

Formas de hacer matemáticas a través de una práctica cultural de elaboración de balones artesanales: un estudio etnomatemático

*Doing mathematics through a cultural practice
of making artisan balls: An ethnomathematical study*

Mónica Vázquez-Pacheco • Flor Monserrat Rodríguez-Vásquez • Camilo Andrés Rodríguez-Nieto

RESUMEN

En la educación matemática escolar impera la necesidad de generar espacios de conocimientos multiculturales inclusivos, es decir, espacios en los cuales exista el respeto por la diversidad cultural y se valoren y reconozcan los diversos conocimientos matemáticos culturales que los estudiantes adquieren de forma natural, producto de las prácticas y actividades desarrolladas en su contexto. El objetivo de este artículo es mostrar los métodos de conteo empleados en la elaboración de balones artesanales, así como el conocimiento matemático empírico e implícito en la práctica cultural, desde el enfoque etnomatemático. La investigación es cualitativa y se realizó un estudio de caso. Los participantes fueron dos productores de la comunidad de Chichihualco del estado de Guerrero en México. Los datos se recolectaron a partir del método de observación y la entrevista. Se realizó un análisis temático a los datos. Los resultados señalan que la actividad matemática universal de contar es fundamento en la constitución de conocimientos matemáticos que se relacionan con conceptos como número y con nociones geométricas.

Palabras clave: Cultura, educación matemática, etnomatemática, geometría, práctica matemática.

ABSTRACT

There is a need in school mathematical education to generate spaces for inclusive multicultural knowledge, that is, spaces in which there is respect for cultural diversity, and the diverse cultural mathematical knowledge that students acquire naturally is valued and recognized—a product of the practices and activities developed in its context. This article aims to show the counting methods used in producing artisanal balls, as well as the empirical and implicit mathematical knowledge in cultural practice, from an ethnomathematical approach. The research is qualitative and a case study was carried out. The participants were two producers from the community of Chichihualco in the state of Guerrero in Mexico. The data was collected from the observation method and the interview. A thematic analysis was carried out on the data. The results indicate that the universal mathematical activity of counting is the basis for the constitution of mathematical knowledge related to concepts such as “number” and “geometric notions”.

Keywords: Culture, mathematical education, ethnomathematics, geometry, mathematical practice.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de enseñanza de las matemáticas es evidente la desconexión que subsiste entre la matemática institucional y los diversos contextos donde se desarrolla, aspecto que obstaculiza la adquisición de conocimientos significativos y competencias que permitan a los estudiantes aplicar lo aprendido en la resolución de problemas en su entorno. Esta problemática se manifiesta al momento de evaluar los conocimientos matemáticos adquiridos por los estudiantes de los diferentes niveles educativos (Al-sina, 2018; Cáceres et al., 2020; Zavaleta y Dolores, 2020).

Por consiguiente, en el ámbito de la educación matemática surge la necesidad de investigar y determinar los conocimientos matemáticos ligados a las actividades diarias que realizan las personas dentro de su contexto, prácticas que generan saberes como comparaciones, manejo de sistemas de medidas y cantidades, clasificaciones, ordenaciones, entre otros, enseñanzas que a lo largo de generaciones han sido acumuladas y transferidas de forma natural entre los miembros pertenecientes a determinados ambientes (D'Ambrosio, 2014).

El enfoque etnomatemático vinculado a la educación matemática, que se caracteriza por reconocer y valorar las prácticas de comunidades, grupos sociales, etnias o culturas, permite estudiar desde la perspectiva cultural el conocimiento matemático implícito en situaciones cotidianas, con la finalidad de que los docentes reconozcan y utilicen los conocimientos que los estudiantes poseen para resolver problemáticas, generar conexiones significativas que profundicen la comprensión y, de acuerdo con Saumell (2021), a partir de resoluciones iniciales comparen formas de solución para hacerlos evolucionar hacia los procedimientos y formulaciones propias de la matemática desarrollada en el ámbito escolar.

Mónica Vázquez Pacheco. Universidad Autónoma de Guerrero, México. Es Maestra en Docencia de la Matemática y ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales. Entre sus publicaciones recientes se encuentra el capítulo de libro “La actividad de medir en el proceso de manufactura de un balón de futbol-soccer” en *Avances en Matemática Educativa, Actividades e Investigación*. Correo electrónico: 06316523@uagro.mx. ID: <https://orcid.org/0009-0006-9953-2964>.

Flor Monserrat Rodríguez Vásquez. Profesora-Investigadora de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Guerrero, México. Es Doctora en Matemática Educativa por la Universidad de Salamanca, España. Tiene los reconocimientos al perfil PRODEP y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Es miembro de la Comisión de Educación de la Sociedad Matemática Mexicana, de la Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C., del Consejo Latinoamericano de Matemática Educativa A.C., y de la Comisión Internacional de Historia en Matemática Educativa del CIHEM. Correo electrónico: flor.rodriguez@uagro.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0002-9596-4253>.

Camilo Andrés Rodríguez Nieto. Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. Es Doctor en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por la Universidad Autónoma de Guerrero. Tiene los reconocimientos por cumplimiento becario del CONAHCYT con tesis doctoral honorífica. Entre sus publicaciones recientes aporta a la teoría ampliada de las conexiones (TAC) desde una perspectiva ontosemiótica y el uso de las conexiones etnomatemáticas para estudiar las matemáticas usadas en la vida cotidiana. Pertece al semillero de investigación GICNEX de la CUC. Correo electrónico: crodrigu79@cuc.edu.co. ID: <https://orcid.org/0000-0001-9922-4079>.

En este contexto, investigaciones de corte etnomatemático han reportado avances en las formas de conocimiento matemático (e.g. Agüero et al., 2019; Álvarez et al., 2020; Aroca y Santana, 2022; Mansilla-Scholer et al., 2022; Martínez et al., 2020; Batallas et al., 2017), estudios que permiten la difusión de nuevas ideas, conceptos y perspectivas que comprenden nociones matemáticas presentes en las prácticas cotidianas y sus aplicaciones en la educación matemática.

Por otra parte, el concepto *etnomatemáticas* promovido por D'Ambrosio refiere los conocimientos que posibilitan a los individuos entender, aprender y desempeñar sus prácticas a través de la aplicación de sus propios métodos y/o técnicas (*tics*), empleados para contar, medir, realizar cálculos, clasificar, inferir y modelar (*mathema*), con base en la necesidad que surge de satisfacer sus necesidades y resolver problemas dentro de su contexto (*etnos*) (D'Ambrosio, 1985).

Es decir, definir la etnomatemática comprende una aproximación a sus raíces etimológicas de *mathema*, *tics* y *etnos*, que representan un referente en la mayoría de las investigaciones de corte etnomatemático. Sin embargo, es fundamental que la definición se comprenda también como “la matemática practicada por grupos culturales, como comunidades urbanas y rurales, grupos de trabajadores, clases profesionales, niños de cierta edad, sociedades indígenas y tantos otros grupos que se identifican por objetivos y tradiciones comunes” (D'Ambrosio, 2002, p. 9).

Al considerar la definición planteada por D'Ambrosio y las características que favorecen la diversificación cultural, es probable que las ideas difieran de una cultura a otra. Sin embargo, aun cuando existe diversidad, de acuerdo con Bishop (1999), es posible establecer similitudes con base en seis actividades presentes en todas las culturas, que constituyen un fundamento y promueven la estimulación de procesos cognitivos en el ser humano; estas son contar, medir, localizar, diseñar, jugar y explicar, prácticas que permiten identificar conocimientos matemáticos implícitos. En relación con la primera actividad, Bishop (1999) describe “contar” como una forma sistemática de representación empleada para comparar, ordenar, clasificar, asociar objetos, símbolos y partes del cuerpo con números en dependencia del contexto donde se desarrolle la actividad.

Así pues, con la finalidad de reconocer la matemática que emerge en las prácticas que desarrollan los individuos en los diversos contextos, se han efectuado investigaciones que reportan la presencia de dicho conocimiento. Por ejemplo, Aroca y Santana (2022) observaron en su estudio que los artesanos involucran el conocimiento matemático de calcular, comparar y medir al utilizar moldes o patrones para elaborar artesanías, e identificaron a su vez el empleo de figuras geométricas, la simetría y la perpendicularidad, saberes asociados al diseño de patrones.

En la práctica cotidiana de un grupo de pescadores de la zona sur austral de Chile, Mansilla-Scholer et al. (2022) identificaron nociones matemáticas de medir, localizar y contar, así como la noción de modelar y estimar como proceso previo de

la medición; con respecto a la práctica de contar, los autores evidencian que emerge al determinar el número de espineles, anzuelos, brazadas y cantidad de productos obtenidos. También se ha reportado la presencia de nociones matemáticas en instrumentos utilizados por la cultura cafetalera de Costa Rica, los cuales son la cajuela, la angarilla, la varilla, el flotador, el ábaco cafetalero empleado para contabilizar la cantidad de angarillas de café, y el boleto, representación del pago monetario a los recolectores con fichas clasificadas por tamaños que representan la cantidad de café recolectado (un cuartillo, medio, tres cuartillos y una cajuela). Tanto el ábaco como el boleto, de acuerdo con la investigación, son artefactos vinculados con la práctica de contar con posibilidades de uso para fines didácticos (Agüero et al., 2019).

Por lo que refiere al balón de fútbol soccer, este se ha convertido en objeto cultural con presencia en diferentes grupos sociales, pues su elaboración forma parte de una práctica que se realiza en diversos estados de México, países de Latinoamérica, Asia y África, además de ser utilizado para practicar fútbol soccer, deporte conocido a nivel mundial (Romero et al., 2022). Por tal motivo, investigadores como Carena (2019), Kyeong-Hwa (2011) y Sward (2015) se han centrado en el estudio de este objeto, evidenciando a través de sus trabajos conceptos matemáticos presentes en su estructura, los cuales han sido empleados para obtener una mejor comprensión en temas matemáticos de geometría.

Por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo identificar la actividad de contar en el marco de una de las actividades productivas de la población de Chichihualco, Guerrero, México, la elaboración de balones de fútbol soccer, y analizar los conocimientos matemáticos vinculados que implica su uso y aplicación en el desarrollo de la práctica.

METODOLOGÍA

La investigación desarrollada es de tipo cualitativa-etnográfica, en un estudio de caso que permitió a los autores explorar a través del trabajo de campo para comprender la actividad objeto de estudio desde la realidad del contexto, lo cual implicó la utilización y recogida de una gran variedad de material, como observaciones, notas de campo, entrevistas, toma de imágenes y transcripciones de audio y video (Martínez, 2007). Para ello se consideraron tres etapas: selección de los participantes, recolección y análisis de los datos.

Contexto y unidad de estudio

La población de Chichihualco forma parte de la región centro del estado de Guerrero, México; aun cuando la mayor parte de la población se dedica a la agricultura, la actividad de elaborar balones representa una fuente más de ingresos económicos

para las familias de este municipio y comunidades aledañas. Para la selección de los informantes clave se indagó entre conocidos para lograr contactar con productores de balones. También se consideró para realizar el estudio de la práctica de los fabricantes que los partícipes mostraran disposición e interés por concretar un acercamiento, fueran originarios de la población y contaran con amplia experiencia en el proceso de elaboración.

En particular, la forma de selección correspondió porque las personas de la población dedicadas a esta actividad son celosas del trabajo que efectúan, motivo por el cual no brindan información y tampoco permiten que otros conozcan sus procedimientos de fabricación, con el fin de evitar la propagación del conocimiento entre extraños, que se invada su mercado y se genere más competencia. Los participantes voluntarios de la investigación (padre e hijo) desarrollan esta actividad en su taller denominado Balones de México (Balmex) (ver Tabla1).

Tabla 1

Datos de los productores

Participante	Edad	Experiencia	Escolaridad
Productor 1 (Pr1)	69 años	39 años	Licenciatura
Productor 2 (Pr2)	38 años	17 años	Bachillerato

Fuente: Construcción personal.

Recolección de los datos

En la recolección de datos se realizó la documentación previa y la observación del procedimiento de manufactura de los balones (primeros acercamientos). Se aplicó una entrevista estructurada en dos partes: la primera entrevista, con base en la información que se recabó durante el proceso de observación y las notas de campo recolectadas, constó de preguntas generales, que son planteamientos que permiten la indagación de aspectos que favorecieron la práctica motivo de estudio, y la introducción al proceso de fabricación. También se consideraron preguntas estructurales para enlistar métodos o categorías, de conocimiento sobre características, materiales, consideraciones, entre otros, y de contraste, de acuerdo a similitudes o diferencias presentes en el proceso de elaboración (Hernández et al, 2014).

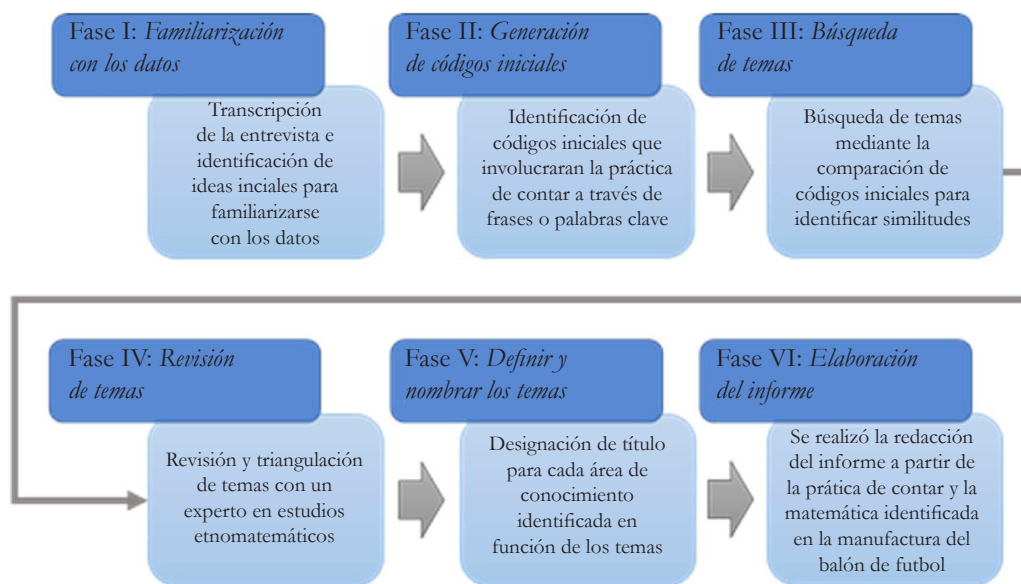
La segunda entrevista derivó del análisis de la información suministrada por los productores, de donde emergieron nuevas cuestiones, a fin de profundizar en cada paso de elaboración desarrollado. A su vez, se realizaron tomas fotográficas y grabación de audio y video, con el objetivo de interpretar la comunicación verbal y no verbal, así como rescatar aspectos no identificados al momento de la aplicación de las entrevistas.

Análisis de los datos

En el estudio del banco de datos se utilizó la técnica del análisis temático propuesto por Braun y Clarke (2006), a través de las seis fases (ver Figura 1), con el propósito de realizar un tratamiento interpretativo desde el enfoque etnomatemático e identificar ideas, procedimientos, nociones y métodos empleados por los productores en el proceso de manufactura.

Figura 1

Fases del análisis temático propuesto por Braun y Clarke (2006) empleado en la investigación



Fuente: Construcción personal.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los conocimientos matemáticos que surgieron del análisis temático respecto a la actividad de contar que emergió durante el proceso de elaboración de balones de fútbol en el taller de Balones de México, saberes que son aplicados por los productores de manera implícita. No obstante, con la experiencia adquirida a través de los años, el conocimiento adquirido en la práctica es desarrollado de forma explícita.

Representación del sistema de conteo: clasificar

El proceso de elaboración de balones establece relevancia a la clasificación, en un primer momento de los suajes, que son moldes de acero con bordes cortantes y agujas que delimitan la superficie de las piezas de vinil cortadas con perforaciones equidistantes, denominadas gajos (ver Figura 2).

Figura 2

Clasificación de los suajes utilizados para realizar el corte de gajos



Fuente: Construcción personal.

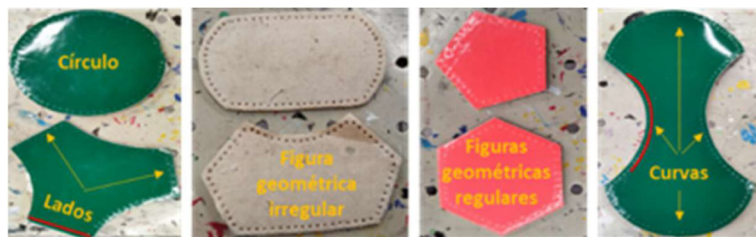
Se debe subrayar que, para los productores, los gajos presentan elementos geométricos que les permiten relacionar su forma con figuras geométricas, como el círculo, el pentágono y el hexágono. Además identifican a su vez elementos como lado, curva, segmento de recta, polígonos regulares, formas geométricas irregulares y su correspondencia respecto al número de lados, aun cuando no cumplen con la condición de regularidad. Estas características son consideradas también al momento de clasificar los gajos (ver Tabla 2).

Tabla 2

Elementos geométricos identificados al describir características de los gajos

-
- E.- ¿Los gajos todos son iguales, o son diferentes?
- Pr2.- Hay varios moldes, les llamamos curvo o gajo, rueda [señala las piezas que corresponden a cada nombre]. Son para este balón [muestra el balón que elabora con esos gajos], aquí está el curvo que le digo y aquí está la rueda.
- Pr1.- Estos gajos son de este tipo [señala], no puedo decir un rectángulo, no es parejo todo y este es prácticamente un hexágono, pero es alargado.
-

Representación



Fuente: Construcción personal.

De esta manera, la clasificación de los gajos atiende a la forma geométrica descrita en el párrafo anterior y el número de piezas que conforman el balón de acuerdo a los cuatro modelos que se manufacturan en el taller. Estos modelos son el *Profesional* o de 32 gajos, que es utilizado en partidos de liga oficiales, está constituido por 32

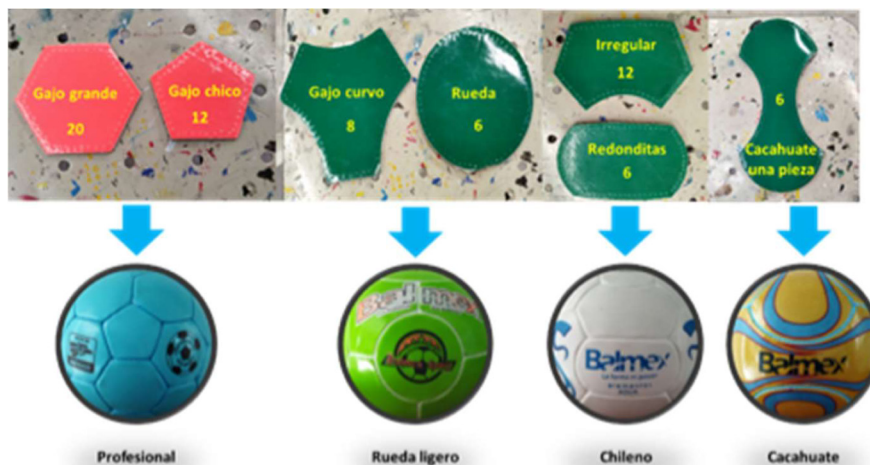
piezas, de las cuales 12 son pentágonos y 20 hexágonos, o “gajos chicos” y “gajos grandes”, como los denominan en el taller; el *Chileno*, que se realiza con 12 gajos de forma irregular, pero que los productores relacionan con un hexágono por sus seis lados que presenta, y 6 gajos denominados “redonditas”, por las perforaciones que lo delimitan y representan el lugar geométrico de una elipse; el *Rueda ligero*, el cual se realiza con 14 piezas, seis ruedas y ocho gajos curvos, y el *Cacahuate*, con 6 piezas, se debe mencionar que este modelo es relacionado con un fruto seco conocido en México de la misma forma, sin embargo, esta comparación se debe a la curvatura que presenta (ver Tabla 3).

Tabla 3

Modelos de balón producidos en el taller y número de piezas lo conforman

- E.- ¿Cuántos modelos de balón usted hace?
- Pr2.- Manejamos cuatro. Este es el *Chileno*, es otro tipo de molde, ¿ve la forma del gajo?, ¿cómo es? Y a este le llamamos *Cacahuate* porque el molde hace la forma de un cacahuate; 32 *Profesional* y *Rueda ligero*.
- E.- ¿Cuántos gajos tienen cada uno de los balones?
- Pr2.- El de 32, le llamamos de 32 porque son 32 piezas, el de *Cacahuate* solo son 6 piezas, el *Chileno* son 12 de este tipo de pieza y 6 de redonditas, 18 piezas, y el de *Rueda* son 8 curvos y 6 ruedas, 14 piezas.

Representación



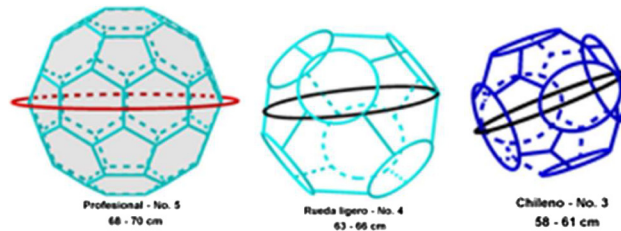
Fuente: Construcción personal.

Mientras que la clasificación con respecto al tipo de balón se relaciona con el tamaño de acuerdo a las características estandarizadas en los reglamentos de fútbol soccer con respecto a la medida de su circunferencia, medidas reguladas por la Fédération Internationale de Football Association (FIFA) (ver Tabla 4).

Tabla 4
Medidas de circunferencia oficial de cada modelo y tipo de balón

Tipo de balón	Circunferencia
Balón no. 5 (<i>Profesional, Chileno y Rueda ligero</i>)	68-70 cm
Balón no. 4 (<i>Rueda ligero y Cacabuate</i>)	63-66 cm
Balón no. 3 (<i>Chileno</i>)	58-61 cm

Representación



Fuente: Construcción personal.

Es evidente que la clasificación es un proceso que permite generar relaciones entre suajes-modelo de balón, modelo de balón-número de gajos, tamaño-tipo de balón, tipo de balón-medida de circunferencia, que forman parte del conocimiento lógico matemático desarrollado por los productores en función de criterios de forma, cantidad y tamaño, práctica que favorece la organización de la producción que se lleva a cabo en el taller.

Relación “material-producción”

En el proceso de elaboración la materia prima que se estima en primer lugar es vinil y lona. Para ello es necesario conocer la cantidad de material que debe disponer el taller a fin de cubrir la demanda de los clientes al solicitar sus pedidos, así, Pr1 considera dos aspectos: el número de balones a manufacturar y el conocimiento explícito de los balones que puede elaborar con un metro de vinil, saber que emerge de la práctica de contar (ver Tabla 5).

Tabla 5
Cálculo de cantidades del material a utilizar en la manufactura

- E.- Dice que, si va a hacer cien o doscientos balones, usted sabe cuánto material va a utilizar.
- Pr1.- Sí.
- E.- ¿Cuánto material utiliza?
- Pr1.- Para que tengamos una casi exacta cantidad de materiales, sabemos que por cada metro de vinil salen siete balones terminados. Entonces en función de la cantidad que quieras [refiriendo la producción a realizar], divididos entre los siete balones, te da el total del material que necesitas.

Fuente: Construcción personal.

El conteo es empleado para realizar la construcción de patrones sobre el vinil, actividad que permite a Pr1 y Pr2 determinar la cantidad de balones que se producen con un metro de material, además la técnica usada permite también la optimización al troquelar, que es la acción de cortar con los suajes los gajos, lo cual evita el desperdicio de materia prima (ver Tabla 6).

Tabla 6

Construcción de patrones que permite a los productores optimizar el material empleado

Pr1.- Van a ser tiras hasta de siete ruedas, una, dos, tres, cuatro, cinco, seis y siete. Y lo mismo los gajos [refiriéndose a los gajos curvos], también se hace esto [comienza a construir sobre el piso su patrón con base en el acomodo de los gajos], aquí sí va uno y uno, para que pueda de alguna manera no desperdiciarse mucho material.

Representación



Construcción de patrón con gajos

Reproducción de patrón sobre el material para cortar el vinil en tiras y troquelar

Fuente: Construcción personal.

Ejemplificando el cálculo que realizan en el taller con base en los datos suministrados por los productores, tenemos que si la producción solicitada es de 200 o 1,000 balones, entonces Pr1 y su hijo realizan el siguiente procedimiento:

Caso 1: producción = 200 balones

$$\rightarrow \frac{200}{7} \approx 28.5 \text{ m de vinil}$$

Caso 2: producción = 1,000 balones

$$\rightarrow \frac{1,000}{7} \approx 142.8 \text{ m de vinil}$$

Es decir:

$$\rightarrow \frac{\text{No. de balones a producir}}{7} \approx \text{Total de vinil a utilizar en metros}$$

Por lo tanto, se identifica que al calcular el material a utilizar los productores usan de forma implícita una relación funcional, donde la cantidad de material necesario para la manufactura con respecto al vinil depende de la cantidad de balones a producir. Es decir, el modelo matemático que permite establecer la relación funcional es:

$$f(x) = \frac{x}{7}$$

Donde

$$x = \text{No. de balones de futbol a producir}$$

Por otra parte, con respecto a la lona que se empleará, los productores contemplan el modelo de balón, pues en la manufactura del modelo profesional se utiliza el doble de lona en correspondencia con la cantidad determinada de vinil, debido a que este se procesa con doble capa de lona a fin de reforzar el material para soportar el uso rudo al que se somete en los torneos de liga, mientras que a los otros modelos elaborados en el taller solo se les pega una capa de lona, en este caso la cantidad en metros de lona es igual a los metros de vinil. En consecuencia, para determinar la cantidad de lona que se debe utilizar en la elaboración del modelo *Profesional Pr1* y su hijo multiplican el valor en metros obtenido de efectuar el cálculo en función de la producción por dos, con la finalidad de obtener el doble de material que se necesita en el proceso (ver Tabla 7).

Tabla 7

Proceso de pegado que considera cantidad de material y modelo de balón que se produce

Pr1.- Son dos procesos, cuando es para un balón ligero que es con una lona, de antemano sabes que vas a sacar cien o doscientos o mil balones, ya sabes cuántos metros vas a pegar con una lona [hace referencia al vinil], y si vas a elaborar otros mil balones de doble capa [balón profesional usado para jugar en los torneos de ligas] entonces tienes el material para pegarle la doble capa.

Representación



Proceso de pegado del vinil con lona

Fuente: Construcción personal.

El conteo en la aplicación de conceptos geométricos

La actividad de contar también posibilita que emerjan conocimientos relacionados con conceptos geométricos como simetría, congruencia, semejanza, rotación y traslación, saberes usados por los productores en el proceso de elaboración. Con respecto a la simetría, se identifica como parte del proceso de serigrafía, técnica de impresión que consiste en estampar diseños gráficos, logotipos y/o imágenes en los gajos de las pelotas, denominado por Pr1 como “sellado” (ver Figura 3).

Figura 3

Proceso de sellado que efectúan para imprimir diseños gráficos



Fuente: Construcción personal.

En el procedimiento se utilizan pantallas o revelados, plantillas con diseños que permiten transferir las imágenes trazadas. Sin embargo, antes de emplear el revelado, los productores realizan el “centrado” del diseño, con el propósito de alinear las impresiones gráficas en la superficie de los gajos. En otras palabras, Pr2 establece una línea imaginaria congruente con la pantalla, a fin de establecer una correspondencia exacta entre el tamaño, forma y posición de los gajos para alinear el sellado, procedimiento que posibilita determinar un eje simétrico (ver Figura 4).

Figura 4

Método para establecer el eje simétrico en los gajos con relación a la pantalla y el diseño que imprimen



Fuente: Construcción personal.

Para ello se realiza el conteo de las perforaciones de uno de los lados rectos del gajo que se sellará con la marca, estas perforaciones tienen la característica de ser equidistantes, lo que posibilita dividir en dos segmentos iguales la longitud del lado. Es decir, se determina la misma cantidad de perforaciones, tanto a la izquierda como a la derecha del lado segmentado, para establecer una línea imaginaria que indica el eje simétrico del diseño a imprimir (ver Tabla 8)

Tabla 8

Conteo como método para emplear simetrías en el sellado de gajos

Pr2.- Para que nos dé nuestra pantalla necesitamos contar los hoyos de cada gajo para [que] al momento de unir con el otro quede alineado, porque si no lo hacemos va a quedar este abajo, este arriba [señala los gajos], necesitamos centrar antes de hacer todo.

Representación



Fuente: Construcción personal.

Con el proceso de sellado se identifica también el conocimiento implícito de congruencia que deriva de la implementación de la línea simétrica imaginaria en los gajos y así evitar la sobreposición de formas, dado que algunos diseños requieren efectuar el sellado con más de una capa de pintura en diferentes colores. Por consiguiente, cada forma sellada previamente debe ser congruente con la siguiente, lo cual permite obtener diseños gráficos estéticos y alineados con base en un eje simétrico que denota su importancia al momento de coser los gajos y conformar los diseños de los balones (ver Figura 5).

Otro procedimiento que permitió observar la práctica de contar es la costura. En este paso de elaboración se identifica que los productores ordenan los gajos de acuerdo a cuatro secciones de costura que dividen el proceso de ensamble del balón, considerando el número de gajos, forma y diseño gráfico de la pelota. Por ejemplo, en el modelo *Rueda ligero* la primera sección de costura se realiza con la unión de dos gajos curvos sellados, con la finalidad de conformar el primer diseño de impresión; a continuación se realiza la costura de los gajos “rueda”, uno en la parte superior y otro en la parte inferior de los primeros gajos cosidos (ver Figura 6).

Figura 5

Evidencia fotográfica que permite identificar conocimientos de congruencia y semejanza empleados por los productores



Fuente: Construcción personal.

Figura 6

Proceso de costura realizado por sección



Fuente: Construcción personal.

Figura 7

Construcción de secciones semejantes en la costura de gajos



Fuente: Construcción personal.

La segunda sección de costura se realiza con dos gajos “curvos” y un gajo “rueda”. Finalmente, las secciones tres y cuatro se elaboran considerando el concepto de semejanza, es decir, se realizan dos pares de secciones iguales, en forma y número de gajos cosidos, la primera sección semejante con la tercera sección y la segunda sección semejante con la cuarta sección; de esta manera emerge el conocimiento de semejanza que permite que Pr1 y su hijo comiencen a dar forma al balón (ver Figura 7).

Es necesario subrayar que en el armado del balón los productores siguen un patrón de forma: la esfera. Sin embargo, los gajos con impresión serigráfica juegan un papel muy importante en el proceso de costura, dado que las cuatro secciones que se confeccionan tienen como objetivo disponer en la superficie del balón los diseños, marcas y/o logotipos sellados en los gajos. Por lo tanto, los productores aplican una traslación de 180° entre el par de diseños similares, uno respecto al otro, y posteriormente una rotación de 180° a los gajos a los que se aplicó la traslación para que ambos diseños se orienten en el mismo sentido, con respecto a un punto de la superficie de la pelota establecido como parte superior (ver Figura 8).

Figura 8

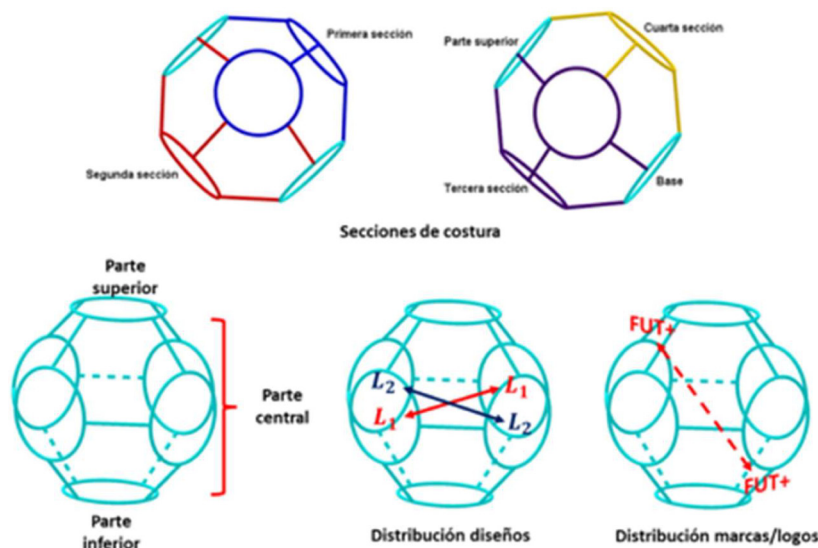
Rotación y traslación aplicada empleando el conteo para ubicar diseños gráficos



Fuente: Construcción personal.

Por lo tanto, la práctica de contar permite en el proceso de costura el desarrollo de saberes matemáticos que derivan de conceptos como la semejanza al construir secciones de costura que faciliten el armado del balón; la traslación y rotación que posibilitan la distribución y orientación de diseños gráficos, considerando siempre la forma de los gajos y el número de piezas que constituyen un balón de acuerdo al modelo que se manufactura (ver Figura 9).

Figura 9
Representación elaborada con GeoGebra que constituye la distribución y orientación de diseños en la superficie del balón



Fuente: Construcción personal.

De esta manera se identifica cómo el conteo favorece el uso de conceptos geométricos por los productores durante el proceso de elaboración, saberes ejecutados y puestos en práctica de manera habitual, que con base en la experiencia adquirida se han estructurado y esquematizado, lo cual les permite aplicar el conocimiento de forma consciente.

Aritmética: simplificación del conteo

La simplificación del conteo es otro conocimiento identificado durante la manufactura del balón, que emerge cuando Pr2 determina el número de gajos a sellar, considerando la producción. Por ejemplo, en caso de que el logotipo, marca, diseño gráfico o eslogan utilice más de un gajo para su impresión, el productor cuenta las piezas que ocupa, después, considerando que comúnmente cada balón tiene dos diseños de marcas en su superficie, entonces Pr1 y su hijo suman otra cantidad igual para obtener el doble de piezas. Por último, para conocer el total de gajos a estampar durante el proceso de sellado se considera la cantidad de piezas impresas para un balón por el número de pelotas a manufacturar (ver Tabla 9).

Asimismo, la representación matemática que describe la técnica empleada por los productores se expresa como una relación mediante la suma que corresponde dos veces un número, como se representa a continuación:

$$x = \text{Número de gajos para sellar una marca}$$

Tabla 9

Simplificación del conteo al emplear el doble de una cantidad

Pr2.- Cuando tenemos el diseño del balón contamos, por decir, aquí lleva dos gajos por balón, o sea, son dos marcas, pero la marca se divide en dos y lleva dos marcas, depende [de] los balones que sean, contamos, simplemente le vamos a agregar lo doble para que lleve las dos marcas.

Representación



Fuente: Construcción personal.

Mediante la suma tenemos:

$$x + x = 2x$$

Donde

$$2x = \text{Doble de gajos a sellar}$$

Otro proceso de simplificación se observó durante el empaquetado del artefacto cultural, en el cual se organizan paquetes con decenas y docenas, de acuerdo con los productores contienen 10 y 12 balones respectivamente, también se realizan empaques con 15 pelotas. Este procedimiento permite facilitar el almacenamiento de la producción, además favorece el conteo rápido y eficiente al vender y entregar el producto elaborado a sus clientes (ver Figura 10).

Figura 10

Paquetes de balones con 15, 12 y 10 piezas



Fuente: Construcción personal.

CONCLUSIONES

La manufactura de balones de futbol soccer es una actividad desarrollada por los pobladores como un medio más para generar ingresos económicos, no solo en el lugar objeto de estudio sino también en comunidades cercanas y otras regiones del estado de Guerrero. El proceso de elaboración artesanal efectuado en el taller ha evidenciado que la práctica de contar permite clasificar los suajes, herramientas utilizadas en el corte de gajos, considerando el modelo (*Profesional, Rueda ligero, Chileno y Cacahuatle*) y su tipo, que tiene relación con la longitud de la circunferencia y el número establecido para cada medida de acuerdo a los reglamentos oficiales de futbol soccer.

También se muestra que al ordenar los gajos se toma en cuenta su forma, la cual presenta elementos relacionados con figuras geométricas que son reconocidas por los productores. El conocimiento de regularidad e irregularidad también emerge como condición que favorece la clasificación del número de piezas que conforman la pelota.

Por otra parte, la relación entre material y producción establecida para adquirir la materia prima en el taller evidencia que el conteo permite la construcción de patrones con la finalidad de optimizar el material como primer objetivo, y posteriormente para determinar el número de balones que se elaboran con un metro de vinil, proceso que favorece el cálculo aproximado de materiales empleados en la manufactura.

Con más detalle y de acuerdo con la definición de etnomatemática establecida por D'Ambrosio (1985), contar se convierte en un método o técnica que hace posible generar conocimientos geométricos implícitos de simetría al establecer líneas imaginarias que permiten equidistar con respecto a los bordes de cada gajo las impresiones gráficas. Por consiguiente, "el centrado" realizado durante el paso de sellado origina nociones de semejanza y congruencia desde la experiencia adquirida al estampar diseños gráficos en capas.

En tanto que la rotación y la traslación se evidencian durante la costura al posicionar logos, marcas y/o diseños gráficos en la superficie de la pelota con respecto al desplazamiento conforme la distancia de traslación establecida por el conteo de gajos, además del sentido de orientación y el ángulo de rotación que se aplica al ubicarlos, ello desde el conocimiento abstracto concebido de forma que permite a los productores aplicar de manera implícita transformaciones geométricas. Aparte, la aritmética emerge como técnica empleada para simplificar el conteo al establecer cantidad de piezas a imprimir con diseños gráficos, ordenar y empaquetar el producto elaborado para facilitar su manipulación, optimizar los espacios de almacenamiento y hacer más eficiente la entrega y venta.

Así pues, la práctica de contar descrita por Bishop (1999) posibilita a las personas que elaboran de forma artesanal balones de futbol soccer evidenciar la forma, métodos o técnicas empleadas al clasificar su producción, establecer relaciones entre la materia prima que utilizan y la manufactura de sus pedidos, la aplicación implícita

de conceptos geométricos que con la experiencia se han convertido en conocimiento empleado de manera explícita, y al realizar cálculos aritméticos que favorecen la simplificación del conteo.

En la enseñanza de la geometría los conocimientos evidenciados durante la manufactura de los balones de fútbol soccer pueden ser aprovechados para establecer relaciones que puedan contribuir a significar el aprendizaje de los estudiantes en temas como transformaciones geométricas, simetría, congruencia, semejanza, figuras geométricas (rectángulo y círculo), polígonos regulares e irregulares (pentágono y hexágono), elementos geométricos básicos (lado, segmento de recta y curva) y lugares geométricos (elipse y circunferencia). Otros conocimientos matemáticos en los cuales puede ser aprovechada la matemática evidenciada son: relaciones, función lineal y aritmética.

Es importante subrayar que el aporte que realiza este artículo desde la etnomatemática brinda al área de educación matemática elementos que permitan conectar temas del currículo matemático con la práctica objeto de estudio, además abre la posibilidad de aprovechar el conocimiento que los estudiantes poseen y aplican en su contexto para potencializar el aprendizaje de la matemática escolar. Por consiguiente, resulta necesario realizar estudios de corte etnomatemático, con el propósito de aportar conocimientos matemáticos generados en el desarrollo de prácticas culturales, que posibiliten a los docentes de educación matemática enseñar desde el contexto para el contexto.

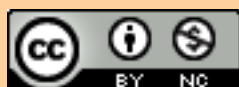
REFERENCIAS

- Agüero, E., Quesada, S., y Gavarrete, M. E. (2019). Explorando etnomatemáticas en artefactos de la cultura cafetalera de Costa Rica. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 32(2), 332-339. <http://funes.unian-des.edu.co/14038/1/Aguero2019Explorando.pdf>
- Alsina, A. (2018). La evaluación de la competencia matemática: ideas clave y recursos para el aula. *Épsilon*, (98), 7-23. https://thales.cica.es/epsilon_d9/sites/default/files/2023-04/epsilon98_1.pdf
- Álvarez, J., Gómez, M., y Huertas, C. (2020). Las etnomatemáticas y su influencia en el desarrollo de la competencia cultural. *Cultura, Educación y Sociedad*, 11(2), 237-250. <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.11.2.2020.15>
- Aroca, A. A., y Santana, G. (2022). Matemáticas en moldes para la elaboración de estructuras en artesanías de Usiacurí. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 13(1), 215-234. <https://doi.org/10.21501/22161201.3741>
- Batallas, S. B., Sono, D., Cadena, H., y Aroca, A. (2017). Aproximación a la concepción etnomatemática. *Ecos de la Academia*, 3(5), 70-79. <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/ecosacademia/article/view/108>
- Bishop, A. (1999). *Enculturación matemática, la educación matemática desde una perspectiva cultural*. Paidós Ibérica.
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. https://www.researchgate.net/publication/235356393_Using_thematic_analysis_in_psychology
- Cáceres, M., Moreno, J., y León, J. L. (2020). Reflexiones y perspectivas sobre la evaluación de los aprendizajes de matemáticas en la educación media superior mexicana. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 29, 287-313. <https://doi.org/10.17163/soph.n29.2020.10>
- Carena, M. (2019). *La pelota siempre al 10. Problemas del fútbol resueltos con matemática*. Universidad Nacional del Litoral.

- D'Ambrosio, U. (1985). Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 5(1), 44-48. <https://www.scinapse.io/papers/316331165#fullText>
- D'Ambrosio, U. (2002). *Etnomatemática, entre las tradiciones y la modernidad*. Belo Horizonte: Autentica.
- D'Ambrosio, U. (2014). Las bases conceptuales del Programa Etnomatemática. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2), 100-107. <https://www.redalyc.org/pdf/2740/274031870007.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Kyeong-Hwa, L. (2011). Modelling of and conjecturing on a soccer ball in a Korean eighth grade Mathematics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 751-769. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9274-8>
- Mansilla-Scholer, L. E., Castro-Inostroza, A. N., y Rodríguez-Nieto, C. A. (2022). Explorando el conocimiento matemático de los pescadores de la Bahía de Puerto Montt, Chile. *Praxis & Saber*, 13(32), e12894. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n32.2022.12894>
- Martínez, M. (2007). *La investigación cualitativa etnográfica en educación*. Trillas.
- Martínez, M., García, M., Chavarría, J., y Gavarrete, M. E. (2020). El papel de la etnomatemática en la acción pedagógica: reflexiones sobre la visión sociocultural de las matemáticas a través de la voz de los docentes. *Journal of Mathematics and Culture*, 14 (1). 39-52. <https://journalofmathematicsandculture.files.wordpress.com/2020/02/3.el-papel-de-la-etnomatematica-en-la-accion-pedagogica.pdf>
- Romero, A., Varela, C. A., Téllez, M. I., y Almanza, A. (2022). Tradición y devenir del juguete popular guanajuatense. Caso Irapuato y León, Guanajuato. *Revista Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1-12. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3611/3107>
- Saumell, N. (2021). La etnomatemática. Su importancia para un proceso de enseñanza aprendizaje con significación social y cultura. *Revista Conrado*, 17(82), 103-110. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1937>
- Sward, D. (2015). Soccer ball symmetry. En K. Delp, C. S. Kaplan, D. McKenna y R. Sarhangi (eds.), *Proceedings of Bridges 2015: Mathematics, music, art, architecture, culture* (pp. 151-158). Tessellations Publishing.
- Zavaleta, A., y Dolores, C. (2020). Evaluación para el aprendizaje en matemáticas: el caso de la re-orientación. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 107, 9-34. <http://www.sinewton.org/numeros>

Cómo citar este artículo:

Vázquez-Pacheco, M., Rodríguez-Vásquez, F. M., y Rodríguez-Nieto, C. A. (2024). Formas de hacer matemáticas a través de una práctica cultural de elaboración de balones artesanales: un estudio etnomatemático. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 15, e1896. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v15i0.1896



Todos los contenidos de *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.