pueblos indígenas, haber sido transmitidos de generación en generación y mantenerse en estado confidencial.

Los objetivos de la ley incluyen promover el respeto, la protección y la distribución equitativa de los beneficios derivados de los conocimientos colectivos. También busca garantizar el consentimiento informado previo de los pueblos indígenas y evitar que se concedan patentes sin considerar estos conocimientos.

La ciencia y la astronomía en el diario vivir de la cultura inca

Milton Rojas Gamarra

Universidad de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

En cuanto el ser humano conoció o dominó la agricultura, se volvió sedentario. Luego, una vez satisfechas sus necesidades básicas y de protección, empezó a preguntarse el cómo y el porqué de los fenómenos naturales, así como a cuestionarse sobre sus orígenes y los orígenes de todo. Esto es lo que sucedió en todas las civilizaciones, y en el caso del Tawantinsuyo no fue diferente.

Los Incas se cuestionaron sobre el origen de muchos de los fenómenos físicos y naturales y, desde su cosmovisión, plantearon interesantes explicaciones sobre su origen. Entre estas, destaca su concepción del *Hananpacha* o «mundo de arriba», el espacio inalcanzable, motivo de curiosidad, de reverencia y de reciprocidad, que está presente en distintos aspectos de su vida cotidiana.

Según Heller (1970), cuando se analizan dos culturas distintas puede notarse que, aun cuando contemplen lo mismo, no «verán» lo mismo. Esta diferencia de concepciones tiene que ver con la cosmovisión particular de cada pueblo, que está relacionada, a su vez, con su experiencia vívida. Así, para poder comprender esta cosmovisión de los incas y la importancia de la astronomía en su vida cotidiana, deberemos dejar a un lado nuestra lógica occidental y sortear dos barreras: la del espacio (para viajar con la imagina-

ción hacia ese territorio inca) y la del tiempo (para viajar hacia ese pasado prehispánico).

Así, el presente artículo busca demostrar el conocimiento científico y tecnológico que tenían los incas sobre el espacio y cómo este conocimiento estuvo presente en la vida cotidiana de la gente del Tawantinsuyo. Para ello, comenzaremos proponiendo algunas definiciones preliminares.

Definiciones preliminares

En el campo de las ciencias humanas, el significado de cada palabra puede encerrar una polémica que, muchas veces, no se resuelve. Por ello, si la denominada «ciencia dura» no dictara criterios para llegar a un consenso respecto del significado de un término, no podríamos comunicarnos ni entendernos.

Sin embargo, existen ciertas situaciones en las que la definición de una palabra no puede circunscribirse a esos criterios debido a que no pertenecen a una misma cosmovisión del mundo, y esto sucede muchas veces cuando la ciencia occidental ha querido explicar o estudiar las concepciones del mundo andino. Entonces, debemos recurrir a palabras en las lenguas originarias para tratar de definir o explicar situaciones, sentimientos, ideas, etc. de nuestra cultura ancestral.

Por esta razón, en el presente artículo adoptaremos o constru-

remos conceptos o definiciones para las palabras que nos permitirán demostrar cómo la astronomía estuvo presente en la vida cotidiana del pueblo incaico. Para ello, inventaremos, reinterpretaremos o reconceptualizaremos una acepción para «vida cotidiana» y «rutina» paralelamente y, luego, para «saber cotidiano».

a) Vida cotidiana y rutina: Bé-gout (2009) define lo cotidiano «como una instancia antropológica anónima y colectiva que, inconscientemente, predetermina el sentido de la vida ordinaria de los hombres en el mundo, un proceso casi trascendental de posibilidad de la existencia» (p. 11). Esta es la definición que adoptaremos para referirnos a la «vida cotidiana». Por otro lado, llamaremos «rutina» a lo que pasa en el diario vivir y se repite con cierta aproximación en el espacio-tiempo. Así, desde nuestro punto de vista, lo rutinario sería una «oscilación espacial»; y lo cotidiano, «una oscilación temporal», sea armónica o no.

En el tiempo de los incas, lo cotidiano podía ser contemplar a la constelación Chaska todos los días en su salida heliaca; en donde el ciclo temporal sería de un día. Pero, también, eran cotidianas sus ceremonias a la Pachamama en los momentos de siembra y de cosecha en los que el ciclo temporal sería de

2, 3 o más meses, dependiendo del producto. Lo mismo sucede con sus rituales ante los solsticios y equinoccios cada 3 meses.

Por otro lado, en aquellos tiempos, podríamos decir que lo rutinario, en tanto depende del espacio en el que se desarrolla, era ir a Saqsayhuaman para hacer las ceremonias al Apu Inti o ir a la chacra a realizar la faena agrícola.

Sin embargo, para los incas, existía una instancia que agrupaba al tiempo y espacio a la vez: el Pacha. Por ello, a todo lo que ocurre en la vida de la gente del Tawantinsuyo —fuera cotidiano o rutinario o ninguno de los dos—, se le llamaba el *Allin Kausay* o «Buen vivir».

b) Saber cotidiano: para Heller (1970), el «saber cotidiano» es la suma de nuestros conocimientos sobre la realidad que utilizamos en un medio objetivo en la vida cotidiana del modo más heterogéneo». Agregaríamos a esta definición que este saber no se circunscribe a aquello que podemos utilizar en un medio objetivo, sino que puede aplicarse al mundo subjetivo, como es el mundo de los mitos o leyendas.

c) Ciencia: existen diversas aproximaciones a la palabra «ciencia». Para Popper, la ciencia es un producto humano cuyo fin es resolver los problemas a través del método del ensayo y error. Para Mario Bunge, la ciencia es un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, del que pueden deducirse principios y leyes generales. En su sentido más amplio, la ciencia también se emplea para referirse al conocimiento en cualquier campo, pero que suele aplicarse sobre todo a la organi-

zación del proceso experimental verificable.

Haciendo un resumen de esas aproximaciones, y aportando nuestras ideas, podemos afirmar que, para nosotros, la ciencia será la suma del método científico —conjunto de técnicas y pasos rigurosos, metódicos, objetivos, etc. — y el conocimiento científico —que es el conocimiento al que se llega por medio del método científico, mediante la experiencia o la introspección—.

Desde esta acepción, muchos de los conocimientos que tuvieron los incas fueron científicos. Prueba de esto es, por ejemplo, la construcción de Saqsaywanan con piedras ciclópeas unidas perfectamente. Esta y otras construcciones no fueron realizadas solo por unos cuantos dirigentes conocedores, sino que fueron realizadas mediante el *Tinkuy* o trabajo comunitario, lo que comprueba que estos conocimientos eran manejados por todos.

La Astronomía y la ciencia en la vida cotidiana de los incas

Desde que el hombre es consciente de que está inmerso en el cosmos, trata de organizar su vida atendiendo y respetando a su entorno. Esta consciencia estaba muy enraizada en el pueblo incaico, pues su relación con la naturaleza era más cercana.

Así, como todas las culturas que han tomado consciencia de esta cercanía, los incas —y muchos de los pueblos que los antecedieron— trataron de comprender y de interpretar los fenómenos astronómicos y meteorológicos a través de mitos u otros recursos. Gracias a su observación de estos fenómenos, se dieron cuenta de que los movimientos aparentes del Sol les indicaban el tipo de clima que tendrían en las diferentes temporadas, conocimiento muy importante debido a su aplicación para el éxito de la cosecha de sus productos. Gracias a este saber es que los incas alcanzaron un gran desarrollo en la agricultura.

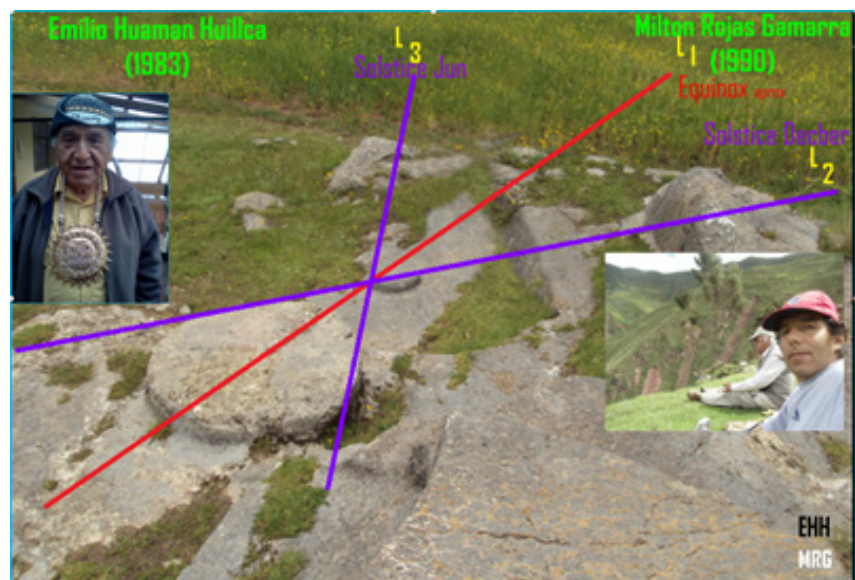


Figura 1. Salidas del Sol en los Solsticios L3 y L2 y Equinoccios L1 Visto desde la Waqa 44. Mi amauta Emilio Huamán Huilca descubrió que las rectas tangentes a los cilindros se proyectan a la salida del Sol en los solsticios, mientras que la línea que une los centros se proyecta aproximadamente a la salida del Sol en los equinoccios. Mi amauta comprobó estos en las entre décadas del 70 y 80, y luego yo lo acompañé para comprobarlo durante dos años yendo a ver la salida del Sol cada 14 días o cada dos domingos

ra y domesticación de las plantas nativas.

En este afán de interpretar los movimientos aparentes del Sol, sobre todo en el horizonte, se dieron cuenta de que se repetían lapsos temporales a los que llamaron *Intipwatan* («año del Sol»). Luego notaron que, en estos lapsos, había 2 días en los que un estilete vertical no dejaba sombra a medio día (equinoccio local); dos días en los que se alejaba más en el horizonte (los dos solsticios, en junio y diciembre); y los dos equinoccios, en marzo y septiembre.

En virtud de estas observaciones, eligieron el 21 de junio como la fecha de su ceremonia más grande, la fiesta del *IntipRaimy* («Fiesta del Sol»). Esto se debe a que, en los días cercanos a esta fecha, ocurrían muchos fenómenos astronómicos, como es el caso de la aparición heliaca de la constelación del Qollqa, la más estudiada e importante para los incas. Qollqa es el cúmulo abierto de estrellas que en occidente se llama «Las Pléyades». Las *qollqas* eran los «graneros», aquellos lugares donde se guardaban los diferentes productos secos como el maíz, las habas, la quinua y más, producto de las mitas que eran los «trabajos» que se hacían para todo el pueblo. Estas *qollqas* eran importantes porque el pueblo sabía que, si en algún lugar del Tawantinsuyo había sequías o fenómenos problemáticos como el del Niño, entonces se recurría a estas reservas para no pasar hambre. Debido a la importancia de las *qollqas*, denominaron así a esta constelación, ligada también a la alimentación y la vida, y considerada como la *Paqarina* o madre de todas las demás constelaciones.



Figura 2. Constelación Qollqa. Fotografía del autor.

Esta constelación recibió su nombre debido a que, a primera vista, parece ser como un conjunto de granos que se ve en el firmamento (ver figura 2). Y, además, por estar ligada a la agricultura en tanto que esta constelación tiene una salida heliaca justo por el solsticio de invierno, en junio, que es el comienzo del tiempo de heladas y, por ello, se le llamaba *Onqoy* que en castellano significa enfermedad.

Además de todo lo expuesto, cabe apuntar que, en el tiempo de los incas, existía un astrónomo que vivía en el Qoriqancha y que estaba al servicio del Inca y de todo el Tawantinsuyo. Él estaba encargado de indicar qué día se debía hacer las diferentes fiestas a los Apus del Cosmos, como es el caso del Sol (el *TaytaInti*) y de la Luna (La *MamaQuilla*). La figura del Astrónomo fue interpretada por primera vez por quien suscribe este artículo en el Intirraymi del 2022 (ver figura 3);⁸ nunca en la historia de esta fiesta del sol se representó tal papel. Como la palabra «Astrónomo» no aparece en las crónicas ni en el diccionario de la Lengua Quechua, le inventé un

nombre en quechua: *Kawsaypa-chayachacheq*.

Este astrónomo, en los tiempos del Tawantinsuyo, debía observar el horizonte por la mañana hasta que apareciera la constelación del Qollqa en su primera salida heliaca, pues sólo él sabía diferenciar si sus estrellas se veían tenues o brillantes y, según esto, podía predecir si sería un buen o mal año para el cultivo. Actualmente podríamos explicar esto



Figura 3. El Astrónomo del Inca. Interpretación del autor de este artículo en el Intirraymi del 2022 en Cusco

⁸ Quisiera agradecer al profesor de Arte y Teatro Edmundo Qosqo pues, gracias a su apoyo y al de la institución en que trabaja, pude prepararme y ganar la confianza necesaria para crear e interpretar este papel en el Intirraymi.

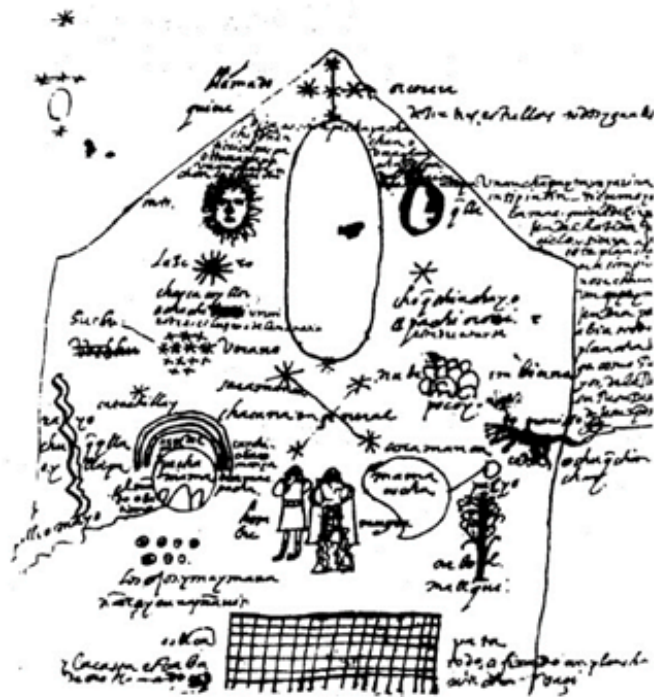


Figura 4. Dibujo de Pachacuti Salqamaywa con los nombres a las figuras como le dijeron y/o como él las interpretó. La constelación del Qollqa se encuentra al lado izquierdo

diciendo que la atmósfera es la que hace que las estrellas se vean o muy claras o muy tenues o borrosas, y esta se comporta de manera distinta según la temperatura sea helada, fría o cálida. Así, podemos inferir que aplicando el método científico de la prueba y error, el astrónomo podía predecir cómo sería el año a través de periodos de observación que debieron durar varios días.

La constelación del Qollqa (las Pléyades), Chaskaqoyllor (Venus) y todas las Qoyllorquna (Estrellas) tenían un cuarto especial en el Qoriqancha, en esta hay una ventana que directamente al solsticio y por él también se podía observar la primera salida heliaca del Qollqa, que justamente ocurría por esos días.

En nuestros días, la ceremonia del Intirraymi comienza en el Qoriqancha. Desde ahí se desplaza hasta la plaza principal, y luego sube hasta Saqsaywaman, en donde se realiza el sacrificio de una llama.

En los tiempos del «Imperio» Inka, cuando ya se sentía que iba a salir el Taita Inti, todos sus habitantes entonaban canciones, moviendo un pie al compás, dando cánticos y mandando besos volados —existían «muchaderos»— ceremoniales al Sol.

Por ser muy importante esta ceremonia, en los tiempos del Inkario se celebraba en todo lugar del Tawantinsuyo. Por ello, en la mayoría de lugares se tenía un Intiwatana o reloj solar, instrumento que permitía saber cuándo ocurriría el solsticio para que,

así, los lugareños de cada rincón realizaran la ceremonia. Otra de las maneras en las que se comunicaba el evento era a través de señales de humo que se producían desde algunas construcciones de adobe y/o piedra; en ellas, se prendía fuego y el humo que se filtraba por alguna de sus ventanas, se podía ver de cerro a cerro.

Aunque con la llegada de los españoles, y con la extirpación de idolatrías, esta fiesta se perdió. Sin embargo, desde el siglo pasado, la celebración del Intirraymi se ha recuperado gracias al tesón de los pueblos originarios y a la ayuda de municipios no solo del Perú sino de los distintos países que formaron parte del Tawantinsuyo, como Colombia, Ecuador, Bolivia, Chile y Argentina.

Pero volviendo al tiempo del dominio español, en lugar del Intirraymi se celebraba la fiesta del Corpus Christi, fiesta que ha sobrevivido hasta nuestros días y que se celebra en fechas cercanas al Intirraymi. En esta ceremonia, que hoy es un ejemplo del sincretismo, se lleva en andas a los diferentes santos de las parroquias de Cusco, procesión que se acompaña de música y bailes.

El conocimiento en el Tawantinsuyo no fue elitista

Durante la elaboración del presente artículo, entrevistamos al amauta Emilio Huamán Huillca,



Figura 5. Izquierda: Templo de Qollqa, Venus y las Estrellas. Derecha: Ventana en el recinto para ver las estrellas en el Qoriqancha. Está en dirección a la salida del Sol en el Solsticio de Junio; también mira a la primera salida heliaca del Qollqa.



Figura 6. Imágenes del Corpus Christi, fiesta cercana al Intirraymi

quien afirma que la educación en el Tawantinsuyo no fue elitista.

El amauta nos comenta que existían encargados de llevar la educación y que, en aquellos tiempos, los apellidos correspondían a la actividad que realizaban. Así, por ejemplo, los encargados de informar y educar eran los que apellidaban Huamán o sus derivados. También apunta que, si bien las élites recibían una mejor educación, la diferencia de su calidad respecto de la del pueblo era mínima, pues la mayor distinción radicaba en que a la nobleza, además de los conocimientos básicos, se le enseñaba cómo dirigir un pueblo. Sin embargo, a pesar de esto, el amauta comenta el Inka podía elegirse tanto de la nobleza como del pueblo, y que no existía una línea directa de sucesión.

Asimismo, comenta que, cuando los Incas conquistaban nuevos pueblos, los conocimientos y tradiciones de estos no eran suprimidos, sino, más bien, rescatados. De este modo, se producía un intercambio de sabiduría cultural y científica. Por ejemplo, de los mochica, aprendieron la orfebrería; de los Paracas, su textilería; de los Tiawanaco y Wari, el trabajo con

las piedras, aunque este último fue superado por los incas, como resulta evidente al observar la maestría de sus construcciones.

En cuanto a la astronomía, el pueblo en general conocía las oscilaciones del Taita Inti y la Mama Quilla; sabía cuándo era solsticio y equinoccio y, por lo tanto, cuándo haría frío o calor; sabían «leer» el cielo y anticipar las lluvias; entre otras cosas. Gracias a este conocimiento, alcanzaron un gran avance en la agricultura, ampliamente narrado en las crónicas.

Conclusiones

Por todo lo expuesto podemos concluir que, durante el Incanato, la ciencia —y en particular la astronomía— estuvo presente en la vida cotidiana e incluso rutinaria de los Inkas, siendo parte de su saber científico cotidiano. Llegamos a sostener esta afirmación a partir de las siguientes evidencias o razones:

- Los incas vivían en armonía y contacto con la naturaleza, lo que les permitió tener un conocimiento empírico de cómo los distintos fenómenos naturales tenían influencia en su vida cotidiana.

- Muchas de las actividades que se realizaban en todo el imperio estaban directamente relacionadas con los fenómenos astronómicos; especialmente, con el movimiento aparente del Sol; por ejemplo, el inicio o el fin de la cosecha.
- La primera salida heliaca de la constelación del Qollqa marcaba el comienzo del nuevo año inka. Por ello, todos los ayllus tuvieron conocimiento de este fenómeno, conocimiento del que dependía el éxito o la ruina de su cosecha.
- Los incas establecieron una especial relación entre las constelaciones y sus animales y plantas. Cada animal o planta tenía un símil en el cielo encargado de protegerlo y de su reproducción. También los accidentes geográficos tenían su correlato en el cielo, como es el caso de los ríos asociados con la vía láctea o Chaska Mayu («río de estrellas» en quechua).
- Las construcciones también siguieron un patrón astronómico, en tanto que se construyeron siguiendo la orientación del dios Sol o de otros astros importantes, como la luna, Venus o la constelación Qollqa.
- La existencia de Intiwatanas en muchos lugares del incanato demuestra la necesidad que tuvieron de medir el tiempo para saber los ciclos que tenía la Pachamama en su movimiento astronómico de rotación y traslación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baudin, L. (1955). *La vida Cotidiana en el tiempo de los últimos inkas*. Librería Achette.
- Bauer, B. S. (2001). *El Espacio Sagrado de los Incas: El Sistema de Ceques del Cusco*. Centro de Estudios Regionales Andinos.
- Bégout, B. (2009). La potencia discreta de lo cotidiano. *Persona y Sociedad* 23 (1), pp. 9-20.
- Gamarra, M., Gullberg, S., Estrázulas, M., Horvath, J. y Vasconcellos, C. (2020). Complementary duality of the Inca's cosmovision: An astrophysics perspective. *Astronomische Nachrichten*. 340.10.1002/asna.201913718.
- Heller, Á. (1970). *Sociología de la Vida Cotidiana*. Akademiai Kaidó de Budapest.
- Sagan, C. (1997). *Cosmos*. Planeta.
- Urton, G. D. (1981). *At the crossroads of the earth and the sky: An Andean Cosmology*. University of Texas Press.

LA CIENCIA Y LA ASTRONOMÍA EN EL DIARIO VIVIR DE LA CULTURA INKA



La astronomía desempeñó un papel fundamental en la vida cotidiana de los incas, tanto para la élite gobernante como para el pueblo en general. Estaba arraigada en su cultura y se utilizaba para guiar sus actividades diarias.



OBSERVATORIOS SOLARES

Los incas desarrollaron observatorios solares en todo su imperio para estudiar y predecir los movimientos celestiales. Estos observatorios les permitían determinar los momentos precisos para llevar a cabo ceremonias, rituales agrícolas y otras actividades importantes.

Una de las principales celebraciones astronómicas en el Tawantinsuyo era el IntipRaimy (Fiesta del Sol), que tenía lugar en el solsticio de invierno. Esta ceremonia marcaba el comienzo del año inca y estaba estrechamente relacionada con fenómenos astronómicos, como la primera salida heliaca de la constelación del Qollqa.



RELACIÓN DEL CIELO Y SU ENTORNO

Las constelaciones tenían una relación directa con los animales y las plantas que formaban parte del entorno natural de los incas. Cada animal y planta tenía su equivalente en el cielo, y se creía que estas entidades celestiales los protegían y aseguraban su reproducción exitosa.

El río también tenía su contraparte en el cielo, que era la propia Vía Láctea. La Vía Láctea era conocida como Chaska Mayu, que significa "río de estrellas". Este vínculo entre el río y el cielo reflejaba la estrecha conexión que los incas percibían entre el mundo terrenal y el celestial.



La astronomía desempeñó un papel central en la vida cotidiana de los incas. Su conocimiento y comprensión de los movimientos celestiales les permitían guiar sus actividades agrícolas, ceremoniales y rituales. La difusión de este conocimiento en todo el imperio y la importancia que se le daba a la educación astronómica demuestran que esta ciencia era parte integral de la cultura inca y no estaba reservada exclusivamente para la élite.



EN SUS CEREMONIAS Y RITUALES

La astronomía se utilizaba para determinar los momentos precisos para llevar a cabo ceremonias y rituales en todo el Tawantinsuyo. Los encargados de realizar estas actividades, conocidos como Quraqas, debían estar al tanto de los eventos celestiales, como la salida heliaca de astros o la posición de las sombras en los Intiwatanas.

Las ceremonias astronómicas se llevaban a cabo de manera simultánea en todo el Tawantinsuyo, lo que resaltaba la importancia de estos rituales en la vida de los incas. Los relojes solares, conocidos como Intiwatanas, se utilizaban para marcar los momentos precisos para la realización de estas ceremonias.



EDUCACIÓN NO ELITISTA

La educación astronómica no era elitista en el Tawantinsuyo. Los conocimientos sobre astronomía se difundían en todo el imperio y se enseñaban a través de los Amautas, mensajeros del Inca, que llevaban la sabiduría y el conocimiento a todas las partes del Tawantinsuyo, asegurando que las comunidades estuvieran informadas y conectadas con los aspectos astronómicos de su cultura.

Además, la construcción de relojes solares y la orientación astronómica de las construcciones evidenciaban la importancia dada al conocimiento del tiempo y los ciclos astronómicos en todo el imperio.

El Canal de Kumpy Mayu, obra cumbre de la ingeniería preinca

Fransiles Gallardo Plasencia



Recorrido del Canal de Kumpy Mayu. Fotografía: Emilio Celis

El Canal de Kumpy Mayu es una obra cumbre de la ingeniería hidráulica preinca. Construido con consistentes conocimientos geodésicos, topográficos y astronómicos —y con avanzados conceptos hidráulicos, de ingeniería geológica y de uso, tratamiento de aguas, siembra y cosecha—, la existencia de este Canal confirma la maestría de la ingeniería ancestral.

Kumpy Mayu, o «Río Fino, Río Angosto o Canal de Agua Bien Hecho» en la traducción al castellano, fue construido entre el Período Arcaico Tardío y el Formativo Inferior, según los datos sugeridos por Fernando Silva Santisteban. En el presen-

te artículo analizaremos las razones que motivaron su construcción y su importancia.

¿Por qué se construyó el Canal?

De los recursos que la naturaleza le ha proveído a la humanidad para su supervivencia, el agua es el elemento más importante y el canal es la opción más simple, básica y de mejor trabajabilidad para su transporte y su eficiente uso. Un canal es un conducto en el cual el agua discurre encausado debido a la acción de la gravedad y sin presión alguna.

Los canales de irrigación en el Perú Prehispánico fueron obras públicas y se construían con el concurso de la mano

de obra masiva, procedente de los habitantes de las diferentes aldeas beneficiarias. Su diseño estuvo a cargo de los «ingenieros» preincas, los *K'illikachas* quienes, gracias a sus conocimientos sobre la geometría, el control hidráulico o la perfección del tallado en la roca, entre otras cuestiones, lograron construir canales con la eficiencia necesaria para la conducción del agua, sin filtraciones, embalsamientos, sedimentaciones ni erosiones.

En el caso particular del Canal de Kumpy Mayu, este se construyó con la finalidad de disminuir las sequías agrícolas y la escasez de agua en

las laderas y las zonas bajas, conduciendo agua desde una bocatoma ubicada a mayor altura mediante un canal con el caudal necesario y suficiente para el cubrir el requerimiento acuífero de los terrenos de cultivo y el consumo humano de los pobladores de Waka Loma y sus alrededores.

Además, el Canal permitió irrigar terrenos eriazos de las laderas bajas, aumentando la producción agrícola para consumo, así como aumentar el pastoreo de los animales domesticados, manteniendo un sistema continuo de agua de una población creciente año tras año.

¿Cuál es la importancia de su diseño?

La construcción del Canal de Kumpy Mayu destaca por la formulación matemática de su diseño; por el tratamiento del agua para su abastecimiento, circulación y uso; además de las técnicas diversas utilizadas para tallar y transformar la piedra. Supone también, conocimientos científicos, geodésicos, topográficos, hidráulicos y agrícolas.

Para su construcción, los ingenieros *K'illikachas* y artesanos de Waka Loma manejaron información sobre caudales hídricos, tratamiento de suelos, subsuelos, estratos y climas; además de una valiosa información sobre procesos líticos y sobre el uso de productos vegetales para el procesamiento y acondicionamiento de piedras y rocas.

La primera gran investigación sobre el Canal

El 18 de junio de 1947 el ingeniero George Petersen, profesor emérito de la Universidad Nacio-



El Canal de Kumpy Mayu. Fotografía: Emilio Celis

nal de Ingeniería (UNI), realizó la primera gran investigación con criterio técnico y de ingeniería, la que quedó documentada en el estudio «Cumbemayo, Acueducto Arqueológico de Cruza la Divisoria Continental (Departamento de Cajamarca, Perú)», publicada en 1969 en la revista *Tecnia*.

En la antigüedad, el aprovisionamiento de agua para usos domésticos no constituía un gran problema, debido el volumen exiguo que se requería, pudiéndose extraer de riachuelos, canales de regadío o pozos excavados a poca profundidad donde era practicable. Sin embargo, en el caso de la cultura Waka Loma, problemas como las grandes sequías, lluvias precarias, y la expansión urbana y poblacional, les obligaron a recurrir a obras de gran envergadura, que aún en tiempos de alta tecnología, causan admiración y elogio.

Al respecto, el ingeniero Georg Petersen (1969) escribe en su investigación:

El acueducto de Cumbemayo tiene una longitud de 9 000 metros construidos parcialmente en el lado occidental de los Andes, con el

propósito de conducir agua cruzando la divisoria acuarium hasta Cajamarca, en el lado oriental de los mismos.

Al completar el recorrido de la acequia de Cumbemayo, en el extremo de las afueras de Cajamarca, verificamos que esta obra de ingeniería hidráulica cruzaba la Divisoria Continental, conduciendo las aguas de la vertiente del Océano Pacífico a la cuenca del río Amazonas, y, por ende, al Océano Atlántico.

Por tanto, el flujo de este sistema fue contrario a la tendencia actual de llevar aguas del lado oriental de los Andes hacia la costa, para el regadío de los terrenos desérticos.

Ante el caso asombroso de Cumbemayo que, según se sabe, es único en la hidrología andina y no existiendo ninguna representación cartográfica de su recorrido se resolvió realizar un levantamiento topográfico integral del mismo (p. 113).

Asimismo, Petersen hace referencia al primer levantamiento topográfico de la acequia Cumbemayo, realizado por el ingeniero cajamarquino J.M. Cacho y el topógrafo J.H. Fiestas: «Este levantamiento topográfico lo realizan desde el inicio de la toma de aguas, hasta el estanque final en Santa Apolonia, con una longitud de 9 000 metros lineales» (1969, pp. 136-137).

Trazo e inicio del Canal de Kumpy Mayu

Los *K'illikachas* de Waka Lomas y sus ayudantes caminaron detenidamente la zona, anotando los menores detalles topográficos y de estructura del suelo que in-

fluyeran en el probable eje de su trazo.

Determinado el punto inicial o bocatoma en la zona de los Cumbicus o Cumbes, los *K'illikachas* hicieron un primer trazo tentativo inicial hasta llegar al reservorio final, ubicado a quinientos metros de la colina de Santa Apolonia.

Realizaron un trazo preliminar, pintando líneas paralelas con tierra caliza blanca; plantando estacas cada determinada longitud, tomando muestras para determinar la calidad de los suelos, anotando las dificultades topográficas, dejando señales para determinar una poligonal y, con el estacado colocado, confirmar la posterior nivelación.

Sobre el suelo preparado, dibujaron las secciones transversales entre estaca y estaca señalando las pendientes, anchos y profundidades, de acuerdo con criterios técnicos preestablecidos, incidiendo en las secciones aguas abajo, para que, en su construcción no existan problemas con la contracción y la expansión, evitando posteriores disturbios hidráulicos.

Sobre el inicio del canal, Petersen (1969) señala lo siguiente:

La acequia de Cumbemayo o Kumpy Mayu, hoy parcialmente destruida, se inicia a una altura de aproximadamente 3 550 msnm, a 7.5 km al oeste suroeste de Cajamarca, en las faldas occidentales de la agrupación de los cerros Cumbe (Cumbicus); tiene el propósito de recolectar las aguas de las chorreras que bajan de los cerros Majoma, Yanacaga, Consejo, Frailones y Cumbe,

sitios en la Divisoria Continental. Las arterias fluviales referidas son tributarias de la quebrada Cumbemayo o Kunpy mayu o Cumberrío.

En condiciones naturales, sus caudales discurren hacia el río Magdalena-Chilete-Jequetepeque que desemboca en el Océano Pacífico; pero en la antigüedad, el acueducto de Cumbemayo los condujo pasando el Divortium Aquarium andino hasta la población de Cajamarca (p. 113).

La bocatoma

El criterio hidráulico básico determina que, cuanto más alto se ubique la captación de la bocatoma del canal, mayor será el área de tierras a irrigar.

En el caso de Kumpy Mayu, la captación del agua es un dique cuadrangular de 2 metros de lado y el fondo a 3 578 msnm, con coordenadas 7° 11'27,1" LS – 78° 34'57,4" LO, según señala William Guillén.

La bocatoma del canal está formada por 2 piedras talladas de 1.00 m x 0.80 m x 0.10 m incrustadas dentro de la captación, con un vertedero trapezoidal tallado en la misma piedra de 0.30 m x 0.20 m.

Para controlar la velocidad de llegada del agua al vertedero de salida de la bocatoma, los ingenieros colocaron una piedra triangular de bordes redondeados para que el agua que ingresa colisione con la roca labrada, regulando la velocidad de ingreso al canal, originando un imperceptible efecto remolino o turbulencia.

Pendiente promedio

Los cálculos y mediciones realizadas por especialistas e investigadores de la ingeniería actual determinaron que la pendiente

promedio del Canal de Kumpy Mayu es de 1 a 2 mm por metro lineal.

«Esta mínima pendiente, evita la erosión de la piedra tallada y la sedimentación en el fondo del canal», señala el ingeniero William Guillén.

Este canal es la evidencia del desarrollo de una ingeniería de muy alto nivel y del tratamiento absoluto del tallado y el empalme de las piedras, evitando filtraciones de acuerdo a las pendientes planteadas.

El entrabe entre las piedras labradas del fondo, el tallado directo en la roca del fondo y las paredes laterales; sigue un alineamiento y una pendiente casi perfectos, para que el agua discurra sin turbulencias y sin velocidades no calculadas.

Esta era una forma de facilitar la derivación del agua que corría por el canal limitando la velocidad del agua, controlando los riesgos de erosión lateral, la sedimentación en su fondo y el desborde de los canales por sobre carga.

Descripción general del Canal de Kumpy Mayu

El canal se encuentra a unos 3 550 m de altura y a 25 km de la ciudad de Cajamarca, con un recorrido total de 9 mil metros de longitud. De acuerdo con el estudio realizado por George Petersen (1969), tiene tres segmentos diferenciados.

El primer tramo tiene 850 m. de largo a partir de la Toma. Está labrado esmeradamente, en roca volcánica de color blanquecino, que aflora en dicho sitio donde se destaca por sus estructuras columnares esculpidas por la intemperie.

El segundo tramo mide más de 2600 m de longitud, extendiéndose desde el término del canal cortado en roca hasta alcanzar el



La bocatoma del Canal de Kumpy Mayu. Fotografía: Emilio Celis

Abra en la Divisoria Continental a unos 3 510 m s n m.; excavado en ladera del cerro Consejo.

El tercer tramo tiene una longitud de 5 650 m; desciende por la quebrada San Vicente pasando por Relingo hasta el sitio llamado Agua Tapada donde, mediante un canal elaborado igualmente en roca, atraviesa el camino de herradura entre la Cumbe y Cajamarca; continua luego a lo largo de una quebradita hasta un Reservorio que se ubica al pie del cerro Santa Apolonia, a más o menos 500 m al sur oeste del Colegio Nacional de San Ramón.

El arqueólogo Julio César Tello en su visita a Cajamarca en 1941 menciona dos grandes pozas, en parte visibles todavía, al oeste de la ciudad, ocultas por las tierras de cultivo que hoy cubren sus lechos.

Características técnicas del Canal

El Canal de Kumpy Mayu presenta las siguientes características técnicas:

- Curvas: el círculo y el cuadrado son las figuras geométricas del diseño del canal, cuyos segmentos constituyen las curvas de

90°, enlazando tramos rectos, proyectados en un arco de curvatura circular. Estas curvas se encuentran en los inicios del canal y el ancho varía de 35 a 50 cm. Las curvas permiten que el agua fluya controladamente, sin erosionar las rocas laterales del canal. Las esquinas en escuadra de estas curvas plantean diversas incógnitas y mayor misterio a la obra.

- Radios mínimos: el cambio brusco de dirección del agua se sustituye por una curva cuyo radio es mínimo, pues estas permiten ahorrar energía; es decir, son, hidráulicamente, más eficientes.
- Ángulos en escuadra: se construyeron quiebres del canal con 5 ángulos en zigzag de 90 grados y con 2 ángulos, con las mismas características. Estos tallados en roca y a escuadra permiten la disminución de la velocidad de salida del agua, debido a los cambios de dirección para alcanzar una velocidad mínima, sin

originar erosiones en las paredes ni sedimentación en el fondo.

- Sección rectangular: estas secciones son utilizadas en canales construidos con materiales estables, revestidos, excavados o trabajados en roca. El contacto entre el agua y los lados verticales del canal causa fricción en función de la suavidad o aspereza del material trabajado.
- Profundidad excavada en la roca: varía entre 10 y 30 cm; y, en las partes altas, entre 30 cm y 1 metro.
- Caudal promedio: es de 0,0743 m³/seg en pendientes casi rasantes de 3 mm x metro lineal y en algunas secciones de 7 mm x metro lineal. Desde su origen hasta el término del segundo tramo, la pendiente promedio es de 1,6 m x Km de longitud, lo que permite una velocidad de 0,2935 m/seg.

En cuanto a las características hidráulicas del Canal, es decir, en cuanto al manejo de agua en el canal, podemos anotar que los ingenieros o K'illikachas ancestrales conocieron, manejaron e implementaron conceptos especializados de ingeniería e hidráulica como son: talud, ancho superficial o espejo de agua, área hidráulica, radio hidráulico, profundidad hidráulica, rugosidad de las paredes, flujo con curvatura, flujo en transiciones, flujo uniforme y salto hidráulico, entre otros conocimientos básicos y especializados.

Finalmente, en cuanto a los fundamentos de diseño de su construcción, es preciso señalar

lar que los *K'illikachas* manejaron los fundamentos de ingeniería hidráulica actual, lo que les permitió realizar procesos de cálculo y diseño, como son: el análisis de estabilidad, análisis estructural, máxima Eficiencia Hidráulica y diseño de rasantes para controlar la velocidad del agua en el canal, en lugares donde los desniveles eran muy pronunciados y los espacios muy reducidos, para lograr su desarrollo, ampliando o reduciendo las longitudes y profundidades del canal. Además, con la finalidad de obtener el mejor diseño, construcción, funcionamiento, uso y mantenimiento posterior, variaron el trazo, usando figuras geométricas, como curvas, semicurvas, ángulos rectos y ángulos en zigzag.

Conclusiones

El canal de Kumpy Mayu, es un prodigio de la ingeniería hidráulica prehispánica y orgullo de la ingeniería peruana de todos los

tiempos. En virtud de esta importancia, ha sido estudiado por la doctora Ruth Shady Solís, Fernando Silva Santisteban y los arqueólogos japoneses Ryozo Matsumoto, Terada y Onuki y Kinya Inokuchi, entre otros.

No existe un consenso respecto de la fecha de su construcción. De acuerdo con Fernando Silva Santisteban, fue hace 4000 años o 2000 a.C.; según Ruth Shady, hace 3200 años o 1200 a.C.; y, de acuerdo con Shimada y Matsuda, hace 3400 años o 1400 a.C.; por citar solo algunas de las dataciones arqueológicas de este canal.

Topográficamente, el canal de Kumpy Mayu es un acueducto arqueológico de 9000 metros que cruza la divisoria Continental construido parcialmente, en el lado occidental de la cordillera de los Andes, con el propósito de conducir sus aguas cruzando la divisoria acuarium hasta Cajamarca, en el lado oriental de los Andes.

Hidráulicamente, por estudios realizados con tecnología moder-

na, el ingeniero William Guillén, demostró que, aún con el tiempo transcurrido desde su construcción, el canal de Kumpy Mayu se mantiene vigente en uso y eficiencia manteniendo sus características técnicas efectivas.

Constructivamente, y según lo analizado con el ingeniero Jorge Alva Hurtado, el diseño del Canal de Kumpy Mayu ha sido posible gracias a un análisis previo de estabilidad de canales, análisis estructural en paredes y fondo, estudios de estratificación y suelos, y diseño de rasantes, para lograr la máxima eficiencia hidráulica.

Por todo esto, y de acuerdo con la teoría sustentada por Orloff, el Canal de Kumpy «es una obra de tal envergadura y su construcción refleja el trabajo y el conocimiento de ingenieros, que solucionaban los problemas de la pendiente crítica del terreno, que calculaban y hacían mediciones topográficas de las variaciones del terreno, controlando el flujo de agua en relieves cambiantes».

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Silva Santisteban, F. (1982). *Historia del Perú: Perú Antiguo*. Ediciones Búho.

Petersen, G. (1969, 3 de septiembre). Cumbemayo: Acueducto Arqueológico que cruza la divisoria Continental (Departamento de Cajamarca, Perú). *Tecnia, Revista técnico-científica* N° 3.

Shady, R. (2006). El sistema social de Caral y su trascendencia: El manejo transversal del territorio; la complementariedad social y política, y la interacción intercultural. *Revista de Arqueología Social Nayra Kunan Pacha*, Año 1, N° 1.

Alva, J. (1981). Breve historia del fenómeno de Licuación de Suelos en el Perú, "Bibliografía sobre los Terremotos Peruanos: Aspectos Ingenieriles". *El Ingeniero Civil* N° 15.



3

INVESTIGACIÓN
EN EL PERÚ

Yupana Inka Tawa Pukllay (YITP): recuperando la matemática inka después de 500 años

Dhavit Prem

Director de la Asociación científica y cultural Yupanki

Al observar las maravillosas obras arquitectónicas y de ingeniería, así como al vislumbrar el vasto trabajo administrativo y de censo de personas y recursos requerido para gobernar el Tawantinsuyo durante el Incanato, se infiere que la gran civilización Inca debió contar con conocimientos matemáticos sólidos y continuamente practicados.

El *kipu*, conocido dispositivo de cuerdas y nudos utilizado para el registro de cuentas numéricas y para fines narrativos, ha sido señalado ampliamente —aunque de manera errónea— en libros de matemática e historia, como el dispositivo destinado a hacer los cálculos numéricos.

Aún desde inicios del siglo XX, cuando se halló el manuscrito del cronista indígena Felipe Guamán Poma de Ayala, Nueva Crónica y Buen Gobierno, en la Biblioteca Real de Copenhage en Dinamarca, ya se sabía de la existencia de otra herramienta utilizada para realizar las operaciones numéricas: en la página 360 de dicho manuscrito se encontró la imagen del curaca Condorchaua sosteniendo un *kipu* con las manos, y a su costado, una *yupana* (vocablo quechua que alude a un «instrumento para hacer cuentas o calculadora»), estructura matricial de cuatro columnas y cinco filas, cada

una de ellas con 1, 2, 3 y 5 puntos como se ve en la figura 1.



Figura 1. Dibujo detallista de curaca Condorchaua con yupana y khipu

No obstante, su existencia fue ignorada o cuando menos pasó desapercibida por muchos cronistas e historiadores que siguieron describiendo al *kipu* como herramienta de cálculo aritmético, como el Inca Garcilaso de la Vega; a excepción de unos cuantos estudiosos, tanto peruanos como extranjeros, que desde inicios del siglo pasado estudiaron la *yupana* y propusieron variados intentos para su decodificación (Concytec, 1990; Hernández, 2004; Florio, 2008; Burns, 2010; Rivas, 2014; Ríos, 2013; De Pasqueale, s/f; Radicati, 1980; Chirinos, 2010; Moscovich, 2010; y Dhavit-Prem, 2014-2016).

Este artículo empieza haciendo un breve resumen de la filo-

sofía de las matemáticas que no contempla el mundo andino, desde el conocimiento griego e indo-arábigo hasta los aportes en tiempos del Círculo de Viena.

A continuación, presenta las dos principales evidencias de la matemática inka en las crónicas (Guamán Poma, 2005 y Acosta, 2008), y se centra con detalle en el método Yupana Inka Tawa Pukllay (YITP) (en español, «Los Cuatro Juegos»).

Finalmente, se presentan las actividades realizadas en pro de la reinserción del conocimiento matemático inka en la academia y en las comunidades, así como el impacto que viene teniendo en los distintos campos de la ciencia y la tecnología.

El nuevo paradigma YITP ofrece múltiples posibilidades y abre nuevas líneas de investigación basadas en: a) la participación de la academia mediante las rigurosas validaciones de YITP en artículos científicos publicados en revistas y congresos internacionales indexados y b) la participación activa de diversas comunidades indígenas en la reinserción del conocimiento, con quienes se comparte y de quienes se retroalimenta este valioso legado ancestral.

De Grecia al Wiener Kreis

Con el florecimiento de la filosofía en la antigua Grecia, surgie-

ron y se desarrollaron también las bases de la ciencia moderna —el pensamiento crítico, la lógica y la matemática—, las que irían tomando una forma más definida en manos de investigadores como Copérnico, Galileo Galilei, Descartes y Newton, para finalmente encontrar un espacio privilegiado y definido como la ciencia que hoy conocemos, con el impulso de científicos y epistemólogos (filósofos de la ciencia) principalmente relacionados al grupo de intelectuales del Círculo de Viena (*Wiener Kreis*), en la década de 1920.

Precisamente, es recién a fines del siglo XIX y principios del siglo XX que surgieron figuras de matemáticos y filósofos de las matemáticas que buscaron formalizar sus bases; esto es, construir un sustento basado en el pensamiento racional que demuestre que las afirmaciones que se hacen sobre la base de las matemáticas son verdaderas y, como tales, demostrables.

Este trabajo resultó de obvia necesidad e importancia, ya que muchos de los sustentos científicos se basan en la matemática y, en consecuencia, las mismas bases debían de contar con un sólido sustento.

El desafío planteó diversas y profundas interrogantes respecto de la naturaleza de las matemáticas y de los números. Por ejemplo, cuestionaron si los números existen de manera independiente a la mente humana o si requieren de la participación de ella. Esto dio paso a posturas que buscaron dilucidar tal problema filosófico desde distintas perspectivas, surgiendo propuestas como:

- a) La del italiano Giuseppe Peano, quien desarrolló una creativa manera de axiomatizar los números naturales, es

decir, de crear sencillas reglas a partir de las cuales demuestra —con evidente requerimiento de intervención de la mente humana— la generación de dicha secuencia de números;

- b) Las de Cantor, Frege, Dedekind, Zermelo y Frenkel que dieron, paulatina y secuencialmente, nacimiento a la axiomatización de lo que hoy conocemos como la «teoría de conjuntos»; y
- c) La más bizarra propuesta de formalización de las matemáticas, mediante el uso de la lógica, hecha por Bertrand Russell y Whitehead en su obra de tres volúmenes *Principia Mathematica* en la que tan solo la demostración lógica de que $1+1=2$, les tomó 360 páginas.

Una historia incompleta

Pero la historia de la formalización de la matemática y la ciencia está aún incompleta. A pesar de que los avances en las telecomunicaciones y en el transporte han permitido una masiva convivencia virtual y un gran intercambio cognitivo y cultural que siglos atrás era prácticamente imposible siquiera imaginar; existe aún, producto de la sesgada difusión informativa, un tremendo desconocimiento de la historia, la cosmovisión, la filosofía y la ciencia andina.

La Matemática Inka YITP es una matemática que hoy resurge después de quinientos años y que se concibe de un modo sui generis, ofreciendo un gran potencial para nutrir a la ciencia moderna, tanto a nivel humano como tecnológico. Ejemplos hay muchos, y no es necesario viajar lejos para conocerlos. Solo es necesario mirar nuestro pasado, e

incluso nuestro presente: a las comunidades originarias, a nuestras propias raíces.

Constituye una matemática que, paradójicamente, no requiere pensar en cálculos mentales numéricos de la forma convencional o indo-arábica, sino que está basada en el reconocimiento de patrones y puede ser ejecutada de manera secuencial o paralela mediante movimientos estratégicamente pensados, utilizando una forma de pensamiento muy similar a la del ajedrez (Dhavit-Prem, 2014-2016), desarrollando en sus practicantes el pensamiento matemático y computacional (Guzmán y Escotto, 2023; Alvarado et. al., 2022).

Según se ha visto en distintas experimentaciones aún no validadas, permite comprender de manera concreta y lúdica las operaciones aritméticas aún a personas que padecen de algún tipo de dificultad con los números, sugiriendo que su manejo implicaría un conjunto de sinapsis cerebrales distintas a las que se generan al operar la aritmética de la forma convencional.

Matemática inka

Así como una de las cuestiones filosóficas es si existe una filosofía occidental y otra oriental (Abraham, 2011; Osho, 1988), frente a la que la opinión de algunos filósofos queda dividida; así también ha surgido una cuestión sobre si existe una *matemática inka* (Urton y Llanos, 1997) y una *matemática indo-arábica*, o una *matemática azteca*, o una *egipcia*, o una *maya*, etc.

Respecto a este punto, el uso de tales denominaciones en el presente artículo responde a un fin puramente práctico, pues es evidente que la matemática —a fin de *cuentas*— es única, y que

trasciende a cualquier nación, tradición, cultura, tiempo o espacio.

No obstante, estas etiquetas son de mucha utilidad a la hora de precisar ciertos conceptos meta-matemáticos o cuando se quiere hacer hincapié en la relación étnica, histórica o cultural de las distintas civilizaciones y sus contribuciones matemáticas.

Evidencias en las crónicas

De entre todas las crónicas conocidas hasta hoy, dos son las que resaltan por el detalle con el que describen las herramientas y realización de las operaciones aritméticas en el incanato. Si bien es cierto que ninguna de ellas menciona directamente la forma de manejo de la *yupana*, el cronista Guamán Poma aporta con una maravillosa y crucial precisión en su dibujo, señalando con claridad la disposición de filas, columnas y puntos de la *yupana*; asimismo, aporta con algunos datos importantes, como el listado de adjetivos numerales, que evidencian el uso de la base diez; menciona también el conocimiento del concepto de infinito, al que reporta ser denominado *pantacac huno* (cuya traducción literal sería «la potencia de diez que conduce al error»). Por su parte, el jesuita José de Acosta dejará indirectamente muchas claves sobre el funcionamiento de la *yupana*. El jesuita Domingo de Santo Tomás dejará en *El Lexicón* (1951) evidencias del conocimiento del cero, de su amplio uso como raíz nominal en el quechua y hasta mencionará la existencia de un término específico para el diez mil (*hunu*), término con el que solo pocas lenguas cuentan.

Propuestas sobre la yupana

Son aproximadamente quince las propuestas de decodificación del manejo de la *yupana*, y estas difieren entre sí principalmente

en tres puntos: a) posición del tablero de la *yupana* (horizontal o vertical); b) interpretación de los puntos y la consecuente valoración de los mismos o de las casillas; y c) los algoritmos o formas de operación para las operaciones aritméticas (Prem *et al.*, 2022).

Tawa Pukllay (TP)

En agosto de 2014 se publicó la primera edición de *Yupana Inka. Decodificando la matemática inka. Método Tawa Pukllay*, centrándose en la novedosa propuesta para realizar las cuatro operaciones aritméticas básicas: adición, sustracción, división y multiplicación. (Dhavit-Prem, 2014-2016).

TP propone algo totalmente revolucionario tanto en el campo de las matemáticas como a nivel histórico: a nivel matemático, YITP plantea que es posible realizar operaciones aritméticas sin necesidad de hacer los cálculos numéricos indo-arábigos; y que es posible hallar resultados mediante un proceso de reconocimiento de patrones y ejecución de movimientos predefinidos estratégicos, de una forma muy parecida al ajedrez (Dhavit-Prem, 2014-2016).

A nivel histórico, YITP propone que la civilización Inka contaba con un cuerpo de conocimiento

matemático propio, coherente con el avanzado desarrollo demostrado en diversas ramas de la *ingeniería andina* prehispánica y la administración del Tawantinsuyo.

En agosto de 2016 se formó la Asociación Yupanki para la investigación y difusión de la matemática inka, y el desarrollo de nuevas tecnologías; se publicó un kit de autoaprendizaje que incluye una versión impresa actualizada del libro, que incorpora datos importantes como antecedentes de la investigación y ejemplos más detallados, basados en las experiencias compartidas en las comunidades andinas que se visitaron en los primeros años de presentación del método TP.

Investigación bibliográfica

Entre los pocos textos encontrados sobre la *yupana*, la tesis de doctorado del doctor Ricardo Vílchez Chumacero (2013) fue pieza clave para encontrar algunas de las propuestas más conocidas hasta entonces. De entre ellas, dos fueron las que llamaron nuestra atención: la del antropólogo Andrés Chirinos (2010), por su original forma de asignar valores a los puntos de la *yupana*, y por su interesante y desafiante conjunto de algoritmos para las

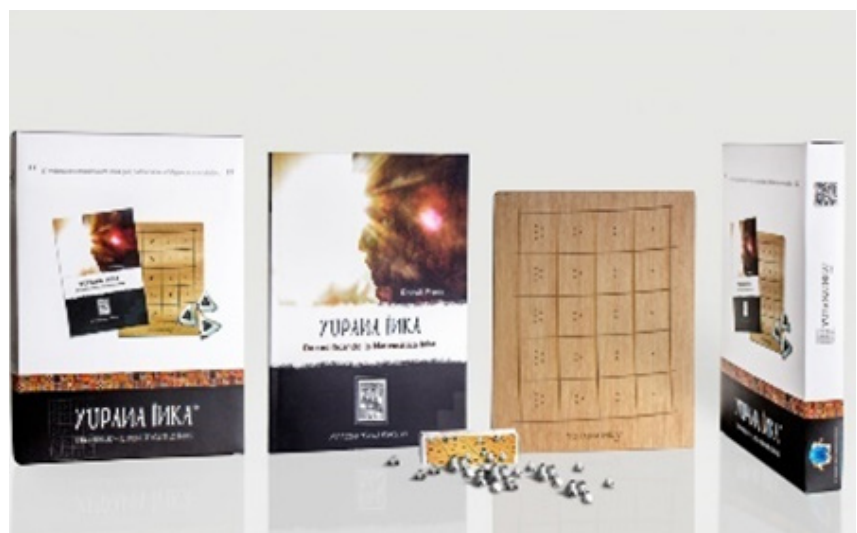


Figura 2. Kit Yupana Inka Tawa Pukllay

cuatro operaciones aritméticas básicas; y la del ingeniero Hugo Pereyra Sánchez (Concytec, 1990), que aunque no proponía algoritmos para las cuatro operaciones básicas —pues omitía a la división— presentaba una más que interesante interpretación de los recuadros de la yupana y la consecuente representación de los números que nos recordaba al manejo binario ampliamente utilizado en los bits de los computadores.

Fue precisamente con la propuesta de representación de números del ingeniero Pereyra que comenzamos a experimentar con las operaciones aritméticas; sin embargo, si bien la representación de números era interesante, los procedimientos de cálculo mantenían la lógica indo-arábica y esto nos producía serias dudas, pues la evidencia indicaba que la forma de operar el tablero por parte de los Inkas era distinta, incluso incomprensible para su culto testigo. Esta evidencia puede rastrearse en el séptimo tomo de la *Historia natural y moral de las Indias* del Padre José de Acosta:

(...) pues verles otra suerte de quipos, que usan de granos de maíz, es cosa que encanta; porque una cuenta muy embarazosa, en que tendrá un muy buen contador que hacer por pluma y tinta, para ver a como les cabe entre tantos, tanto de contribución, sacando tanto de acullá y añadiendo tanto de acá, con otras cien retartallias, **tomarán estos indios sus granos y pondrán uno aquí, tres acullá, ocho no sé dónde**; pasarán un grano de aquí, trocarán tres



Figura 3. Tawa Pukllay aritmética de patrones

de acullá, y, en efecto, ellos salen con su cuenta hecha puntualísimamente sin errar un tilde, **y mucho mejor se saben ellos poner en cuenta y razón** de lo que cabe a cada uno de pagar o dar, que sabremos nosotros dársele por pluma y tinta averiguado. Si esto no es ingenio y si estos hombres son bestias, júzguelo quien quisiere, que lo que yo juzgo de cierto es que, **en aquello que se aplican, nos hacen grandes ventajas** (Acosta, 2008).⁴

Tres puntos importantísimos a rescatar de este texto de Acosta: a) la descripción que realiza permite entrever claramente que el algoritmo utilizado es irreconocible, desconocido o cuando menos incomprensible para el cronista; b) al mencionar *cuenta* y *razón* se está refiriendo tanto a las operaciones de adición y sustracción («cuenta») como a las de multiplicación y división («razón»); y c) explicita la ventaja de las operaciones realizadas por los inkas con las piedras y semillas, frente a las que los españoles realizaban con pluma y papel.

En el 2018 se imprimieron unas pocas unidades del libro *Hatun Yupana Qellqa* («El Gran libro de la Yupana»), con el fin de aportar a la Biblioteca Nacional del Perú con unos ejemplares que contienen un análisis y síntesis de los otros quince métodos desarrollados por diversos autores desde inicios del siglo XX hasta nuestros días. Este libro contiene también otros desarrollos a partir de YITP, como la versión *QOKA Tawa Pukllay* para invidentes, el *P'awaq Yupana* o neo-ábaco de lógica múltiple y el *Runa Yupana* o «yupana humana», que combina la lógica aritmética del YITP con dinámicas gimnásticas.

Nacimiento del Tawa Pukllay

Frente a tal evidencia, realizamos múltiples experimentaciones, en medio de las cuales empezaron a aparecer patrones repetitivos; cuantas más operaciones realizábamos, más evidentes se hacían estos patrones, invitándonos a responder la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si aplicáramos solamente los movimientos de dichos patrones encontrados sin recurrir en absoluto a ningún cálculo

⁴ Las negritas son nuestras.

mental de la forma convencional que todos conocemos? Y ¡*allinmi!* Las primeras operaciones empezaron a resolverse tan solo aplicando los movimientos de los patrones detectados.

El siguiente paso fue optimizar dichos movimientos, es decir, sistematizarlos y contabilizar el mínimo número necesario de éstos para realizar cualquier operación. Así, cinco son los movimientos básicos —llamados *movimientos de reducción*—; fue también necesario utilizar unos movimientos inversos —llamados *movimientos de expansión*— para ejecutar las restas y la división; y, finalmente, concluimos que tanto los movimientos básicos como los movimientos de expansión podían realizarse en menos pasos integrando dos o más de ellos en un solo movimiento, surgiendo así los *movimientos compuestos*.

Además de esta característica fundamental de YITP, se observó que las operaciones podían realizarse en paralelo y en cualquier orden, ya no era necesario seguir una estricta secuencia. Asimismo, las adiciones no requerían recordar acarreo; las sustracciones con YITP permitían resolver operaciones de varios minuendos y varios sustraendos de una sola vez, sin agruparlos y sin usar los incómodos «préstamos»; las multiplicaciones podían ser resueltas sin necesidad de recurrir a las tablas de multiplicar; y las divisiones se resolvían de manera concreta, sin necesidad de recurrir a tablas de factores, ni a tediosos tanteos.

Posteriormente, se desarrollaron algoritmos para resolver potencias, raíces y porcentajes, con números enteros, números

racionales y fracciones decimales. Inclusive, se viene también experimentando con aplicaciones dentro del álgebra; y aunque no hemos encontrado aún evidencias históricas que validen el uso de la *yupana* en estas otras operaciones matemáticas, es importante recordar que: a) Como diría Carl Sagan, «la ausencia de evidencia no significa evidencia de ausencia»; y b) se puede afirmar con rigurosidad científica la validación matemática de YITP y sus teoremas⁵ como lo demuestra el artículo científico «Tawa Pukllay Proof: New Method for Solving Arithmetic Operations with The Inca Yupana Using Pattern Recognition and Parallelism» presentado en diciembre de 2022 en el Congreso Internacional *Frontiers of Mathematics and Artificial Intelligence*, celebrado en la ciudad de Beijing, China; y en el que fue premiado con el *Outstanding Presentation Award*.

Herencia ancestral andina

La experiencia de vida entre zonas rurales y urbanas en el Cusco durante la niñez, así como las continuas visitas a comunidades rurales andinas y amazónicas para el estudio e investigación de conocimientos y prácticas ancestrales, permitieron reconocer en el YITP, una gran familiaridad con dichas prácticas:

- El uso de objetos para la representación de números en el proceso de conteo, el conteo de papas y maíces en las cosechas, en los que se utilizan hitos marcadores para las decenas, las centenas y los millares;
- Las técnicas de conteo en gru-

pos de a dos, *iskay iskaymanta*, y de a tres, *kimsa kimsamanta*;

- Las prácticas ancestrales de asignación de *kamayoqs* para la administración de ayllus en el *Tawantinsuyo*: *pisqa kamayoq* (jefe de cinco ayllus), *chunka kamayoq* (jefe de diez familias), *pachaq kamayoq* (jefe de cien familias), *waranqa kamayoq* (jefe de mil familias) y *hunu kamayoq* (jefe de diez mil familias);
- El reconocimiento de formas y patrones en *qellqas* (dibujos geométricos antiguos y contemporáneos);
- La lógica sintáctica de los adjetivos numerales en quechua y aimara, caracterizados por su referencia a la base diez;
- La lógica aimara para los nombres de los números: seis (*maqallqu* «uno y cinco», ahora *suxta* como préstamo del quechua); siete (*paqallqu* «dos y cinco») y ocho (*kimsaqallqu*, «tres y cinco»);
- La lógica de registro de números en el *hipu*, complemento o *yanantin* de la *yupana*, con el que debe guardar coherencia, y en el que se separan grupos de entre uno y nueve nudos en sectores que representan las potencias de diez (figura 4).

Registrando los números

Para registrar números en la *yupana* YITP es importante tomar algunas consideraciones: a) los números se escriben «de arriba hacia abajo», siendo la fila inferior la correspondiente a las unidades; b) cada fila corresponde a una potencia del diez: unidades, decenas, centenas, millar y dece-

⁵ Reconocimiento y agradecimiento al Dr. Fernando Sotomayor Aramburú por su gran aporte en la formalización de los teoremas de YITP, y a los profesores Rosario Guzmán Jiménez y Álvaro Saldívar Olazo (Divapati Prem) por su incansable apoyo en el desarrollo de nuevas líneas de investigación YITP.

na de millar; y c) en cada fila se debe representar una cantidad que puede ser del cero al nueve, mediante la colocación de una semilla en una o más casillas en las que su valor viene indicado por los puntos que contiene (Prem et.al., 2022), según se muestra en la figura 5.

Movimientos básicos

Antes de ejecutar cualquier operación es necesario conocer los nombres de las casillas, los que se muestran en la figura 6:

Asimismo, debemos conocer los cinco patrones básicos y sus movimientos respectivos (Prem et. al., 2022), a saber:

- **ISKAY «Abrir corto»:** si dos o más semillas se encuentran en cualquier casillero ISKAY, se agarran de dicha casilla una misma cantidad de semillas con la mano derecha y se llevan a las casillas inmediatas de la derecha (*Huq*) y de la izquierda (*Kimsa*) de la misma fila. Si el número de semillas que había en ISKAY era impar, una semilla se quedará en dicha casilla.
- **KIMSA «Abrir largo»:** si dos o más semillas se encuentran en cualquier casillero KIMSA, se agarran de dicha casilla una misma cantidad de semillas con la mano derecha y con la mano izquierda, y se llevan a las casillas *Huq* y *Pisqa* de la misma fila. Si el número de semillas en KIMSA era impar, una semilla se quedará en dicha casilla.
- **PISQA «Paqarina, nacimiento»:** si dos o más semillas se encuentran en cualquier casillero PISQA, se toman de dicha casilla una misma cantidad de semillas con la



Figura 4. Registro de números en el khipu

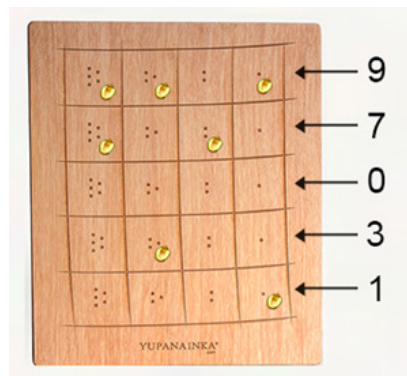


Figura 5. Registro del número 97031

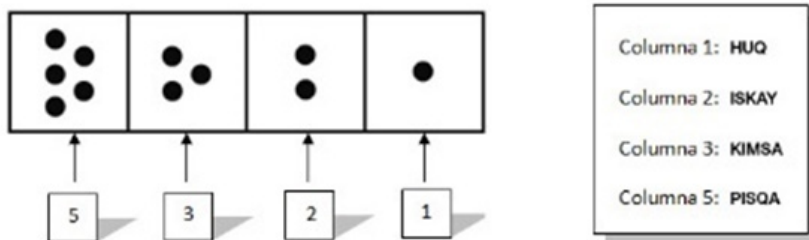


Figura 6. Nombres de las casillas o columnas

mano derecha y con la mano izquierda, y las semillas de la mano derecha se llevan a casilla *Huq* de la fila inmediata superior, mientras que las semillas de la otra mano se retiran del tablero. Si el número de semillas que había en PISQA era impar, una semilla se quedará en dicha casilla.

- **KIKIN «Equivalentes»:** si en la casilla *HUQ* se encuentran 2, 3 o 5 semillas, se toma dicho grupo de semillas y dependiendo de la cantidad de semillas que se hayan tomado, se juega así: «dos en uno es igual a uno en dos» (*iskay huqpi, huq iskaypim*) o «tres en uno es igual a uno en tres» (*kimsa huqpi, huq kimsapim*) o «cinco en uno es igual a uno en cinco» (*pisqa huqpi, huq pisqapim*) y se realiza dicho cambio. Las semillas sobrantes se retiran del tablero.

- **PICHANA «Escoba»:** existen dos casos de *pichana*. El primero es cuando hay una semilla en la casilla *HUQ* y una semilla en la casilla *ISKAY* de la misma fila; y el segundo, cuando hay una semilla en la casilla *ISKAY* y una semilla en la casilla *KIMSA* de la misma fila. En ambos casos, el movimiento consiste en pasar la semilla que está en la casilla más a la derecha saltando por encima de la otra semilla hasta la subsiguiente casilla en la misma fila. La semilla sobre la que se salta es retirada del tablero.

Operaciones YITP

El presente artículo busca dar a conocer el nuevo paradigma de la aritmética de patrones, mas no profundizar en todas las operaciones, pues los múltiples casos requieren especial

detalle, por esto presentaremos los movimientos básicos y su aplicación en las operaciones del *yapay* (adición) y *miray* (multiplicación).

A continuación, veamos cómo se realiza la adición y la multiplicación en la aritmética de patrones.

- **Yapay (Adición YITP)**

- Representar todos los sumandos en la yupana con las semillas.
- Identificar patrones y ejecutar sus respectivos movimientos hasta que no queden más patrones por resolver
- El número que sale representado al final del procedimiento es la suma

- **Miray (Multiplicación YITP)**

- Representar el multiplicando tantas veces como indica el multiplicador
- Identificar patrones y ejecutar movimientos hasta que no queden más patrones
- El resultado es el producto

Validación Científica

La YITP viene siendo validada en distintos niveles. A nivel matemático, representa un nuevo paradigma: la aritmética de patrones. YITP cuenta con una demostración lógica, presentada en Medellín, Colombia (Saldívar y Goycochea, 2019), y otra formal y algebraica, presentada en Beijing, China, que presenta además sus teoremas (Prem *et. al.*, 2022).

A nivel epistemológico se está desarrollando una tesis en la UNMSM basada en evidencias lógicas, matemáticas, históricas, arqueológicas, antropológicas y lingüísticas que sostiene que existió una matemática



Figura 7. Desarrollo de A.L.U. Tawa Pukllay Rubén (MakerWasi) y Dhavit (Asociación Yupanki)

inka; a través de ella se reconstruye su epistemología y se analizan sus implicancias frente a las principales posturas filosófico-matemáticas contemporáneas.

A nivel psicopedagógico se ha observado que mediante la alternancia semiótica y la dinámica lúdica y concreta propuesta por YITP, se puede lograr un aprendizaje efectivo y rápido de la aritmética básica. Este estudio, financiado por IDIC (Universidad de Lima), se realizó implementando en tabletas electrónicas un aplicativo de autoaprendizaje de YITP con la participación de estudiantes de educación bilingüe (quechua-castellano) de una escuela primaria multigrado, en Huamachuco, Kañaris (Guzmán y Escotto, 2023).

Otro estudio ha confirmado que la práctica de YITP permite desarrollar el pensamiento computacional en niños (Alvarado *et. al.*, 2022), habilidad muy necesaria para la creación de algoritmos utilizados en la programación de software y en el diseño de circuitos electrónicos, entre otros.

A nivel tecnológico se viene desarrollando una nueva tecnología: investigadores de la Asociación Yu-

panki, Maker Wasi⁶ y el Instituto de Investigación Científica de la Universidad de Lima (IDIC), están patentando circuitos electrónicos para ALUs (Unidades Aritmético Lógicas), encargados de procesar las operaciones aritméticas en los computadores.

Así, la YITP ofrece la posibilidad de desarrollar nuevas arquitecturas y aplicativos, hardware y software, tanto para computación clásica como para la emergente computación cuántica.

A nivel de educación especial, las observaciones empíricas sugieren que personas con dificultades de aprendizaje en las matemáticas — como la discalculia, acalculia, discapacidad visual, entre otras— pueden realizar las operaciones con mayor facilidad haciendo uso de YITP.

A nivel histórico se viene demostrando que, muy contrariamente a lo que muchos «textos oficiales» indican, el mundo andino prehispánico contaba con un conocimiento aritmético muy sofisticado y que las operaciones aritméticas no se realizaban en los *kipus*, sino que estos servían para almacenar los resultados cal-

⁶ Agradecimiento especial al Yachachiq Rubén Santander Ccarhuarupay, Director de Maker Wasi, por su colaboración en el desarrollo del circuito sumador para A.L.U. Tawa Pukllay



Figura 8. Test QOKA T.P. para invidentes

culados en la *yupana*. Ambos se complementan conformando el *yanantin computacional*.

Asimismo, al demostrar que YITP permite utilizar la *yupana* más que como ábaco, como un calculador mecanizado, propone un paradigma histórico-cultural no identificado con la civilización inca: la de ser poseedores del calculador mecánico más antiguo conocido en el mundo hasta ahora.⁷

A nivel arqueológico, YITP contribuye a una interpretación de la *yupana* hallada en Huacones, al sur de Lima, en el año 2017. Dicho hallazgo, bajo la óptica de YITP, sugiere haber sido un centro de cómputo muy importante de la antigüedad, debido a la disposición en *cluster* o *Tawantin* (conexión de cuatro *yupanas*), y a la cantidad de *ajíes* secos y *kipus* encontrados de forma circular, sugiriendo el «cierre de cuentas».

Las *yupanas* encontradas en Huacones presentan una quinta columna, muy necesaria para realizar el *Rakiy* o división YITP, operación imprescindible para cualquier centro de distribución de recursos.

A nivel lingüístico, YITP destaca que tanto el quechua

como el aimara, siendo lenguas aglutinantes, poseen una sintaxis altamente lógica y adjetivos numerales que facilitan la comprensión de la composición numérica respecto a sus valores posicionales (Prem, 2018; Dowker et. al., 2008; Moomath y Wolfram, 2009).

YITP en comunidades andinas

La reinserción del YITP en las comunidades andinas y amazónicas es una de las prioridades de la Asociación Yupanki y eje de su fundación. En su búsqueda constante de formas de financiamiento para la divulgación de este conocimiento y su expansión a nuevas líneas de investigación, la Asociación Yupanki ha desarro-

llado cursos certificados de YITP, producido material pedagógico, y recibido el apoyo de docentes locales y de personas desinteresadas que apuestan por el resurgir de nuestra matemática ancestral inka. Esto ha permitido viajar a diferentes regiones dentro del país para dictar de manera gratuita talleres YITP a niños, docentes y comunidades de zonas alejadas.

Así, a inicios de 2015, realizamos el primer recorrido de divulgación por las comunidades del Cusco. Este primer viaje fue importante pues nos permitió corroborar el gran interés y receptividad que se estimaba tener por parte de los estudiantes de las zonas quechua-hablantes; al mismo tiempo, nos permitió recoger información léxica de diversos términos quechuas relacionados al conteo contemporáneo y a expresiones necesarias para el dictado de talleres en quechua. Durante este recorrido visitamos las comunidades cusqueñas de Ccoñamuru, Pinchimuru, Tinki, Ocongate y Andahuaylillas, en las que dictamos talleres gratuitos a alumnos y docentes.

En años posteriores hemos visitado y realizado talleres en localidades de Chíncha Alta,



Figura 9. Yupana encontrada en Huacones

⁷ La *Pascalina*, reconocida oficialmente como el primer calculador mecánico, fue desarrollada en 1642 y ofrece sólo la posibilidad de realizar adiciones y sustracciones. En cambio, la *yupana*, que permite realizar las cuatro operaciones aritméticas y otras más.

Huamachuco, Yllambe y Cerro Azul, entre otras. Incluso, viajamos a Guatemala, para dictar talleres a docentes en la Universidad San Carlos, los que luego llevaron este conocimiento a comunidades maya. Con este último intercambio, logramos concretar otro de los fines de la Asociación: la integración de los pueblos nativo-americanos a través de la matemática ynca.

Además de todas estas comunidades, hemos dictado talleres o presentado conferencias en distintas universidades peruanas y extranjeras, como la Universidad de Lima, la Universidad Nacional de Ingeniería, la Universidad del Pacífico, la Universidad San Antonio Abad del Cusco, la Universidad San Carlos de Guatemala, la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, en Brasil o la Universidad de Medellín (Colombia), por citar solo algunas.

Conclusiones

En virtud de todo lo expuesto en este artículo, puede concluirse que la Yupana Inka Tawa Pukllay (YITP) es un método matemático que postula la decodificación de los algoritmos aritméticos incas, cuyas propuestas están basadas en estudios multidisciplinares.

Este método demuestra que el uso de la *yupana* puede ser realizado totalmente de manera mecánica y sin recurrir a cálculos numéricos indo-arábigos. En cambio, propone el paradigma de la aritmética de *reconocimiento de patrones realizable en paralelo*, que antepone la estrategia a la memoria y permite realizar distintas operaciones.

Y, además, la YITP postula a la *yupana* no solo como una herramienta de apoyo al cálculo numérico (ábaco), sino como una **cal-**



Figura 10. Taller de YITP en Ocongate, Cusco

culadora aritmética mecánica, la primera en la historia conocida hasta ahora; superando tanto en antigüedad como en capacidad operativa y simplicidad a la Pascalina (1642) y a la calculadora de Leibniz (1670).

Se trata, en suma, de un método que busca poner en valor la matemática ynca y difundirla en colegios y universidades, rescatando un conocimiento ancestral que debería ser motivo de orgullo de todos los peruanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, T. (2011). *Tensiones filosóficas*. Sudamericana.
- Acosta, J. D. (2008). *Historia natural y moral de las Indias*. Fondo de Cultura Económica.
- Alvarado, L., Falcon, C., Gutiérrez, J., y Romero, V. S. (2022, marzo). Teaching of the Yupana with the Tawa Pukllay method for developing the Computational Thinking in children. En IEEE, 2022 IEEE World Engineering Education Conference – EDUNINE (pp. 1-5). IEEE.
- Burns, W. (2010). *El mundo de los Amautas*. Universidad Alas Peruanas
- Chirinos, A. (2010). *Quipus del Tahuantinsuyo. Curacas, Incas y su saber matemático en el siglo XVI*. Comentarios SAC
- Consejo Nacional de Ciencia y T (1990). *Quipu y Yupana: El antiguo ábaco peruano*. Concytec.
- De Santo Tomás, D. (1951). *Lexicón o vocabulario de la lengua general del Perú*. Francisco Fernández de Córdova
- Dowker A., Bala S., Lloyd D. (2008). Linguistic influences on mathematical development: how important is the transparency of the counting system. *Philos. Psychol* 21, pp. 523–538 10.1080/09515080802285511

- Florio, C. (2008). Encuentros y desencuentros nella individuazione di una relazione matematica nella yupana in Guaman Poma de Ayala. En Guagliano, E. (coord.). *Encuentros y desencuentros entre Europa y América* (pp. 151-188).
- Garcilaso de la Vega, E. I. (1991). *Comentarios reales de los incas* (Vol. 2). Edición, índice onomástico y glosario de Carlos Aranibar. Fondo de Cultura Económica
- Guamán Poma de Ayala, F. (2018). *Nueva crónica y buen gobierno*. Estudio introductorio de Carlos Aranibar. Biblioteca Nacional del Perú.
- Guzmán, R., Saldívar, A., y Escotto, A. (2023). Semiotic Alternations with the Yupana Inca Tawa Pukllay in the Gamified Learning of Numbers at a Rural Peruvian School. *Educational Technology & Society*, 26(1), pp. 79-94.
- Hernández, C. A. (2004, diciembre). Una Yupana dinámica para cada niño. *Nodos y Nudos* 2(17). Universidad Pedagógica Nacional.
- MoMath y Wolfram (2020). History of Mathematics Project. <https://www.history-of-mathematics.org/artifacts/incan-yupana>
- Moscovich, V. (2010). *El khipu y la yupana*. Ediciones El Lector.
- Osho, B. (1988). *From Darkness to Ligh. A single Humanity rejoicing*. The Rebel Publishing House.
- Prem, D. (2014-2016). *Yupana Inka - Decodificando la Matemática Inka. Método Tawa Pukllay*. Asociación Yupanki
- Prem, D. (2018). *Hatun Yupana Qellqa. Antología de estudios, Tawa Pukllay esencial, extensiones*. Asociación Yupanki
- Prem, D. (2018a). *P'awaq Yupana - El Neoábaco de Lógica Híbrida*. Asociación Yupanki
- Prem, D. (2018b). *Huq, Iskay, Kimsa... Quechua – El idioma computacional de los inkas*. Asociación Yupanki
- Prem, D. (2019). *Yupanki - El Juego Ciencia de los Inkas*. Asociación Yupanki.
- Prem D., y Guzmán, R. (2019). Tawa Pukllay atipanakuy: los 4 juegos sagrados de los inkas en competencia aritmético-lúdica. *Ciências Humanas: Estudos para uma visão holística da sociedade* 2. DOI: 10.37572/EdArt_28062138515
- Prem, D., Guzmán, R., Sotomayor, F., y Saldívar, A. (2022, June). Tawa Pukllay Proof: New method for solving arithmetic operations with the inca yupana using pattern recognition and parallelism. International Conference on Frontiers of Artificial Intelligence and Machine Learning (FAIML 2022) (pp. 209-218). IEEE.
- Radicati, C. (1980). El sistema contable de los incas. En Radicati, C. (ed.). *Yupana y Quipu*, (pp. 265-354). Librería Studium.
- Ríos, J. (2013). Las matemáticas ancestrales y la yupana. http://tarea.org.pe/images/Tarea82_41_Jesus_Rios.pdf
- Rivas, R. (2014). Exposición sobre la Yupana Kipu Taptana. <https://ugelcaylloma.blogspot.com/2014/09/exposicion-sobre-la-yupana-kipu-taptana.html>
- Saldívar, C., Saldívar, A., y Goycochea, D. (2019). Tawa Pukllay-la aritmética inca de reconocimiento de formas y movimientos operable en paralelo y que no requiere cálculos numéricos mentales. En Flores, R., García, D., Pérez-Vera, Iván E. (Eds.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 354-363). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Urton, G. y Llanos, P. (1997). *The social life of numbers: A Quechua ontology of numbers and philosophy of arithmetic*. University of Texas Press / Librería Studium.
- Vílchez, R. (2013). Utilización de la yupana como material didáctico en la enseñanza de matemática en alumnos de segundo grado de primaria en instituciones educativas de Huacho en el período 2012 [Tesis de postgrado]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

YUPANA INKA TAWA PUKLLAY (YITP): RECUPERANDO LA MATEMÁTICA INKA DESPUÉS DE 500 AÑOS



¿Qué es el Yupana Inka Tawa Pukllay ?

Yupana Inka Tawa Pukllay (YITP) es un **método matemático** que busca decodificar los algoritmos aritméticos utilizados por los incas. Su desarrollo se basa en estudios multidisciplinarios que abarcan tanto las matemáticas como las ciencias sociales y las humanidades.

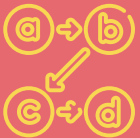
El enfoque principal de YITP es **demostrar que la yupana, un antiguo instrumento utilizado por los incas para cálculos, puede operar de manera mecánica sin la necesidad de utilizar los cálculos numéricos indo-arábigos.**



¿Qué postula la YITP?

YITP sostiene que la yupana inka **no solo es un simple ábaco o herramienta de apoyo al cálculo numérico**, sino una verdadera calculadora aritmética mecánica, considerada la primera en la historia conocida hasta ahora. En términos de antigüedad, capacidad operativa y simplicidad, supera a dispositivos posteriores como la Pascalina y la calculadora de Leibniz.

Propone un paradigma aritmético que se basa en el reconocimiento de patrones y permite realizar operaciones como sumas, restas, multiplicaciones y divisiones sin la necesidad de realizar cálculos complejos o utilizar tablas de multiplicar y factores.



¿Cuál es el aporte de la Yupana Inka Tawa Pukllay a la ciencia ?

El potencial de YITP ha sido validado tanto a nivel lógico como a nivel formal (algebraico), y se han publicado teoremas aritméticos relacionados. Además, se ha demostrado su capacidad para facilitar el aprendizaje aritmético y promover el desarrollo del pensamiento computacional. Estas validaciones respaldan su aplicación como una herramienta educativa y su relevancia en la filosofía de las matemáticas.

Para promover la investigación y difusión de las matemáticas y ciencias andinas, así como el desarrollo de nuevas tecnologías derivadas de estos estudios, se ha creado la Asociación Científica Yupanki (ACY). La ACY se dedica a difundir YITP tanto en comunidades rurales como en zonas urbanas, incluyendo colegios, institutos y universidades. La asociación ofrece cursos certificados presenciales y en línea, y produce materiales pedagógicos para su venta.



4

**INVESTIGACIÓN
EN MARCHA**



El saber del pasado: una respuesta a nuestro futuro

Hans Huerto

Los conocimientos ancestrales no solo forman parte del acervo cultural de un país, sino que encierran las claves de un futuro mejor, de la mano de la ciencia y la tecnología.

Transmitidos de generación en generación dentro de una comunidad o grupo cultural específico, los conocimientos tradicionales surgen de nuestra identidad cultural y de la cosmovisión de una comunidad en particular. Ya sean saberes, técnicas o habilidades —como el de plantas medicinales, el desarrollo de la agricultura sostenible, la música y danzas regionales, la artesanía, las ceremonias y rituales, entre otros— han sido desarrollados a lo largo del tiempo a través de la observación, experimentación y práctica. Hoy en día somos conscientes de que todos estos conocimientos no solo tienen un gran valor para sus comunidades, sino que sus resonancias pueden tener un valor económico y ecológico significativo, al basarse en el uso sostenible —y en constante evolución— de los recursos naturales y el medio ambiente.

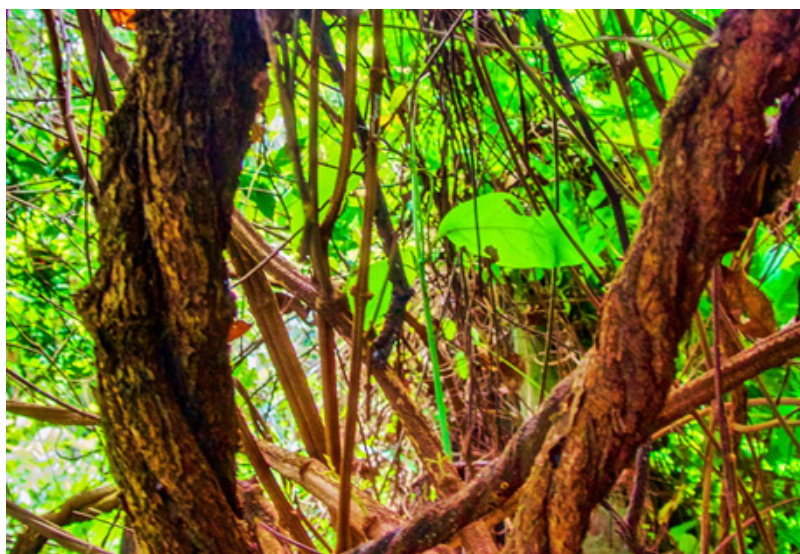
La planta sagrada

La Amazonía alberga una amplia gama de recursos que pueden utilizarse en diversas industrias productivas. Entre estos, destacan las especies del género *Banisteriopsis* que tenemos en el Perú, una de las cuales recibe atención mundial por su uso terapéutico: la ayahuasca. Convertida en bebida sagrada, se consume en ceremonias tradicionales con fines espirituales y curativos, siendo capaz

de provocar experiencias visionarias y de introspección profunda, que desencadenan una transformación personal y conexión con la naturaleza y lo divino.

La ayahuasca, junto al resto de *Banisteriopsis*, puede adoptar la forma de enredaderas, arbustos o árboles pequeños, con hojas que contienen glándulas y estípulas libres, y se ha utilizado en rituales tradicionales desde hace varios siglos. Sin embargo, el conocimiento de estas especies sigue siendo limitado, lo que crea un vacío en la identificación y selección adecuadas para su uso, lo que podría tener repercusiones negativas para la salud, especialmente dado que los usos tradicionales solo se conocen para unas pocas especies.

Así, la investigación «Estudio de la taxonomía, genética y etnobotánica de especies del género *Banisteriopsis* para el uso sostenible y apropiado en la medicina tradicional en la Amazonia peruana» (2019) del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) se propuso cerrar esta brecha de conocimiento mediante un estudio detallado de la taxonomía, las relaciones filogenéticas y las conexiones etnobotánicas entre las especies del género *Banisteriopsis*. Para ello, se realizó la prospección, la recolección, el tratamiento y la conservación de muestras tanto para el herbario como para el ADN con fines taxonómicos, así como para la preparación de una guía de descriptores morfológicos. Para



Convertida en bebida sagrada, la ayahuasca se consume en ceremonias tradicionales con fines espirituales y curativos

las relaciones filogenéticas, se empleó la secuenciación de nucleótidos mediante el método de Sanger, analizando al menos tres regiones del genoma (dos cloroplásticas y una nuclear). La investigación etnobotánica consistió en seleccionar a personas mayores de 18 años que hayan comercializado o manipulado estas especies, realizando entrevistas mediante un cuestionario del KAP y talleres. De esta manera, el proyecto ofreció la oportunidad de aprovechar la biodiversidad como un factor de desarrollo económico y social a través de su evaluación, uso sostenible y conservación.

Al inicio del proyecto, se informó que el género *Banisteriopsis* contenía solo 23 especies en la Amazonía peruana. Sin embargo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva que incluyó la revisión de la literatura, el trabajo de campo y la verificación de muestras botánicas en varios herbarios, entre ellos Amazonense AMAZ en Iquitos, HUT de la Universidad Nacional de Trujillo en Trujillo y Selva Central HOXA en Oxapampa. Estos esfuerzos confirmaron la presencia de 11 especies más de *Banisteriopsis* en el Perú, elevándose a 34 las especies existentes en nuestro país.

El resultado final fue la producción de una «Guía taxonómica» que contiene descripciones, distribuciones, nombres comunes, ecologías, usos y estado de conservación. En el componente genético, se emplearon los marcadores moleculares ITS, *PhyC* y *NdHF* para establecer relaciones filogenéticas en *Banisteriopsis*, validando la identidad de las especies y confirmando las etnovariedades de *B. caapi*. Los resultados del estudio etnobotánico indicaron un conocimiento generalizado de la *B. caapi* en Loreto y San Martín,



Turbera amazónica. Fotografía: CIFOR

donde se utiliza en la medicina tradicional para el tratamiento de adicciones, la purga y otras dolencias. Sin embargo, la falta de planes de conservación y manejo de la ayahuasca plantea preocupaciones sobre su sostenibilidad futura. Por lo tanto, de acuerdo con el estudio liderado por la Dra. Elsa Rengifo Salgado, se deben diseñar estrategias para promover prácticas de gestión sostenible.

La respuesta está en el lodo

Hablar de conservación y conocimientos tradicionales tampoco supone adoptar una visión divorciada del mercado y sus demandas. Muestra palpable de ello son los bionegocios, actividades económicas basadas en el uso sostenible de los recursos biológicos, como plantas, animales, microorganismos y sus componentes, para generar productos, servicios y tecnologías. Ello, a partir del aprovechamiento de la biodiversidad de manera responsable y respetuosa, combinando conocimientos científicos, tecnológicos y tradicionales para generar valor económico, social y ambiental. En el sector farmacéutico y cosmético, el desarrollo de medicamentos a partir de plantas tradicionales; en el alimentario y agrícola, con la producción y comerciali-

zación de alimentos orgánicos y la utilización de técnicas de mejoramiento genético; en el energético y de biomateriales, con la generación de biogás a partir de residuos orgánicos y la producción de bioplásticos a partir de recursos renovables; en ecoturismo y conservación, con el desarrollo de rutas turísticas en áreas protegidas y la participación de comunidades locales en ello; y en biotecnología y bioprocesos, por ejemplo, con la producción de microorganismos modificados genéticamente para la producción de biocombustibles.

Las turberas amazónicas — ecosistemas pantanosos por la acumulación de material orgánico parcialmente descompuesto en forma de turba— han sido investigadas como una oportunidad de bionegocio. Son la segunda extensión más grande en áreas de turberas en todo el mundo. Los aguajales o bosques pantanosos de la Amazonía peruana, dominados por la palmera Aguaje nativa *Mauritia flexuosa* L.f (Arecaceae) tienen una gran importancia social, económica y cultural.

Atendiendo a esta importancia poco valorada o aprovechada, un equipo del IIAP (desde la Dirección de Investigación de las Sociedades Amazónicas, bajo el

liderazgo del investigador Manuel Martín Brañas) investigó estas oportunidades a fin de crear actividades proactivas para la evaluación del conocimiento y los usos tradicionales de los recursos naturales no madereros en el desarrollo de empresas biológicas y promover el empoderamiento de las mujeres que viven en las turberas amazónicas. Los objetivos específicos fueron valorar el conocimiento y los usos sostenibles de los recursos de la cuenca del Chambira (Loreto), y promover y fortalecer las capacidades de las mujeres que viven en turberas en experiencias modelo de bioempresas en la producción de miel y la producción de artesanías a partir de recursos naturales no madereros de turberas.

La fase inicial generó medidas proactivas para valorar el conocimiento tradicional y promover el empoderamiento de la población femenina, tras una campaña de comunicación y consenso con las comunidades involucradas. Para ello se llevó a cabo un taller de lanzamiento del proyecto en coordinación con la comunidad de Nueva Unión, con la ayuda de las autoridades locales y las federaciones indígenas. Asimismo, se organizaron dos talleres para identificar los conocimientos tradicionales y los recursos sobre los que incidiría la intervención. Se elaboró un plan de capacitación para fortalecer las capacidades de las comunidades participantes, y se realizaron talleres sobre nuevas técnicas de acabado de tejidos y acabados de calidad para textiles tradicionales del pueblo Urarina y sobre la producción de miel con abejas nativas de la Amazonía. Asimismo, el grupo ha avanzado en el desarrollo de una plataforma web para la promoción y venta de productos tejidos

por parte de las comuneras, y se adquirieron bienes y servicios para garantizar la ejecución adecuada de las actividades. También se adquirieron materiales de campo y material de oficina para los talleres. Asimismo, se viene desarrollando un artículo científico que mostrará los resultados de la investigación, del impacto que los tejidos tradicionales tienen en las poblaciones de la palmera de aguaje *Mauritia flexuosa*.

Matico contra el coronavirus

Durante los primeros años de la pandemia del COVID-19, los pueblos indígenas de la selva amazónica en Perú estuvieron especialmente vulnerables. Tenían un acceso limitado a la atención médica y muchas de sus medicinas tradicionales no eran efectivas contra el virus.

En este contexto, un grupo de jóvenes shipibos de Yarinacocha, liderados por Edwin Shimpukat, decidieron tomar medidas. Formaron un grupo llamado «Comando Matico», que utiliza la medicina tradicional shipiba para tratar a las personas con COVID-19.

El «Comando Matico» ha tenido mucho éxito en ayudar a las personas a recuperarse del virus. Han tratado a más de mil personas, atendiendo durante 24 horas corridas de lunes a domingo en turnos de 12 horas, y su tasa de éxito fue superior al 90%. Asimismo, trabajó creando conciencia sobre el COVID-19 en la selva amazónica. Sus integrantes han realizado presentaciones en comunidades y escuelas, y han distribuido información sobre el virus en shipibo y español.

Lo hicieron utilizando una variedad de medicinas tradicionales shipibas para tratar los síntomas del COVID-19, incluyendo hojas de matico, jengibre, cebolla, ajo y eucalipto; brindando apoyo y asesoramiento a los pacientes y sus familias; y trabajando con las comunidades locales para crear conciencia sobre el COVID-19 y promover medidas preventivas.

Para ello, contaron con el valioso impulso de un grupo de investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, comandado por la docente Mercedes Giesecke. El equipo identi-



La planta del matico, una de las más utilizadas para tratar los síntomas del COVID-19

ficó que, por un lado, los shipibos que residen en los centros urbanos de Pucallpa y Yarinacocha desconocían los cuidados de la medicina occidental; y, por otro lado, los especialistas y médicos desconocían las valiosas contribuciones realizadas por el «Comando Matico» a la convalecencia de los pacientes con COVID-19 durante el período 2020-2021. Es decir, prevalecía un desencuentro cultural entre ambas tradiciones.

Así, se propusieron validar estos conocimientos desde el método científico y visibilizar el trabajo del «Comando Matico», a fin de que sea reconocido por los funcionarios de salud pública intercultural y que la comunidad médica esté familiarizada con el tratamiento ancestral del pueblo Shipibo. De esta manera, también buscaron evidenciar que

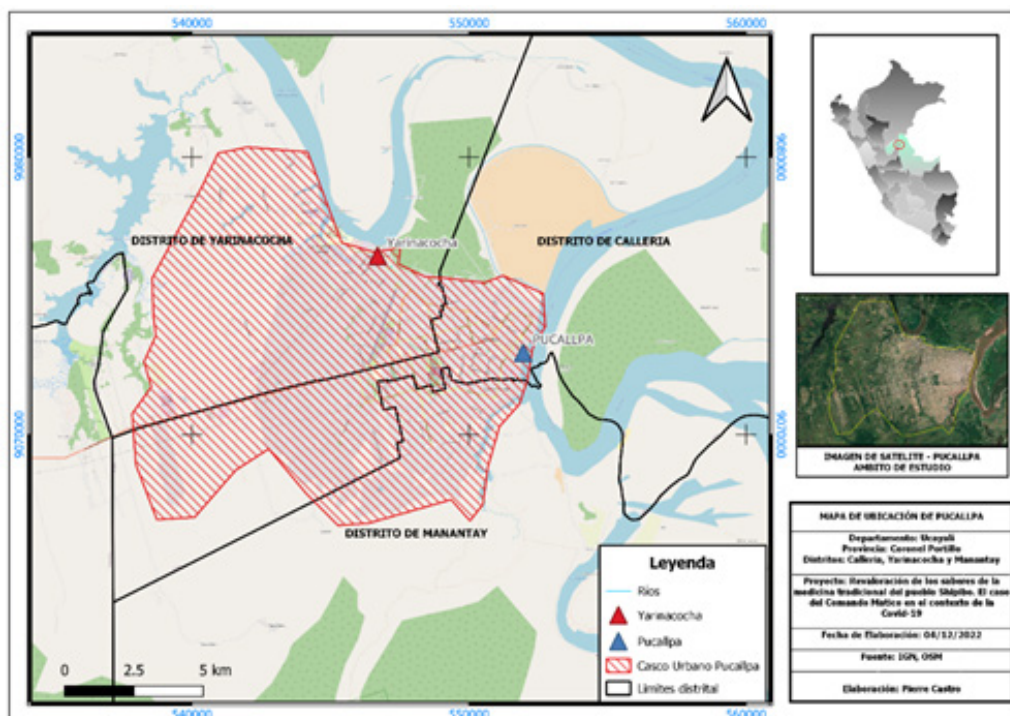
los sabios del pueblo Shipibo y del «Comando Matico», gracias a estas prácticas, mejoraron la calidad de la atención brindada a los pacientes de COVID-19.

Asimismo, el proyecto a cargo de la Dra. Giesecke permitió alcanzar valiosos productos como la presentación de dos artículos académicos, la aceptación de dos tesis de pre y pos grado en antropología, y la formulación de una propuesta de política pública local para ayudar a mitigar el impacto generado por la COVID-19. Todo esto contribuye a difundir y poner en valor los conocimientos de la medicina tradicional del pueblo Shipibo.

Adicionalmente, se logró realizar una síntesis del glosario que el «Comando Matico» utilizó en lengua shipiba durante la atención del COVID 19

entre 2020 y 2022. También se realizó un proyecto de implementación de una parcela de bosque medicinal. Complementando con estos aspectos dos componentes referidos tanto a una dimensión lingüística —la comunicación en temas de la salud— como a una dimensión forestal —la preservación de plantas medicinales y la inclusión de algunas que se están extinguiendo en los alrededores de la ciudad—.

Por todo lo expuesto, el «Comando Matico» es un ejemplo importante de cómo las comunidades indígenas utilizaron sus conocimientos tradicionales para combatir el COVID-19 y de cómo estos conocimientos son una fuente de sabiduría con la que podrán enfrentar futuras adversidades.



Ámbito de estudio del proyecto dirigido por la Dra. Giesecke con las comunidades shipibas de Pucallpa

EL SABER DEL PASADO: UNA RESPUESTA A NUESTRO FUTURO

Los conocimientos ancestrales no solo forman parte del acervo cultural de un país, sino que encierran las claves de un futuro mejor, de la mano de la ciencia y la tecnología.



LA PLANTA SAGRADA

Se llevó a cabo el “Estudio de la taxonomía, genética y etnobotánica de especies del género *Banisteriopsis* para el uso sostenible y apropiado en la medicina tradicional en la Amazonia peruana” del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). Una investigación exhaustiva sobre las especies del género *Banisteriopsis* en la Amazonía peruana, centrándose en la ayahuasca. El objetivo era cerrar la brecha de conocimiento existente y promover su uso sostenible en la medicina tradicional. Se realizaron estudios taxonómicos, genéticos y etnobotánicos, que incluyeron la recolección de muestras y la secuenciación de ADN. El resultado fue una «Guía taxonómica» que describe las especies, su distribución y usos. Se destacó la importancia de diseñar estrategias para la gestión sostenible de la ayahuasca.



LA RESPUESTA ESTÁ EN EL LODO

Un equipo del IIAP (desde la Dirección de Investigación de las Sociedades Amazónicas, bajo el liderazgo del investigador Manuel Martín Brañas) exploró el potencial de las turberas amazónicas como oportunidades de bionegocios. Se enfocó en los aguajales y se investigaron los conocimientos tradicionales y usos sostenibles de los recursos no madereros en estas áreas. Se buscó promover el empoderamiento de las mujeres que viven en las turberas a través de bioempresas que se dedican a la producción de miel y artesanías. Se llevaron a cabo talleres y capacitaciones para fortalecer las capacidades de las comunidades involucradas. Asimismo, se está desarrollando una plataforma web para la promoción y venta de productos por parte de las comuneras.



MATICO CONTRA EL CORONAVIRUS

El Comando Matico es un grupo de jóvenes shipibos en Perú que utiliza medicina tradicional shipiba para tratar a personas con COVID-19 en la selva amazónica. Han tratado a más de 1,000 pacientes, con una tasa de éxito superior al 90%. Además, crean conciencia sobre el virus y distribuyen información en shipibo y español. Trabajan en colaboración con la comunidad y utilizan medicinas tradicionales como hojas de matico, jengibre y ajo. Un equipo de investigación respalda su trabajo, validando los conocimientos tradicionales y formulando propuestas de política pública. Son un ejemplo de cómo las comunidades indígenas utilizan sus conocimientos para combatir el COVID-19 y brindar atención médica y apoyo durante la pandemia.



5

**FRONTERAS DE LA
CIENCIA**

Invernaderos, los de mi tierra

Juan Rodríguez

La «helada» es un evento que limita, reduce o incluso hace imposible la agricultura en el altiplano, en donde son frecuentes las noches estrelladas, ya que las plantas expuestas a estas condiciones son rápidamente deshidratadas. La base científica de esto es que existe una ventana atmosférica entre 8 y 13 μm del espectro electromagnético (Figura 1), a través de la cual la tierra entra en contacto con el espacio extraterrestre que se encuentra muy frío. Es como si pusiéramos en nuestro jardín una congeladora con la puerta abierta que en vez de estar a -15 oC, que es la temperatura de las congeladoras para uso doméstico, estuviese a una temperatura muchísimo menor, por ejemplo, a -270 oC.

Sin embargo, muchas centurias atrás, las civilizaciones precolombinas lograron con éxito desarrollar la agricultura en el altiplano. Ante esta evidencia, surgen distintas preguntas: ¿Cómo lograron realizar tamaña proeza?, ¿cómo fueron capaces de evitar que la brutal helada destruyera sus plantas?, ¿cómo consiguieron blindar sus cultivos de una forma tan eficiente como responsable con el medio ambiente?

Pues, bien, para lograr esta proeza, generaron un microclima benigno alrededor de los brotes que cultivaron, lo que actualmente conocemos como un «invernadero». Sin embargo, lo curioso es que su

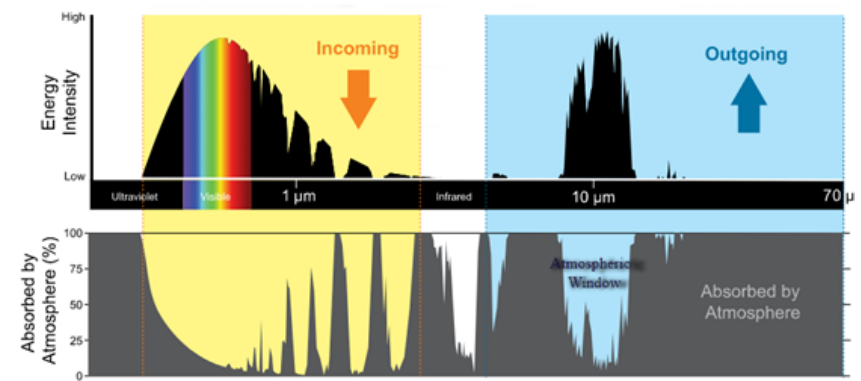


Figura 1. Zonas espectrales del rango ultravioleta, visible e infrarrojo. a) Zona en la que el sol emite su energía, principalmente en el rango visible y por donde la tierra pierde energía, en la zona infrarroja; b) Zonas de absorción atmosférica pintadas en gris y ventana atmosférica (8 a 13 μm). Fuente: <https://www.weather.gov/jetstream/absorb>

desarrollo ancestral no involucró en absoluto el uso intensivo de plásticos con el que se acostumbra a construirlos en la actualidad. ¿Cómo lo hicieron? A través de un sistema tan brillante como sostenible, el de los «camellones».

Los camellones, o waru-waru en quechua, eran campos elevados. En la figura 2 se

observan los camellones utilizados en una plantación de papa cultivada. Como puede observarse, la técnica consiste en cultivar unas superficies de tierra alargadas y elevadas (que solían ser de entre 5 y 10 metros de ancho, entre 10 y 100 metros de largo, y de 2 centímetros de altura) que deben estar rodeadas por agua.



Figura 2. Waru-waru aplicado para el cultivo de la papa. Fuente: <https://hidraulicainca.com/puno/waru-waru-puno/>

Una sección transversal de este sistema se muestra en la Figura 3. En esta se puede observar que el agua que está alrededor de las plantas opera como un reservorio de calor que atrapa la energía durante el día, y que tiene la geometría y volumen suficiente para que, a pesar de estar a pocos grados (menor a los 2 oC), logre efectivamente proteger los cultivos.

El efecto conjunto del calor sensible transferido del agua de los canales hacia el cultivo y del agua evaporada que también se condensa sobre las hojas, llega a tener un impacto sustancial de mitigación sobre las heladas nocturnas, bloqueando efectivamente la ventana atmosférica. Es decir, este es un método efectivo para cerrar la «puerta de la congeladora».

Sumadas a estas, múltiples características positivas se han descrito a partir de un estudio de los camellones prehispánicos en el altiplano peruano. La primera, es que muchos de estos están orientados de sur a norte, probablemente, para optimizar el efecto de la luz sobre el lecho de agua. Adicionalmente, se ha observado que existe un potencial muy importante para el mejoramiento de la tierra, tierra que es usualmente pobre y con un pH elevado, lo cual presenta una excelente oportunidad para el mejoramiento de los suelos a través de una simple mezcla periódica de éstos.

Asimismo, si consideramos que un reporte del Minagri indica que la actividad agrícola de Puno se desarrolla sobre una superficie cultivable de 333,924 hectáreas, y que el 94.56% de esta superficie es altamente dependiente de la lluvia, vulnerable a los cambios climáticos, y limitada por la altura y las condiciones climáti-

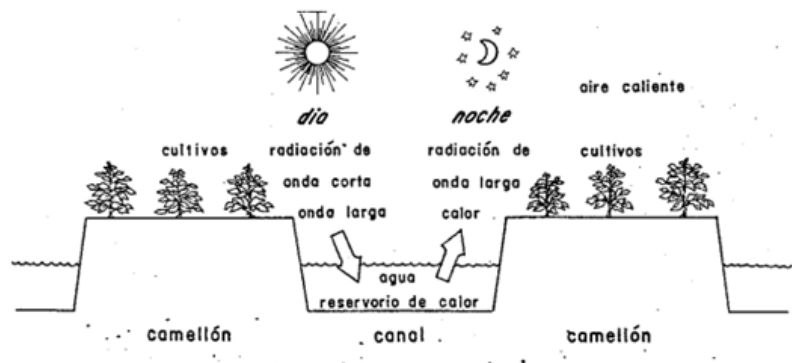


Figura 3. Esquema o corte transversal de los camellones

cas rigurosas, esta situación nos debe invitar a mirar hacia atrás y recordar la tecnología utilizada en tiempos prehispánicos, en donde las tierras cultivables no precisaban de los usuales des-cansos ni rotación de cultivos.

Tomar esta oportunidad que nos brinda el conocimiento ancestral para mejorar la economía

de esta región del país es, a todas luces, algo sensato. Utilizando las tecnologías autóctonas y exitosamente probadas muchas centurias atrás, que no precisan de un uso de agroquímicos y son responsables con el medio ambiente, se puede lograr mejorar la calidad de vida de una región importante del Perú.



Figura 4. Mapa que muestra la distribución de los restos de campos elevados, basado en Smith et al. (1968) y los posibles yacimientos de campos elevados en la cuenca del lago Titicaca, en el sur de Perú y norte de Bolivia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lhomme, J.P. y Vacher, J. (2003). La Mitigación de heladas en los camellones del altiplano andino. *Bull. Inst. fr. études andines* 32 (2), pp. 377-399.
- Erickson, C. (1986). Agricultura en Camellones en la Cuenca del Lago Titicaca: Aspectos técnicos y su futuro. En Burga, M. (ed.), *Andenes y su Futuro* (pp. 331-350), Concytec.
- Erickson, C. (1988). Raised Field Agriculture in the Lake Titicaca Basin: Putting Ancient Agriculture Back to Work. *Expedition* 30 (1), pp. 8-16. https://repository.upenn.edu/anthro_papers/18
- Midagri (2008). Plan estratégico regional para la región Puno. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/puno.pdf
- Smith, C., Denevan, W. y Hamiltom, R. (1968). Ancient Ridged Fields in the Region of Lake Titicaca. *Geographical Journal* 134, pp. 353-367.

Colaboraron en este número



Fransiles Gallardo Plasencia

Ingeniero civil, escritor, poeta y autor musical. En 2018, obtuvo el Máster en el European Centre of Innovation and Management (EUCIM). Ingeniero Residente de Obras, Supervisor y Coordinador de Proyectos. Entre los galardones que ha obtenido a lo largo de su carrera, destacan el Premio del Colegio de Ingenieros del Perú 2014, Premio Amauta GEP 2014 y el Premio Nacional de Poesía 2014.



Hans Huerto

Magíster en Ciencia Política con experiencia profesional en el periodismo político, musical, científico y la comunicación institucional. Ha conducido el micro programa de divulgación científica "Dosis de Ciencia". Actualmente coordina el Diplomado de Divulgación Científica en la Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.



Jorge Ishizawa

Ingeniero civil y docente. Es PhD en Ingeniería Estructural y Magíster en Ingeniería Civil por la Universidad de Illinois. Cuenta con un postgrado en Agricultura Campesina Andina. Es miembro del Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas (PRATEC).



Dhavit Prem

Ingeniero de Sistemas por la Universidad de Lima y Maestría en Filosofía de la Ciencia por la UNMSM. Es director de la Asociación Yupanki. Es autor/decodificador del sistema «Tawa Pukllay»; de los libros *Yupana Inka. Decodificando la matemática inka*, *P'awaq Yupana. El neoábaco de lógica híbrida*, *Huq, Iskay, Kimsa: Quechua, el idioma computacional de los Inkas*, entre otros; y de los juegos pedagógicos «Yupanki: el Juego Ciencia de los Inkas» y «Rumisimi: el idioma de las piedras, runasiminchista rimasun».

Asimismo, es investigador externo de Instituto de investigación científica (IDIC) de la Universidad de Lima para investigaciones y desarrollos de nuevas tecnologías a partir de la matemática inca y la ciencia andina. E investigador independiente en las líneas de pensamiento computacional, metacognición, metodologías de aprendizaje lúdico y enfoque sistémico.



Sara Karla Quinteros Malpartida

Licenciada en Sociología por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), con estudios concluidos de la Maestría de Gestión del Patrimonio Cultural de la misma casa de estudios, y diplomas de especialización en Derechos de los Pueblos Indígenas y Diseño y Gestión de Proyectos Sociales por la Pontificia Universidad Católica del Perú, y en Gestión y en Conservación de la Biodiversidad por la UNMSM. También, ha realizado cursos de especialización en temas de propiedad intelectual relacionados con los Conocimientos Tradicionales y Expresiones Culturales Tradicionales, así como con la protección de las variedades vegetales en el marco del Convenio de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).

Actualmente, se desempeña como Coordinadora de Conocimientos Colectivos y Variedades Vegetales de la Dirección de Invenciones y Nuevas Tecnologías del Indecopi.



Grimaldo Rengifo

Licenciado en Pedagogía y Humanidades, y Magister en Filosofía con mención en Historia de la Filosofía. Participó como formador de profesores de universidades y técnicos de programas de desarrollo sostenible en agricultura andina. Cuenta también con un Diploma en Antropología en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

En 1987 fundó en Lima el Programa Andino de Tecnologías Campesinas. Destacan su activismo en la afirmación de la cultura andina, sus empeños en el diálogo intercultural y sus contribuciones teóricas y prácticas al conocimiento de la diversidad. Ha sido coordinador del Proyecto Binacional Promoción de enfoques innovadores para la protección de la diversidad biológica y cultural en Perú y Bolivia, y miembro del Consejo Nacional de Educación. Es autor de numerosos ensayos y textos sobre cultura andina amazónica e interculturalidad. Destacan entre otras, sus publicaciones.



Juan Rodríguez

Profesor principal de la Universidad Nacional de Ingeniería, miembro de número de la academia Nacional de Ciencias e investigador registrado en RENACYT. Cuenta con amplia experiencia en el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo nacionales, regionales e internacionales dedicados al desarrollo de nanomateriales y tecnologías para la purificación del agua en zonas rurales. Es director del Centro para el Desarrollo de Materiales Avanzados y Nanotecnología (CEMAT) y ex director de la Oficina de Gestión de Investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería. Ha sido galardonado con los premios del Concytec (2004), Mercosur (2006) e INNOTEC (2012), entre otros.

Actualmente se desempeña como Profesor Principal de la Universidad Nacional de Ingeniería y director ejecutivo de Prociencia.



Milton Rojas Gamarra

Físico y matemático. Magíster en Ciencias por la Universidad de Santiago de Chile (USACH) y Doctor en Ciencias de la Educación con mención en Interculturalidad.

Arqueoastrónomo, autor de varias publicaciones, entre ellas: *Complementary duality of the Incas cosmovision: Anastrophysics perspectiv* (2019) y *The constellations and spacetime concept according to the Inkas* (2019). Actualmente es docente del Departamento de Física de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

