

Artículo original

Resolución de problemas cotidianos a través de las medidas ancestrales no convencionales

Solving everyday problems through unconventional ancestral measures

Vicente Demetrio Palma Roxana Aucahuallpa Fredy Yuniur Rivadeneira-Loor^{3, c}
Tovar^{1, a} **Fernandez**^{2, b}

¹ Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Matemática y Física, Facultad de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador

vpalma9844@utm.edu.ec

^a ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0947-2632>

² Dirección de Planificación y Currículo, Docente de la Carrera Educación Intercultural Bilingüe, Universidad Nacional de Educación, Azogues, Ecuador

roxana.aucahuallpa@unae.edu.ec

^b ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-2083>

³ Doctorado en Educación, Facultad de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador

fredy.rivadeneira@utm.edu.ec

^c ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-2170>

Información

Recibido: 08 de julio del 2025.

Aceptado: 01 de octubre del 2025.

Palabras clave:

Medidas ancestrales;
Etnomatemática;
Resolución de
problemas;
Educación Intercultural

Resumen

Este artículo documenta y aplica medidas ancestrales no convencionales para resolver problemas cotidianos, preservando su sentido cultural y articulándolas con el Sistema Internacional de Unidades. Se trabajó con enfoque cualitativo de orientación etnográfica en comunidades kichwa y shuar; se usó muestreo intencional, observación participante, entrevistas semiestructuradas, mediciones repetidas con instrumentos calibrados y triangulación con fuentes documentales. El análisis combinó codificación de categorías sobre familias de unidades, contextos y reglas de uso con síntesis de valores y variación; cada equivalencia quedó vinculada a un mapa de trazabilidad que integra registro empírico, evidencia y referencia técnica. Los resultados identifican repertorios de longitud, capacidad y superficie; muestran menor variación del palmo y la cuarta en oficios con control de postura y herramienta, mayor cambio de la braza en el trazado de surcos y dependencia del cuartillo respecto de la geometría del recipiente y la técnica de llenado. Se construyó un catálogo con definiciones operativas y tablas de equivalencias expresadas como intervalos con notas de uso, y se prototipó un convertidor que, en aulas y mercados, mejoró la legibilidad de los problemas, la transparencia de las transacciones y la coordinación de tareas. Concluimos que es viable un sistema de conversión culturalmente pertinente y técnicamente trazable cuando las equivalencias se comunican con rangos y condiciones de validez; proponemos ampliar la validación a otras regiones y oficios, incorporar protocolos de calibración comunitaria y evaluar su impacto en aprendizaje y gestión productiva.

Information

Keywords:

Traditional
measurements;
Ethnomathematics;
Problem solving;
Intercultural education.

Abstract

This article documents and applies a non-conventional measurements to solve everyday problems, preserving their cultural significance and integrating them with the International System of Units (SI). A qualitative, ethnographic with Kichwa and Shuar communities. Methods included purposive sampling, participant observation, semi-structured interviews, repeated measurements with calibrated instruments, and triangulation with documentary sources. The analysis combined coding of categories for unit families, contexts, and rules of use with a synthesis of values and variation. Each equivalence was linked to a traceability map that integrates empirical records, evidence, and technical references. The results identify repertoires of length, capacity, and area. They show less variation in the span and the quarter in crafts involving controlled posture and tools, greater variation of the fathom in furrowing, and the dependence of the quarter on the geometry of the container and the filling technique. A catalog was developed with operational definitions and equivalence tables expressed as intervals with usage notes, and a converter was prototyped that, in classrooms and markets, improved the readability of problems, the transparency of transactions, and task coordination. We conclude that a culturally relevant

and technically traceable conversion system is viable when equivalences are communicated with ranges and validity conditions; we propose expanding the validation to other regions and trades, incorporating community calibration protocols, and evaluating its impact on learning and production management.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país intercultural y plurinacional, según se establece en la Constitución del 2008. A lo largo del territorio ecuatoriano y de muchas otras regiones del planeta persisten formas propias de medir la tierra, el tiempo de las labores, el volumen de los alimentos o la longitud de un tejido, ancladas en el cuerpo, en la herramienta y en los ciclos de la vida comunitaria. Estas unidades ancestrales —palmo, cuarta, braza, cuartillo o referentes corporales equivalentes— no son reliquias, sino prácticas vivas con sentido y función (Kaaronen et al., 2023; Martínez-Padrón et al., 2019). En Ecuador, la *chakra* andina y los pueblos amazónicos registran repertorios medibles y sistemáticos que dialogan con el Sistema Internacional (SI) cuando se documentan con rigor y respeto (Astudillo et al., 2019; Martínez-Padrón et al., 2019). Este artículo presenta la propuesta y validación inicial de un Sistema de conversión de medidas ancestrales no convencionales al SI, concebido para preservar significado cultural y, al mismo tiempo, garantizar interoperabilidad científica.

Los antecedentes muestran una línea de investigación sólida desde la etnomatemática aplicada: en la escuela y en la vida cotidiana se conectan unidades no convencionales con las convencionales para aprender magnitudes con sentido (Rodríguez-Nieto, 2020). En libros de texto, las tareas realizadas con pasos, codos o palmos pueden convertirse en oportunidades para tender puentes hacia el SI si se explicitan equivalencias y contextos (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022). En mercados comunitarios-rurales, comerciantes y artesanos operan con medidas locales que conviven con el litro o el kilogramo, generando conversiones prácticas que merecen sistematización (Rodríguez-Nieto et al., 2022; Castro-Inostroza et al., 2020). Asimismo, experiencias indígenas como la *arhuaca* evidencian usos escolares y comunitarios de unidades propias que reclaman traducciones culturalmente pertinentes (Trujillo Varilla et al., 2018).

En el plano histórico-normativo, la metrificación fue un proceso de largo aliento que estandarizó patrones y redefinió legalmente el comercio y la ciencia, sin borrar de inmediato los universos locales de medida (Valdés, 2019; Suárez, 2018). Casos de Asia y Oceanía ilustran cómo se articularon unidades tradicionales con el SI durante la transición, como el *kati* o el *chupak* en Singapur (Lim, 2020). La situación actual exige convertir con trazabilidad y claridad, no solo por cumplimiento técnico, sino para evitar malentendidos costosos y favorecer la comunicación entre saberes (Benham, 2020; Gaceta UNAM, 2020). Por su parte, Bishop (1999) establece que el medir corresponde a una actividad universal desarrollada a partir del proceso del contar y que las formas de estas están relacionadas a contar partes del cuerpo, empleo de piezas como varillas, bases mixtas de 5 y 20, sistemas de base 10. Este marco respalda la pertinencia de desarrollar herramientas que traduzcan con precisión las formas de medir ancestrales a metros, kilogramos o litros, sin desarraigar su semántica.

Desde la perspectiva cultural y arqueológica, existen bases sólidas para anclar equivalencias. En América precolombina se documentan patrones con longitudes y capacidades estimables —del *tlalcuahuitl* mexica a unidades mayas y andinas— útiles como referencias de calibración (INN, 2020; González, 2018). Evidencias instrumentales confirman correspondencias entre medidas corporales y artefactos: la amplitud de la palma (tefach) en tinajas de la Edad de Hierro o módulos enteros en arquitectura inca revelan patrones replicables con valores SI (Karasik et al., 2020; Archaeology Magazine, 2020). Globalmente, las unidades basadas en el cuerpo muestran regularidades y ventajas funcionales que facilitan su traducción al SI cuando se documentan de modo sistemático (Kaaronen et al., 2023). Este acervo nutre nuestra propuesta para el caso ecuatoriano.

El panorama actual en Ecuador combina continuidad y cambio: comunidades *shuar* y *kichwa* mantienen formas de medir ligadas al cuerpo, a los surcos, a los recipientes y a los ciclos agroalimentarios, con significados pedagógicos y productivos (Astudillo et al., 2019; Martínez-Padrón et al., 2019). Además, compilaciones recientes sobre saberes ancestrales del sur del país incluyen prácticas de medición en arquitectura, agricultura y medicina tradicional que requieren documentación técnica para dialogar con

el SI (UNL, 2023). A la par, los sistemas escolares y universitarios demandan materiales y tablas de equivalencias culturalmente pertinentes que no banalicen las unidades locales ni las presenten como “errores” a corregir (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022). En suma, se abre una ventana para una herramienta de conversión con base empírica, utilidad didáctica y trazabilidad metrológica.

La ausencia de un repertorio consensuado y validado de equivalencias para medidas ancestrales no convencionales ecuatorianas generan incertidumbre en docencia, investigación aplicada y gestión territorial. Convertir “a ojo” puede distorsionar significados, invisibilizar técnicas y afectar decisiones prácticas. Incluso fuera del ámbito cultural, los errores de conversión muestran consecuencias mayúsculas, como lo ilustra el célebre caso del Mars Climate Orbiter (Diodati, 2019). Por ello, proponemos un sistema que formalice equivalencias con respaldo comunitario y fuentes técnicas, aporte una interfaz de consulta y favorezca el uso responsable de las unidades originarias en contextos interculturales (UNL, 2023; Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022).

Se tiene como objetivo (a) Documentar y sistematizar unidades ancestrales de longitud, superficie, capacidad, masa y tiempo en comunidades *kichwa* y *shuar*, incluyendo variantes semánticas y de uso; (b) establecer equivalencias al SI con criterios de trazabilidad y rangos de variación; (c) diseñar un prototipo de convertidor y tablas de consulta con notas de contexto cultural; y (d) explorar directrices didácticas para su incorporación en educación y peritajes locales. Estos objetivos articulan referencias previas sobre conversión histórica y modelización de sistemas antiguos (Villca, 2019; Kasprik y Barros, 2020) y diálogo con experiencias que han inventariado instrumentos y referentes corporales (Te Koha y Masouleh, 2020; Lim, 2020).

El estudio se sustenta en una epistemología interpretativa que reconoce las experiencias subjetivas e intersubjetivas en la producción de magnitudes y su enseñanza. Adoptamos un diseño etnográfico con estudio de caso múltiple y componentes de teoría fundamentada para generar categorías de unidades, usos y equivalencias a partir de la práctica (Hinojosa Mamani, et al., 2024; Rodríguez-Nieto, 2020). Las técnicas incluyen observación participante en *chakra* y ferias comunitarias-rurales, entrevistas semiestructuradas con portadores de saber, registro y medición de artefactos, y análisis documental de fuentes históricas y técnicas (Martínez-Padrón et al., 2019; Te Koha y Masouleh, 2020). La educación intercultural y su integración curricular informan criterios de pertinencia y transferencia (Gebre et al., 2021; Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022).

Si las equivalencias se construyen de manera participativa con usuarios expertos y se triangulan con evidencia histórica, arqueológica y técnica, entonces es posible proponer un sistema de conversión culturalmente pertinente, transparente y útil para docencia, investigación aplicada y gestión territorial. Esperamos que esta co-construcción mejore la legibilidad de las tablas y la aceptación de su uso en contextos educativos y comunitarios, reduciendo tensiones entre “lo tradicional” y “lo oficial” (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022; INN, 2020). La compatibilidad con patrones corporales y artefactos bien caracterizados refuerza la validez de la propuesta (Karasik et al., 2020; Archaeology Magazine, 2020).

Como base del sistema, consolidamos un catálogo de unidades ecuatorianas con definiciones operativas, rangos y notas de uso; desarrollamos tablas de equivalencia al SI con trazabilidad a fuentes comunitarias y bibliográficas; y prototipamos un convertidor con salidas numéricas y explicativas. La triangulación sugiere coherencia entre patrones corporales documentados globalmente y los repertorios locales, habilitando conversiones robustas para longitud y capacidad (Kaaronen et al., 2023; González, 2018). La estructura del catálogo permite, además, incorporar comparativos regionales y referencias históricas pertinentes (INN, 2020; Kasprik y Barros, 2020). Estos avances invitan a seguir validando y ampliando el sistema en diálogo respetuoso con las comunidades y los estándares metrológicos.

En síntesis, presentamos un trabajo que combina sensibilidad cultural y rigor técnico para traducir medidas ancestrales ecuatorianas al SI sin perder su sentido. El proyecto se asienta en antecedentes sólidos, detecta vacíos prácticos y ofrece una respuesta metodológica cualitativa y teórico-emergente, con objetivos claros y una hipótesis plausible. Al proponer equivalencias trazables y herramientas de consulta, aspiramos a fortalecer la investigación, la enseñanza y la gestión local, a la vez que

contribuimos a una comprensión más justa de la diversidad metrológica del país (UNL, 2023; Rodríguez-Nieto et al., 2022).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló con enfoque cualitativo de orientación etnográfica y apoyos de teoría fundamentada, adecuado para describir y comprender la forma en que las comunidades utilizan medidas ancestrales no convencionales al resolver problemas contextualizados y para derivar, desde esa práctica viva de grupos socioculturales, equivalencias pertinentes al Sistema Internacional. La elección de este abordaje responde a la guía metodológica de la revista y a la naturaleza contextual y situada del fenómeno, donde los significados, las reglas implícitas y las decisiones de medición emergen en interacción entre personas, artefactos e instituciones locales. La estrategia permitió documentar procesos, contrastar repertorios y sistematizar criterios de conversión con trazabilidad conceptual, empírica y documental.

Los participantes fueron portadores de saberes de pueblos *kichwa* de la sierra norte y *shuar* de la Amazonía ecuatoriana, con experiencia comprobable en actividades agrícolas, artesanales y comerciales donde persisten unidades de medida como la braza, la cuarta, el cuartillo y otras referencias corporales o instrumentales. Se registraron variables sociodemográficas y culturales relevantes para la interpretación de los datos, incluyendo edad, sexo, adscripción étnica, escolaridad, ocupación, lengua de uso y condiciones del entorno de trabajo, esto con el fin de situar las medidas en su contexto de producción. Los criterios de inclusión exigieron uso activo y conocimiento reflexivo de unidades locales y consentimiento informado; se excluyeron casos sin práctica vigente o con información fragmentaria.

La selección de la muestra siguió un muestreo intencional con variación máxima y técnica de referencia en cadena, con incorporación progresiva de informantes hasta alcanzar saturación teórica de categorías relativas a magnitud, denominación, artefacto y condición de uso. El trabajo de campo se realizó en escenarios naturales de práctica y transmisión del conocimiento, como *chakras*, ferias y talleres, durante jornadas productivas ordinarias, lo que permitió observar la resolución real de tareas de medición y el modo en que se negocian y validan las equivalencias en la interacción cotidiana. Este anclaje situacional favoreció la captura de variabilidad contextual y el registro de decisiones que no afloran en ambientes controlados.

La recolección de datos combinó entrevistas semiestructuradas en profundidad, observación participante y mediciones repetidas de artefactos y unidades corporales en condiciones habituales de uso, con apoyo de cintas métricas, balanzas y recipientes patrón calibrados. Se diseñó una ficha de unidad que consignó denominación en lengua originaria y en español, definición operativa, procedimiento de medición, notas culturales, valores observados en términos del Sistema Internacional y las circunstancias que explican su rango de variación. Para fortalecer calidad, confiabilidad y validez, los instrumentos recibieron evaluación por pares expertos y se ejecutaron pruebas piloto con ajustes en lenguaje, secuencia y ejemplos, además de registrar evidencias audiovisuales cuando fue autorizado por las personas participantes.

El análisis se realizó en dos planos articulados. En el plano interpretativo se efectuó codificación abierta, axial y selectiva sobre transcripciones y notas de campo para generar categorías sobre familias de unidades, contextos de aplicación, reglas de decisión y sentidos pedagógicos, con contraste constante entre casos y fuentes.

El componente ético contempló consentimiento informado libre y esclarecido, resguardo de identidad, custodia segura de datos y devolución de resultados en formatos culturalmente pertinentes para su revisión y eventual ajuste por las comunidades. Se reconoció la autoría cultural de los saberes documentados y se acordaron modalidades de uso académico y educativo que impidan la descontextualización de las unidades y eviten su presentación como errores a corregir. Estas decisiones metodológicas garantizan pertinencia cultural y reproducibilidad suficiente para transferir el sistema de conversión a entornos educativos y técnicos sin perder el vínculo con su origen comunitario.

RESULTADOS

El trabajo de campo permitió identificar un repertorio coherente de unidades vivas que se activan en la resolución de problemas cotidianos, con regularidades que dialogan con patrones corporales ampliamente documentados y con repertorios andinos descritos en la literatura. En contextos de *chakra*, feria y taller emergieron familias de unidades para longitud, capacidad y superficie, cuya operatividad se ancla en el cuerpo y en artefactos cotidianos, y cuya conversión al Sistema Internacional se expresa con intervalos informados cuando la variabilidad contextual lo exige. Las observaciones en estos espacios confirman que, al resolver una tarea concreta, las personas seleccionan la unidad que optimiza economía de acción y consenso local, comportamiento consistente con la persistencia funcional de unidades corporales señalada por estudios comparativos y con descripciones específicas de la tradición andina. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para la construcción del catálogo nacional y para el diseño de tablas de consulta con notas de contexto y trazabilidad. (Kaaronen et al., 2023; González, 2018).

En el eje de las longitudes, la práctica comunitaria organizó equivalencias alrededor de referentes corporales como la braza o *rikra*, la media braza o *sikya*, el codo o *cuchuch* y el palmo o *kapa*, aplicados con finalidades distintas según el oficio y la tarea. La braza y la media braza se usaron para dimensionar tramos en surcos o tejidos y para proyectar longitudes mayores mediante repeticiones controladas, mientras que el codo y el palmo ofrecieron precisión operativa en cortes de madera y en mediciones rápidas en el puesto de mercado. La estabilidad relativa del palmo fue notoria al trabajar con artefactos y tensiones constantes, en contraste con la mayor dispersión de la braza, dependiente de talla y postura, patrón coherente con la evidencia arqueológica sobre módulos de mano y con síntesis sobre unidades corporales en múltiples culturas. Estos resultados sustentan el reporte de equivalencias como intervalos con notas de uso y justificación. (Karasik et al., 2020; Kaaronen et al., 2023; González, 2018).

Tabla 1

Catálogo inicial de unidades y definiciones operativas observadas

Categoría	Unidad local (variante)	Definición operativa en campo	Contexto de uso	Observación sobre variación
Longitud	<i>Rikra</i> o braza	Envergadura de brazos de una persona adulta	Trazado de surcos y dimensionamiento textil	Variación moderada por talla y postura
Longitud	<i>Sikya</i> o media braza	Mitad de la envergadura entre hombro y mano	Proyección de tramos medianos	Variación baja a moderada según actor
Longitud	<i>Cuchuch</i> o codo	Longitud desde codo hasta punta de dedos	Corte de madera y marcaje de piezas	Variación baja en tareas repetitivas
Longitud	<i>Kapa</i> o palmo	Distancia entre pulgar y meñique extendidos	Mediciones rápidas y conteo de repeticiones	Variación baja con tensión constante
Capacidad	Cuartillo	Recipiente local de referencia para granos	Venta y trueque en feria rural	Variación por tamaño del vaso y llenado
Superficie	Brazada	Módulo derivado de repeticiones de braza sobre el suelo	Parcelación agrícola y estimación de áreas	Variación por pendiente y textura del terreno

Nota. La columna “observación sobre variación” se deriva de mediciones repetidas y de criterios de trazabilidad metrológica. Referencias de apoyo para denominaciones y usos: González (2018), Karasik et al. (2020), Rodríguez-Nieto et al. (2022).

En el eje de las capacidades, el cuartillo se constituyó como la unidad más establecida en ferias comunitarias-rurales para la venta de granos y legumbres, con prácticas de nivelado y compactación que buscan estandarizar el llenado y que se negocian de manera pública para asegurar la confianza. La comparación contra recipientes patrón mostró que el valor efectivo del cuartillo depende del tipo de vaso, de la técnica de vertido y del tamaño del grano, lo que justifica la comunicación de un rango y la

inclusión de notas sobre el procedimiento de llenado. La observación participante reveló, además, que el recurso a equivalentes cotidianos como la botella o la taza funciona como mediación didáctica en el punto de venta, lo cual coincide con estudios de mercados comunitarios-rurales y con la literatura sobre articulación entre unidades locales y métricas en contextos de comercio. Estos patrones informan la especificación de intervalos y el diseño de mensajes de uso responsable en el convertidor. (Rodríguez-Nieto et al., 2022; Lim, 2020).

Tabla 2

Casos representativos de resolución de problemas y unidades aplicadas

Problema cotidiano contextualizado	Unidad ancestral aplicada	Procedimiento de resolución en campo	Salida de conversión SI reportada
Espaciar hileras de maíz en <i>chakra</i> andina	<i>Iskay chaki</i> o dos pies	Avance en pasos uniformes con control visual del alineado	Longitud expresada como intervalo en metros con nota de terreno
Medir longitud de tablón en taller de carpintería	Cuarta y codo	Marcaje sucesivo de cuartas con verificación final con codo	Longitud en metros con margen por herramienta y postura
Vender fréjol en feria comunitaria	Cuartillo	Llenado, nivelado y verificación contra recipiente patrón	Volumen en litros expresado como rango por técnica de llenado
Contabilizar trama en tejido artesanal	Palmo	Repetición de palmos con tensión constante del hilo	Longitud en metros con variación baja por control de tensión

Nota. Los procedimientos documentan la secuencia real de acción y su negociación social, en correspondencia con hallazgos de mercados y de etnomatemática aplicada. Fuentes ilustrativas: Rodríguez-Nieto et al. (2022), Castro-Inostroza et al. (2020), Hinojosa Mamani, et al. (2024).

La codificación temática de las prácticas evidenció que la elección de unidad no es arbitraria, sino que sigue reglas locales de pertinencia, entre ellas la proporcionalidad entre tamaño del objeto y granularidad de la unidad, la facilidad de repetición y verificación, y la legitimidad de la medida ante terceros. En tareas de aula, las y los docentes que operan en zonas rurales movilizan estas reglas al proponer problemas con datos anclados en la experiencia del estudiantado, lo que favorece el puente hacia las unidades del Sistema Internacional cuando se explicitan las equivalencias con sus condiciones. Esta dinámica coincide con análisis de libros de texto que incorporan unidades no convencionales como entrada a la comprensión de magnitudes y con investigaciones que describen la resignificación pedagógica de tales medidas. Los resultados de campo muestran, por tanto, una continuidad entre la lógica de práctica y la lógica didáctica que el sistema de conversión debe cuidar. (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022; Rodríguez-Nieto, 2020).

Tabla 3

Matriz de trazabilidad de equivalencias construidas en campo

Unidad	Anclaje comunitario	Referencia histórica o arqueológica	Referencia técnica complementaria	Decisión de reporte
Palmo o <i>kapa</i>	Observación en tejido y carpintería	Hallazgos sobre módulo de mano en vasijas de la Edad de Hierro	Síntesis global de unidades corporales	Intervalo con nota de tensión y postura
<i>Rikra</i> braza	Trazado de surcos y medición de tramos	Compendios andinos de medidas longitudinales	Metrología precolombina para comparativos regionales	Intervalo con nota de talla del ejecutante

Cuartillo	Venta de granos en feria	Descripciones históricas de medidas volumétricas locales	Procedimientos de metrificación y equivalencias prácticas	Intervalo con nota de técnica de llenado
<i>Iskay chaki</i>	Espaciamiento de siembra	Registros etnográficos de práctica agrícola	Propuestas de tabulación para conversión educativa	Punto con margen cuando hay control de paso

Nota. *Referencias de apoyo por columna, en orden:* Karasik et al. (2020), González (2018), INN (2020), Kaaronen et al. (2023), Lim (2020), Villca (2019), Hinojosa Mamani, et al. (2024). *La matriz conecta cada salida del convertidor con evidencias comunitarias y documentales, reforzando la trazabilidad y la comunicabilidad de las equivalencias.*

Es decir, el análisis de dispersión mostró un comportamiento diferencial entre unidades dominadas por artefactos y unidades dominadas por proporciones corporales, con menor variación en escenarios de control de herramienta y mayor variación cuando la postura y la extensión corporal median la medición. Esta pauta se reflejó en la concentración de valores en torno a un rango estrecho para el palmo en tejido y carpintería y en rangos más amplios para la braza en exteriores, de manera coherente con la literatura andina y con estudios que precisan la relación entre morfología corporal y medida. La consecuencia metodológica inmediata fue la decisión de reportar equivalencias con intervalos y notas de uso, principio que guía el prototipo de convertidor y las tablas de consulta para su empleo educativo y comunitario. (González, 2018; Kaaronen et al., 2023; Villca, 2019).

El análisis comparativo entre escenarios reveló que la estabilidad de las equivalencias depende en medida significativa de la relación entre cuerpo, artefacto y ambiente, lo que conduce a comportamientos diferenciales por unidad y por oficio. En tejido y carpintería se registró menor dispersión para palmo y cuarta debido al control de tensión y postura, mientras que en el trazado de surcos a cielo abierto la braza presentó rangos más amplios asociados a biotipo y pendiente. En ferias, la variación del cuartillo respondió a la geometría de la vasija y al tratamiento del grano, circunstancia que se mitigó al acordar públicamente el nivelado y al comparar con recipientes patrón. Estos patrones de desempeño dialogan con la evidencia histórica y antropológica sobre regularidades de las medidas corporales y con repertorios andinos que documentan la operatividad de braza, codo y palmo en tareas productivas y de intercambio (Kaaronen et al., 2023; González, 2018; INN, 2020).

El sistema de conversión mostró utilidad pedagógica inmediata al traducir prácticas familiares en expresiones del Sistema Internacional sin desarraigar su sentido, hecho que elevó la legibilidad de los problemas contextualizados y favoreció el tránsito entre lo cotidiano y lo escolar. En aulas rurales, las y los docentes utilizaron el catálogo para diseñar secuencias en las que el conteo por palmos y codos antecedió al registro en centímetros y metros, y donde los intervalos de equivalencia se explicitaron como parte de la toma de decisiones de medición. En los mercados, la salida en litros con nota de contexto redujo desacuerdos y fortaleció la confianza en la transacción. Estas observaciones convergen con diagnósticos curriculares y con experiencias que recomiendan articular unidades locales y métricas para potenciar la comprensión de magnitudes en estudiantes y aprendices (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022; Rodríguez-Nieto, 2020; Gebre et al., 2021).

Tabla 4

Variabilidad comparada por escenario y unidad observada

Unidad	Escenario con menor variación	Escenario con mayor variación	Explicación de la diferencia
Palmo	Tejido con control de tensión	Corte rápido en exterior	Influencia de postura y ritmo de trabajo
Cuarta	Carpintería en banco de armado	Medición ambulante en feria	Precisión del apoyo y repetición del gesto
Codo	Marcaje de listones en taller	Estimación a distancia en campo	Diferencias en referencia visual y contacto

Braza	Urdimbre en interior	Trazado de surcos en pendiente	Biotipo y extensión de brazos en movimiento
Cuartillo	Venta con vasija patrón acordada	Venta con vasijas heterogéneas	Geometría del recipiente y granulometría

Fuente: González (2018); Rodríguez-Nieto et al. (2022); Martínez-Padrón et al. (2019); INN (2020).

La triangulación con fuentes documentales confirmó la coherencia de los intervalos reportados en campo con valores esperables de módulos corporales y con descripciones regionales de unidades ancestrales, reforzando la trazabilidad del sistema y su transferibilidad a otros territorios andinos. La correspondencia observada entre palmo y medidas de mano publicadas en estudios arqueológicos, así como la cercanía entre la braza comunitaria y registros históricos de la *rikra*, sugieren que el anclaje corporal provee una base estable sobre la cual construir equivalencias reproducibles. De igual modo, la comparación del cuartillo con relatos de metrificación y con tablas de comercio tradicional ayuda a comprender la persistencia de fracciones volumétricas locales. En conjunto, estos hallazgos describen un espacio de solución donde los intervalos respetan el uso social y sostienen la interoperabilidad con el metro, el litro y el kilogramo (Karasik et al., 2020; González, 2018; Lim, 2020; INN, 2020).

Tabla 5

Coherencia entre resultados de campo y literatura de referencia

Unidad	Campo, síntesis cualitativa	Literatura base, síntesis	Grado de concordancia	Observación de trazabilidad
Palmo	Estabilidad alta en tareas de precisión	Regularidades de mano en estudios comparados	Alta	Registro audiovisual y notas de postura
Codo	Precisión media en cortes y marcajes	Usos históricos en artesanías andinas	Media a alta	Medición repetida y validación comunitaria
Braza	Dispersión moderada por biotipo y ambiente	Descripciones quechuas de envergadura	Media	Control de serie y señalización de tramos
Cuartillo	Variación por vasija y grano	Relatos de comercio tradicional y metrificación	Media	Acuerdos de nivelado y recipiente patrón

Fuente: Kaaronen et al. (2023); González (2018); Lim (2020); INN (2020); Rodríguez-Nieto et al. (2022).

La adopción situada del convertidor produjo efectos visibles en la organización del trabajo y en la comunicación entre actores, que se reflejaron en economías de tiempo, disminución de malentendidos y mejor documentación de procesos. En la *chakra*, la planificación de canteros mediante brazas convertidas a metros con intervalo de referencia facilitó el cotejo de áreas y la asignación de esfuerzos colectivos. En la feria, la visibilización del rango del cuartillo desalentó prácticas opacas y estimuló acuerdos transparentes sobre nivelado y compactación. En el taller, la tabla de apoyo para codo y cuarta hizo posible registrar medidas en centímetros sin sacrificar el ritmo artesanal. Estas transformaciones cualitativas se alinean con estudios de práctica que describen ganancias operativas cuando se hacen explícitas las reglas de medición y sus condiciones de validez (Castro-Inostroza et al., 2020; Rodríguez-Nieto et al., 2022; UNL, 2023).

Tabla 6

Efectos observados del sistema en tareas representativas

Tarea representativa	Indicador de proceso	Evidencia asociada	Impacto reportado por actores
Planificación de canteros	Claridad en módulos de trabajo	Registros en metros con intervalo	Menor retrabajo y mejor coordinación

Venta de granos	Transparencia en equivalencias	Uso de vasija patrón y nivelado	Disminución de disputas en la transacción
Corte de materiales	Transferencia a unidades SI	Tabla de referencia en centímetros	Mayor precisión sin perder ritmo

Fuente: *Martínez-Padrón et al. (2019); Rodríguez-Nieto et al. (2022); UNL (2023).*

Por lo tanto, la síntesis de resultados delimita un núcleo de convergencias que explica la robustez del sistema y también los bordes de su aplicabilidad, insumos que orientan la discusión. Convergen la estabilidad relativa de palmo y cuarta en oficios con control de postura, la utilidad de la braza como módulo organizador con intervalos explícitos, y la necesidad de acordar recipientes y técnicas para estabilizar el cuartillo en ferias. Se perfilan, a la vez, limitaciones razonables vinculadas a la variación por biotipo, ambiente y artefacto, que no invalidan las equivalencias, sino que exigen comunicarlas con rangos y notas de uso. En este marco, la propuesta se afirma como una herramienta intercultural que preserva significado y habilita interoperabilidad con el Sistema Internacional en educación, comercio y oficios, en consonancia con la trayectoria regional de integración de saberes y estándares (Valdés, 2019; Gaceta UNAM, 2020; Villca, 2019).

DISCUSIÓN

Los resultados apoyan que es posible construir un sistema de conversión culturalmente pertinente y técnicamente trazable cuando las equivalencias emergen de la práctica situada y se triangulan con evidencia documental. La identificación de familias de unidades y su desempeño diferencial por escenario confirma que la medición con referentes corporales conserva una lógica operativa robusta que puede traducirse al Sistema Internacional siempre que se expliciten las condiciones de uso y los rangos de variación. Esta constatación dialoga con descripciones de la *chakra* andina y con análisis de práctica que muestran cómo el saber local organiza magnitudes de manera estable y significativa para la acción cotidiana y el aprendizaje escolar (Martínez-Padrón et al., 2019; Rodríguez-Nieto, 2020; Hinojosa Mamani, et al., 2024).

La convergencia entre las medidas de campo para palmo, cuarta, codo y braza y los valores compilados en repertorios andinos sugiere que existe una arquitectura común de múltiplos enteros que trasciende localidades y oficios. Sin embargo, la variación de la medida de la braza en exteriores y las del palmo fuera de situaciones controladas matizan la idea de una equivalencia fija y refuerzan la decisión metodológica de reportar intervalos. Esta lectura coincide con síntesis comparativas sobre unidades basadas en el cuerpo y con evidencias arqueológicas que anclan módulos de mano y brazo en artefactos y construcciones, aunque nuestra observación subraya que el gesto técnico y la postura son variables críticas que la literatura suele tratar de manera más general (Kaaronen et al., 2023; Karasik, Harush y Smilansky, 2020; González, 2018).

En capacidad y masa, la estabilidad del *cuartillo* con procedimientos públicos de llenado y la aproximación de la libra comunal al kilogramo cuando se contrasta en balanza muestran que las comunidades ya operan mecanismos prácticos de control metrológico. Este hallazgo dialoga con descripciones históricas de procesos de metrificación que articularon unidades tradicionales con patrones métricos mediante acuerdos, tablas y verificación pública, pero también introduce un matiz al enfatizar que la geometría del recipiente y la granulometría del producto siguen afectando la equivalencia observable. El sistema propuesto recoge esta tensión y la comunica como rango, evitando la ficción de un punto único cuando el proceso social de medición no lo produce de forma legítima (Rodríguez-Nieto, Rodríguez-Nieto y Martínez, 2022; INN, 2020; Lim, 2020).

Desde el punto de vista educativo, la adopción del convertidor y de las tablas con notas de contexto mostró efectos inmediatos en la legibilidad de problemas y en la discusión explícita de la incertidumbre, lo que fortalece un enfoque de enseñanza que parte de prácticas propias significativas y desemboca en el lenguaje y las convenciones del Sistema Internacional. Esta articulación coincide con análisis de libros de texto que recomiendan introducir unidades de medidas no convencionales como puerta de entrada a las magnitudes y con estudios que documentan la inclusión paulatina de saberes locales en el currículo cuando se conservan criterios de validez y trazabilidad. Nuestros resultados aportan evidencia de que el

énfasis en condiciones de uso y en comunicación de rangos es didácticamente productivo y no un obstáculo para el rigor (Morales-García y Rodríguez-Nieto, 2022; Gebre, Tola y Yao, 2021; UNL, 2023).

Teóricamente, el estudio robustece una concepción sociotécnica de la medición en la que el valor no es solamente un número sino el resultado de un arreglo de cuerpos, herramientas, normas implícitas y acuerdos públicos. El sistema de conversión se inscribe en esta tradición al priorizar trazabilidad y transparencia y al reconocer que la interoperabilidad con el Sistema Internacional es compatible con la preservación de significado cultural. Esta postura encuentra respaldo en revisiones históricas y marcos institucionales que explican cómo los estándares modernos se consolidaron sin suprimir de inmediato la diversidad local y cómo su adopción exigió puentes comunicativos y prácticas de validación pública que hoy reaparecen en los mercados y talleres estudiados (Valdés, 2019; Benham, 2020; Gaceta UNAM, 2020).

Las discrepancias con algunos reportes de la literatura enriquecen la interpretación. En el caso de la braza, ciertos compendios registran valores levemente superiores a nuestras medianas, diferencia que atribuimos a tamaños corporales y a definiciones operativas que varían entre regiones andinas. Del mismo modo, los paralelos con tradiciones externas, como la medida de la palma registrada en vasijas de la Edad de Hierro o los procesos de transición en Singapur, confirman regularidades funcionales, pero no sustituyen la necesidad de documentar cada unidad en su ecología de uso. La consecuencia es que la generalización debe realizarse por familias de práctica y no por extrapolación directa de un valor canónico fuera de su ámbito de producción legítima (Karasik, Harush y Smilansky, 2020; Lim, 2020; González, 2018).

El estudio presenta limitaciones que orientan su lectura y abren líneas futuras. La muestra respondió a criterios intencionales y a saturación teórica, por lo que no es representativa en sentido estadístico y requiere validaciones adicionales en otras regiones y oficios. Las mediciones se realizaron en situaciones naturales con variabilidad ambiental y ergonómica que es parte del fenómeno observado, pero que restringe la comparabilidad con ensayos de laboratorio. La negociación pública en ferias comunitarias-rurales y el consentimiento para registro audiovisual limitaron la densidad de algunas series, y la traducción terminológica entre lenguas originarias y el español demandó decisiones analíticas que podrían refinarse con equipos más amplios. Estas condiciones no invalidan los resultados, pero acotan su alcance y justifican el reporte de intervalos y notas de uso como forma responsable de comunicación.

A partir de estas limitaciones se delinean oportunidades claras de continuidad. La ampliación del catálogo a comunidades de costa y sierra centro, la incorporación de diseños de comparación sistemática entre oficios y la evaluación del convertidor en secuencias didácticas controladas permitirán estimar efectos de aprendizaje y transferibilidad. Asimismo, la integración de protocolos de calibración comunitaria, la documentación fotogramétrica de artefactos y la sistematización de equivalencias por temporadas agrícolas pueden fortalecer la estabilidad de los rangos y su aceptación pública. El diálogo con propuestas de tabulación histórica y con desarrollos regionales de conversión añade una ruta de colaboración que promete acelerar la estandarización pedagógica sin sacrificar el vínculo cultural (Villca, 2019; UNL, 2023; INN, 2020).

En conclusión, el sistema de conversión propuesto no solo traduce unidades de medidas ancestrales no convencionales a metros, litros y kilogramos, sino que lo hace de una manera que preserva la inteligibilidad de las prácticas y mejora la comunicación entre actores educativos, productivos y técnicos. Al situar cada equivalencia en su red de trazabilidad y al proponer intervalos en lugar de puntos descontextualizados, la propuesta se muestra coherente con hallazgos internacionales y con repertorios andinos, a la vez que ofrece una herramienta práctica para la resolución de problemas cotidianos en clave intercultural. Estas implicaciones teóricas y aplicadas confirman la pertinencia de continuar y escalar la investigación, manteniendo el equilibrio entre significado cultural e interoperabilidad con el Sistema Internacional.

REFERENCIAS

- Benham, E. (2020, 6 de octubre). Busting myths about the metric system. *National Institute of Standards and Technology (NIST), Taking Measure Blog*. <https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/busting-myths-about-metric-system>
- Castro-Inostroza, Á., Rodríguez-Nieto, C. A., Aravena-Pacheco, L., Loncomilla-Gallardo, A., y Pizarro-Cisternas, D. (2020). Nociones matemáticas evidenciadas en la práctica cotidiana de un carpintero del sur de Chile. *Revista Científica*, 39(3), 278–295. <https://doi.org/10.14483/23448350.16270>
- Gaceta UNAM. (2020). Se celebran 150 años del sistema métrico decimal unificado. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/se-celebran-150-anos-del-sistema-metrico-decimal-unificado/>
- Gebre, D. G., Kassa, S. A., y Wodeyesus, K. M. (2021). Ethnomathematics in Kafa, Ethiopia: Number sense and its level of inclusion in school curriculum. *Mediterranean Journal of Social & Behavioral Research*, 5(3), 41–50. <https://doi.org/10.30935/mjosbr/11291>
- González, C. (2018). Las medidas longitudinales andinas. *Ichan Tecolotl (CIESAS)*. <https://ichan.ciesas.edu.mx/las-medidas-longitudinales-andinas/>
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2020, 19 de noviembre). Metrología precolombina: La medición en los Pueblos Originarios de América. <https://www.inn.cl/metrologia-precolombina-la-medicion-en-los-pueblos-originarios-de-america>
- Kaaronen, R. O., Manninen, M. A., y Eronen, J. T. (2023). Body-based units of measure in cultural evolution. *Science*, 380(6648), 948–954. <https://doi.org/10.1126/science.adf1936>
- Karasik, A., Harush, O., y Smilansky, U. (2020). The morphology of Iron Age storage jars and its relation to the handbreadth measure (Biblical tefach). *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 384(1), 183–190. <https://doi.org/10.1086/710529>
- Lim, L. (2020). Milestones to the metric system. *BiblioAsia*, 16(1). <https://biblioasia.nlb.gov.sg/vol-16/issue-1/apr-jun-2020/metric/>
- Martínez-Padrón, O. J., Trujillo, C. A., y Lomas-Tapia, K. R. (2019). Saberes matemáticos ancestrales de una chakra andina. *Revista Espacios*, 40(36), 15. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n36/a19v40n36p15.pdf>
- Morales-García, L., y Rodríguez-Nieto, C. A. (2022). Medidas no convencionales en libros de texto mexicanos: Un análisis desde la Etnomatemática y el enfoque Ontosemiótico. *REDIMAT – Journal of Research in Mathematics Education*, 11(1). <https://doi.org/10.17583/redimat.8646>
- Hinojosa Mamani, J., Yucra Yucra, M., Callomamani Callomamani, J.C., Enríquez Salas, P., Mamani Gamarra, J. E., Catacora Lucana, E., Jilaja Carita, E. E. y Poma Cruz, H. J. (2024). Praxis de la etnomatemática quechua en la región alto andina del Perú. En F. Vitório Ribeiro, W. Fernandes Pereira y M. H. Torres de Medeiros (Eds). F. Vitório Ribeiro, W. Fernandes Pereira y M. H. Torres de Medeiros (Eds), *Inclusão digital no ensino de ciências e matemática: um olhar para a diversidade*, (pp. 56 – 79). Editora Científica Digital. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240115596.pdf>
- Rodríguez-Nieto, C. A. (2020). Explorando las conexiones entre sistemas de medidas usados en prácticas cotidianas en el municipio de Baranoa. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, e857. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.857
- Rodríguez-Nieto, C. A., Morales-García, L., Muñoz, A., y Navarro, C. (2022). Etnomatemática y medidas: Un estudio con comerciantes de un mercado del suroeste mexicano. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (51), 13–36. <https://doi.org/10.17227/ted.num51-11143>
- Universidad Nacional de Loja (UNL). (2023). Saberes y expresiones ancestrales en la región sur del Ecuador [Compilación]. <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2024-01/SABERES%20Y%20EXPRESIONES%20ANCESTRALES%20VFinal.pdf>

- Valdés, J. (2019). Revisión del Sistema Internacional de Unidades: Equiparable a la adopción del sistema métrico decimal. *Revista Serendipia*.
<https://www.revistaserendipia.com/ciencia/metrolog%C3%ADa/revisi%C3%B3n-del-sistema-internacional-de-unidades-equiparable-a-la-adopci%C3%B3n-del-sistema-m%C3%A9trico-decima/>
- Villca, R. (2019). Sistematización de medidas ancestrales de peso y longitud y propuesta de conversión al SI [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24580/TM359.pdf?sequence=1&isAllowed=y>