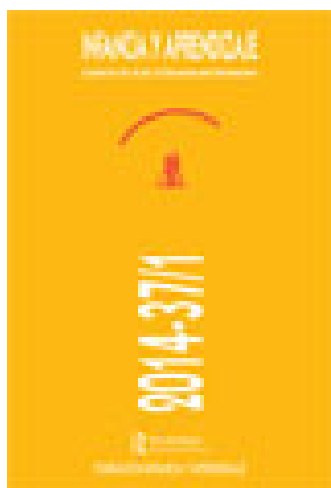


This article was downloaded by: [University of California, Berkeley]

On: 25 June 2015, At: 09:05

Publisher: Routledge

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.tandfonline.com/loi/riya20>

Studying culture-cognition relations in collective practices of daily life: a research framework / El estudio de las relaciones cultura-cognición en las prácticas colectivas cotidianas: un modelo de investigación

Geoffrey B. Saxe^a

^a University of California

Published online: 25 Jun 2015.



CrossMark

[Click for updates](#)

To cite this article: Geoffrey B. Saxe (2015): Studying culture-cognition relations in collective practices of daily life: a research framework / El estudio de las relaciones cultura-cognición en las prácticas colectivas cotidianas: un modelo de investigación, *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, DOI: [10.1080/02103702.2015.1054669](https://doi.org/10.1080/02103702.2015.1054669)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/02103702.2015.1054669>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications on our platform. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor and Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. Terms &

Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

Studying culture-cognition relations in collective practices of daily life: a research framework / *El estudio de las relaciones cultura-cognición en las prácticas colectivas cotidianas: un modelo de investigación*

Geoffrey B. Saxe

University of California

(Received 19 January 2015; accepted 20 February 2015)

Abstract: This article sketches a framework for the study and analysis of culture-cognition relations that I present in my recent book, *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies*. Taking an historical approach, I focus on the reproduction and alteration of representational forms for number and the functions that representational forms serve in collective practices in and out of school. My key argument is that, in the context of their goal-directed communicative activities in collective practices in daily life, people unwittingly reproduce and alter representational forms and the functions that these forms serve. The process leads to continuities and discontinuities in form-function relations in communities over historical time. To provide evidence for this process and its role in the cultural development of ideas, I report selected findings from research conducted in 1978, 1980 and 2001 in Oksapmin communities; I focus on historical shifts in the forms and functions of the Oksapmin body part counting system over time. I then update that body of research with a sketch of a recent 2014 follow-up study. I close with reflections on the utility of my framework for the study of culture-cognition relations in other communities and on cognitive domains other than mathematics.

Keywords: mathematical cognition; cognitive development; Papua New Guinea; sociogenesis; microgenesis; representation

Resumen: Este artículo esboza un modelo para el estudio y análisis de las relaciones entre cultura y cognición que he presentado en mi reciente publicación *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies* (Desarrollo cultural de las ideas matemáticas: Estudios en Papúa Nueva Guinea). Adoptando un enfoque histórico, me centro en la reproducción y alteración de las formas de representación del número y las funciones que estas formas representacionales desempeñan en las prácticas colectivas dentro y fuera de la escuela. Mi principal argumento es que, en el

English version: pp. 1–17 / *Versión en español*: pp. 18–34

References / *Referencias*: pp. 34–36

Translated from English / *Traducción del inglés*: Mercè Rius

Author's Address / *Correspondencia con el autor*: Graduate School of Education, University of California, Berkeley, CA, USA. E-mail: saxe@berkeley.edu

contexto de las actividades comunicativas dirigidas a la consecución de metas en las prácticas colectivas en la vida cotidiana, las personas involuntariamente reproducen y alteran las formas de representación y las funciones para las que esas formas se utilizan. Este proceso provoca continuidades y discontinuidades en las relaciones entre forma y función en las comunidades a lo largo del tiempo. Para mostrar evidencias de este proceso y su papel en el desarrollo cultural de las ideas, informo de hallazgos seleccionados de las investigaciones realizadas en 1978, 1980 y 2001 en comunidades oksapmin. Me centro en los desplazamientos históricos en las formas y las funciones del sistema de cómputo oksapmin basado en las partes del cuerpo. A continuación, actualizo ese cuerpo de investigación con un bosquejo de un estudio reciente de seguimiento, realizado en 2014. Finalizo el artículo con algunas reflexiones sobre la utilidad de mi modelo para el estudio de las relaciones entre cultura y cognición en otras comunidades y en dominios de conocimiento diferentes de las matemáticas.

Palabras clave: cognición matemática; desarrollo cognitive; Papúa Nueva Guinea; sociogénesis; microgénesis; representación

In my recent book, *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies* (Saxe, 2012), I present a theoretical framework and empirical techniques for understanding the interplay between cultural and cognitive-developmental processes in numerical thought. I use my fieldwork conducted in 1978, 1980 and 2001 with a remote Papua New Guinea group, the Oksapmin, to illustrate the framework and empirical methods. The framework builds on but also departs from the seminal contributions of Piaget (1963, 1970b) and Vygotsky (1978, 1986) as well as activity-theoretic formulations of culture-cognition relations (Bateson, 1972; Cole, 1996; Engestrom, 2003; Leontiev, 1981; Sfard, 2008; Wertsch, 1991). One of the novel arguments in my approach is that an adequate treatment of cultural-cognition relations requires an understanding of the complex interplay between cultural-historical and developmental processes in human thought over time¹. In the present article, I review and build upon the book's conceptual and empirical contributions with an extension to new observations made in a 2014 return to Oksapmin communities.

Studying the interplay between cultural-historical and developmental processes in numerical thought

In everyday talk and problem solving, people use representations for quantity. Representations include expressions like 'how much?', 'too much' or 'not enough', as well as 'long', 'short' and 'tiny'. The representations and ideas also include numeration, whether in the form of counting words or orthographic representational forms, like the Hindu-Arabic numeration system and its place value structure. The question that frames my book is, 'What is the origin of the mathematical representations and ideas that populate people's everyday speech and problem solving activities?' The question lies at the intersection of cultural anthropology, sociology, developmental psychology and education, and it invites some answers that I consider in my book and then reject.

One answer to questions about origins appeals to biological treatments of cognition: mathematical structures or ideas are a product of the evolution of our species and thus built into our central nervous system, and representational forms are expressions of these native ideas. But biological approaches fail to deal with how and why collective representations take form differently over the social histories of different human communities. Moreover, they do not explain how diverse representations and ideas originate — how, for example, representations for number differ in school, on the job or in casual conversation.

Another answer to questions about origins is that we learn mathematical ideas from the cultural worlds in which we participate, whether in school, on the job, in conversations with others or as a part of the languages we learn as young children. This answer fails to address cultural-historical and developmental questions — what are the historical origins of representations that are learned in school, on the job or in conversations, and how does the use of these representations shift as children develop?

In the cultural-historical and developmental approach I present in *Cultural Development of Mathematical Ideas*, I make use of my fieldwork in Oksapmin communities conducted in 1978, 1980 and 2001 to support my arguments that both cognition and culture should be treated as processes that are jointly rooted in human activity. In this article, I begin by summarizing *cultural-historical* and *developmental* aspects of the framework and illustrating their joint roots in activity. I then describe empirical studies that are drawn from my prior empirical work on the Oksapmin 27-body part counting system from 1978 through 2001. I show that the knowledge and use of the body system have generally been declining in Oksapmin communities, yet at the same time, new kinds of collective practices are emerging that support an increase in the use of the body count system but with an altered structure to serve novel functions. I conclude by showing how the framework and prior empirical studies informed my recent 2014 research in Oksapmin; I end by pointing to ways the framework can support inquiry in other communities and into knowledge domains other than mathematics.

Cultural-historical aspects of the framework

My approach is cultural-historical in the sense that foci for analyses are recurring structures of joint activity in communities, what I refer to as collective practices. Examples of collective practices that I examine in my research include customer-store clerk transactions in Oksapmin trade stores as well as teacher-student interaction in Oksapmin bush schools. In collective practices in these arenas of activity, participants cognize mathematical problems that are inherently situated in cultural-historical time; store goods are exchanged for currency in a particular time period in Oksapmin history, and a student's efforts to solve an arithmetic problem that a teacher has posed take place in a particular time period in the history of Oksapmin bush schooling. As the participants attempt to solve emerging problems in collective practices, problems are 'taken-as-shared'

(Cobb, Wood, Yackel, & McNeal, 1992) — understood in more or less common terms in ways that support coordinated activity. A store clerk and a customer, for example, manage to exchange goods for currency in a trade store because they coordinate their activities — owner determines how much cash is needed, customer produces cash and owner evaluates payment.

As individual actors participate in accomplishing a taken-as-shared joint problem in collective practices, they inevitably divide the cognitive work in relation to social positions, and their goals emerge and shift in relation to these emerging roles as well as the representational forms they use. For example, a customer may create the goal to present more currency than the cost of an item at one moment, and a clerk may create the goal to return appropriate change for the payment as another. For either the clerk or customer to use the Oksapmin 27-body part counting system to solve an arithmetic problem — like adding the forearm (7) to the elbow (8) — has implications for emergent goals and subgoals that are different from those entailed in performing the same addition with a strictly verbal counting system for number.

To illustrate the culturally and historically situated problems and emerging goals in collective practices, I present an observation of one exchange that occurred at an Oksapmin trade store in 1978. The actors in the observation are the store clerk and two customers shown in [Figure 1](#). Moments prior to the scene captured in the photos, the customers had requested cans of fish from the clerk,



Figure 1. Two men making a purchase of cans of fish in the mission trade store from a store clerk.

the clerk had retrieved them and the customers presented payment. For each phase of this instance of a collective practice participating individuals accomplished successive goals that emerged in relation to each participant's actions and interpretations. In [Figure 1a](#) through [Figure 1i](#), one customer retrieved payment in Papua New Guinea currency from a small tin that he kept in his string bag and requested additional cans of fish ([Figure 1a–d](#)). In [Figure 1e](#) the clerk returned with additional cans, and in [Figure 1f–1i](#) payment was made and change was returned. Over the course of the phases, the clerk constructed goals to tally the cost of items to customers and produced means of achieving them; a customer created goals of determining how much cash to present in relation to the cost of the items.

Collective practices like that of economic exchange in the Oksapmin trade store are relatively durable in the sense that they are common patterns of joint activity over multiple locations and through spans of time. That said, they have no inherent permanence. Indeed, structures of activity — including individuals' construction of goals and means to accomplish — are dynamic, shifting and ephemeral. Further, the artifacts that are constitutive of emergent numerical problems in such exchanges — the cash and commodities — have no inherent numerical or exchange value. Rather, artifacts take on meaning as they are interpreted and used in the exchanges. The recurring activity structures and the meanings attributed to artifacts are more or less predictable because they are rooted in precedent, rendering them interpretable to the participants.

Developmental aspects of the framework

My framework is also developmental. I argue that historically rooted cultural forms (like the Oksapmin 27-body part counting system) and the functions they serve in collective practices are not static. Rather, in the context of communicative and problem solving activity, individuals turn forms into means to accomplish goals that serve cognitive functions in activity. In this process forms and their functions are reproduced and inevitably altered in communities over historical time.

[Figure 2](#) depicts relations between forms and functions, on the one hand, and means and goals, on the other. As illustrated in the figure, in the act of counting in an exchange, an individual quantifies a collection of coins (the small circles in [Figure 2](#)) by tailoring the body form to accomplish the numerical goal, and generates goals and subgoals in relation to the form being deployed, assigning body parts in one-to-one correspondence to objects. In this goal directed use of the body form, the individual reproduces but also alters the body system in relation to the problem at hand. In their reproduction and alteration, we find continuity over historical time in culturally-elaborated forms, but also alterations keyed to shifting problems that emerge in collective practices of cultural life.

An investigation of shifting relationships between cultural forms and the functions they serve requires a coordinated treatment of three developmental processes: *microgenetic*, the transformation of forms into means to accomplish

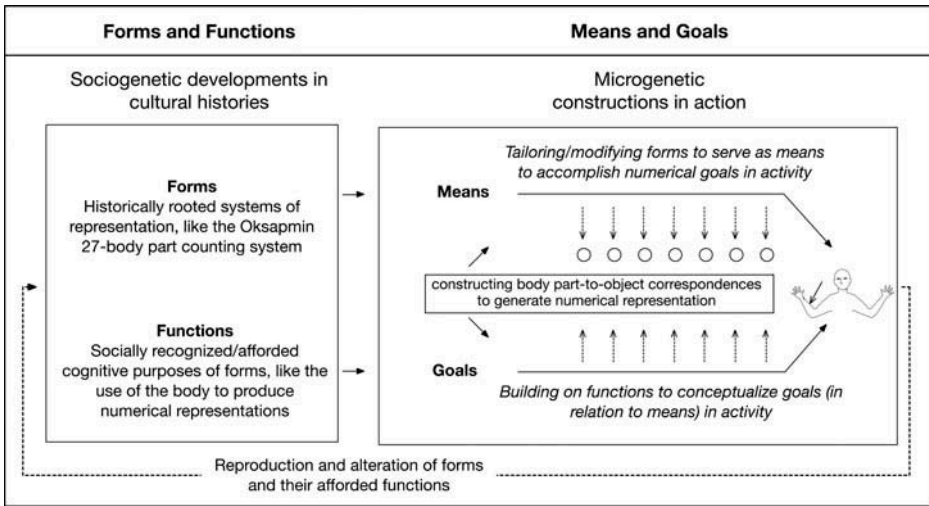


Figure 2. Relations between forms and functions (sociogenetic developments in cultural histories) and means and goals (microgenetic constructions in action).

emerging goals in the flow of activity; *sociogenetic*, or the reproduction and alteration of collective forms of representation in community networks through historical time; and *ontogenetic*, the interplay between forms and functions as well as means and goals in an individual's activity over his or her own life course.

To illustrate the developmental aspects of the framework, I will focus on the Oksapmin representational form for counting depicted in Figure 3, a system elaborated over a complex cultural history. To count with the 27 body-part system, one begins with the thumb on one hand and iterates names for body parts around the upper periphery of the body to the little finger on the opposite hand. In the Oksapmin language, there are no terms for number other than the body parts themselves. In traditional daily life, people use the representational form of the body part counting system to serve a variety of traditional, socially recognizable,

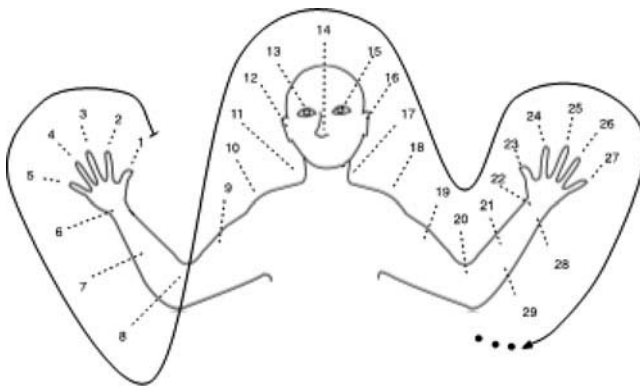


Figure 3. Traditional representational form for counting in Oksapmin communities.

functions. (For videos of Oksapmin people displaying the system, see <http://www.culturecognition.com/>.) Consider the ways that micro-, socio- and ontogenetic processes are each inherent in the use of the system in Oksapmin collective practices.

Microgenetic processes

Traditional Oksapmin people use the body part counting form to serve functions like the quantification of a group of items. Each time a person counts items, the process of counting entails the *microgenetic* developmental process of constructing a numerical representation by turning the representational form into a means to accomplish an emerging numerical goal. For example, to produce a cardinal number for a group of coins in a trade store interaction, like the one shown in [Figure 1](#), the customer turns the series of body parts into a numerical means as he assigns body parts in one-to-one correspondence with objects; the customer's activity leads to a cardinal representation of a number, like 'forearm' for seven coins (as schematized in [Figure 2](#)). The production of a cardinal value is a microgenetic developmental process in the important sense that cardinal and ordinal numbers are not contained in the representational form or in the objects themselves. Rather, individuals construct and interpret numerical representations in acts of producing one-to-one correspondences, summing and ordering (Piaget, 1970a).

Sociogenetic processes

The reproduction and alteration of collective representational forms, like the Oksapmin 27-body part counting system, is a *sociogenetic* developmental process. The process occurs through many local interactions in communication and problem solving in collective practices, as individuals engage with emergent communicative problems and problem solving through networks of interlocutors over historical time.

To investigate sociogenetic developmental processes, I conducted studies on collective practices of economic exchange and of schooling with concern for understanding processes of reproduction of representational forms, like the 27-body part counting system, and also the alterations of these forms. To illustrate my empirical approach, I focus here on Oksapmin bush schools, which provided me with fertile ground in 1980 for the study of sociogenetic reproduction and alteration in the body part counting forms in a novel interplay between the body form and the emergence of arithmetic functions.

In Oksapmin communities in the 1970s and at least part of the 1980s, teachers in schools were not Oksapmin; most were Papua New Guinea citizens from the more Westernized coastal regions, and thus they had no knowledge of the Oksapmin language or the counting system². Instruction was in English as dictated by the Papua New Guinea national government educational policy and the emphasis was on drill and practice approaches to mathematics instruction.

Though the body part system had not been used traditionally to solve addition and subtraction problems in Oksapmin communities (Saxe, 1982, 1985), in the context of English drill-and-practice curriculum, I found that children were making sense of the mathematics in the alien English language in terms of their indigenous body part system. Further, the sense making process led children to create novel arithmetic functions for the system. Supportive evidence for this sociogenetic hypothesis — that engagement with arithmetical problems in school was leading a community of Oksapmin children to generate novel functions for the body system — came from several 1980 studies. First, supporting the conjecture that traditionally the body system was not used to serve arithmetical functions, I found that traditional elders did not use the system effectively to solve arithmetic problems (presented as story problems) such as $16-7 = ?$. For example, as depicted in Figure 4, traditional elders correctly represented the first term of the problem with ear (16), but did not keep track of the subtrahend in their solution (Saxe, 1982), iterating backwards from the ear-on-the-other side (16): ear (16), eye (15), nose (14), etc., without a method of keeping track of the subtraction of 7 from 16. Second, in a study with Oksapmin school children (Saxe, 1985), I found that many children were developing novel and effective functions for the body system, even though they had received no formal instruction with it. For example, in one observational study, students were documented counting on their bodies during an arithmetic test. In another, I found that when unschooled adolescents worked on solving arithmetic problems like $16-7 = ?$, they would use the error-prone approach, similar to that used by traditional elders (illustrated in Figure 4). In contrast, even though they received no instruction with arithmetic using the body system, school children in Grades 4 and 6 almost all used a different approach: they created correspondences that were not between body parts and objects, but correspondences turned inward — correspondences between body parts and body parts to serve the function of keeping track. For example, as

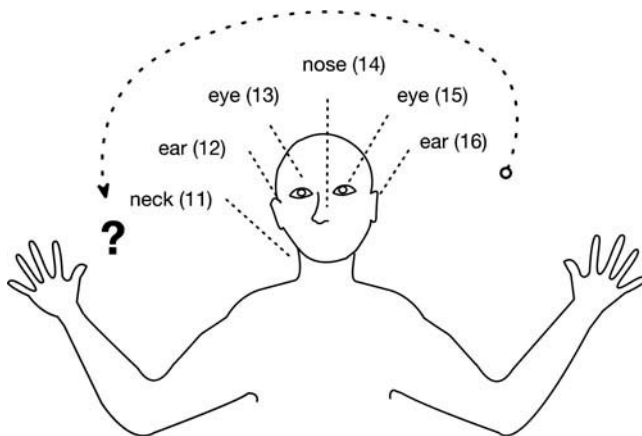


Figure 4. An approach to solving $16-7 = ?$ in which an individual does not keep track of the subtraction of the second term, forearm (7) from the first, ear (16).

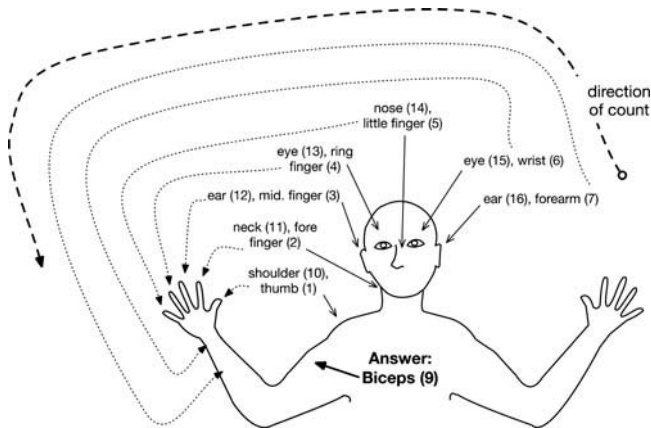


Figure 5. An approach to solving $16-7 = ?$ in which an individual keeps track of the subtraction by creating one-to-one correspondences internal to the body system, coordinating the subtraction of the forearm (7) from the ear (16).

depicted in Figure 5, to solve the same problem, $16-7 = ?$, children would count down from the ear (16) and keep track of the subtrahend by establishing successive correspondences between the ear (16) and the forearm (7), the eye (15) and the first wrist (6), until the correspondence between the shoulder (10) and the thumb (1) was achieved, leaving the body parts left after the subtraction of 7, or biceps (9). Figure 6 shows a fourth grader explaining his keeping-track strategy.

How did Oksapmin children develop their keeping-track-of-body-parts approach to arithmetic problem solving? The argument elaborated in my book is that their shift to internal correspondences between body parts is the unintended consequence of local actions constructed to solve goals that emerged in school. I argue that, as children worked on solving problems on their own and in interaction with one another, they made sense of problems and of one another's efforts, thereby reproducing the system but also altering it in innovative ways regulated by their understanding of the numerical functions of one-to-one correspondence.

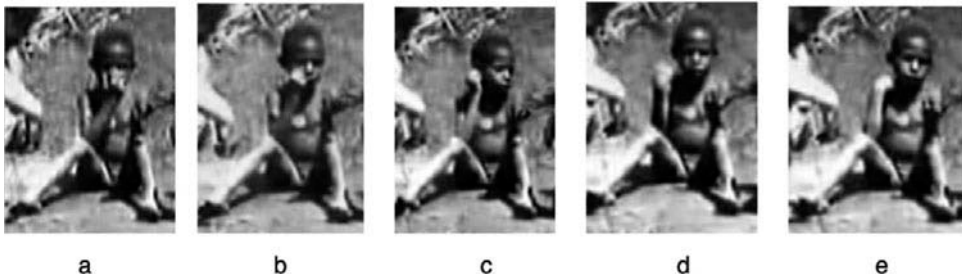


Figure 6. A child using a keeping-track procedure as he creates a one-to-one correspondence between two body-part series (for video record of the child's solution, see <http://www.culturecognition.com/fourth-grader-solving-16-7-body-system/>).

Their novel constructions become new sociogenetic developments in the collective representations of a community of school children; these novel constructions could, over time, become established in collective practices outside of school as children leave school and encounter similar arithmetic problems in trade stores and other contexts requiring arithmetic problem solving.

Ontogenetic processes

A third developmental strand in my framework is *ontogenesis* — the development of cognition over an individual's lifespan, with a focus on the shifting relations between cultural forms and the cognitive functions that they serve in activity. Over the course of ontogenetic development, an individual may use many different cultural forms — for example, different forms for quantification including words, body parts and written characters — though initially these forms often serve limited functions. In the case of Oksapmin body counting for number, for example, body part words may be used initially just to denote parts of the body. Later, as individuals are confronted with problems in collective practices that involve number and communication about number, they construct numerical functions and begin to treat forms like body parts for new numerical purposes.

To examine ontogenetic shifts in body counting, in 1978 and 1980 I conducted studies in Oksapmin children's developing use and understanding of their counting system to serve traditional functions. I analysed age-related shifts in unschooled Oksapmin children's use of body-part counting when they were asked to compare or reproduce groups of objects as well as when they were asked to measure string bags. In one study conducted in 1978 (Saxe, 1981), I found that although younger Oksapmin children could recite body parts in the conventional sequence, they did not use reference to body parts to mediate numerical comparisons and reproductions. For example, if asked to reproduce numerically a group of stones, children would create an approximate number in their copy without the use of body parts to count each group. As another example, when asked to make numerical comparisons between different body parts in the body system, children often used symmetry between body parts to make comparative numerical judgments (i.e., symmetrical body parts were judged to have the same value). In contrast, when these kinds of problems were posed to older children, older children displayed greater abilities to use the body part form to serve the numerical functions of numerical reproductions and comparisons. Of course, the form-function shift in body parts is one of many such shifts in the ontogeny of quantification for individuals in the Oksapmin world, and in *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies*, I document many others.

Micro-, socio- and ontogenetic processes in collective practices: a diachronic perspective

I have argued that collective practices that emerge in economic exchanges and classrooms in Oksapmin communities are semi-durable structures of activity, and

I have provided examples of collective practices, such as economic exchanges in trade stores and arithmetic lessons in classrooms. I have argued that as Oksapmin people engage in interpreting and solving these problems in these collective practices, the strands of microgenesis, sociogenesis and ontogenesis converge: individuals turn the body part forms into means to accomplish goals (microgenesis); these microgenetic constructions are moments in individuals' own developmental trajectories (ontogenesis); and individuals' microgenetic constructions are reproductions and alterations of forms and functions in the communicative networks constituting cultural histories of communities (sociogenesis). With shifting conditions of community life — like national educational reforms, or the issue of a new national currency — new problems emerge in collective practices that have implications for the reproduction and alteration of form-function relations as they are constituted in micro-, onto- and sociogenetic processes. With shifts in recurring problems, we find new strands of sociogenetic developments emerging, along with associated shifts in the character of microgenetic constructions and alterations in the ontogenesis of form-function relations.

With this necessarily partial sketch of the framework presented in *Cultural Development of Mathematical Ideas*, I turn now to my 2014 return to the Oksapmin world. In my recent visit, I focused on sociogenetic developments in the use of the body part counting system. Was the 27-body part counting system still in use in collective practices? Had its form shifted? What functions was the system serving in the collective practices of daily life?

A 2014 fieldtrip to Oksapmin

In my recent trip to Oksapmin in June 2014, I was accompanied by Kenton de Kirby, a PhD student working with me at the University of California, Berkeley, and Josh Saxe, my son who was also with me in Oksapmin in 2001. One of our objectives was to gather information on people's use of the 27-body part counting system in collective practices³. To set the 2014 inquiry in context, I first summarize key findings on sociogenetic shifts in form-function relations in the body part counting from 1978 to 2001, with a focus on collective practices of schooling. I then turn to some key observations and preliminary findings produced in our recent visit.

Context for the 2014 trip: the 27-body part counting form — 1978 to 2001

In my earliest visits in 1978 and 1980, people of all ages knew the 27-body part representational form, and their facility was sometimes observable in daily practices. Twenty-one years later in 2001, I documented marked sociogenetic shifts in the use of the system in collective practices of economic exchange and schooling. Indeed, people in 2001 were increasingly using representations valued in communities outside of the Oksapmin world; for number, these included English and Tok Pisin⁴ number words as well as Hindu-Arabic orthographic representations. In some segments of the population —

particularly among schooled adolescents — the use of the body system was on a precipitous decline. In one 2001 study, schooled adolescents, for example, produced substantial numbers of errors in displaying the body count system (Saxe, 2012); this finding was in marked contrast to the infrequency of body part counting errors produced by the younger unschooled populations as well as the (unschooled) older adults. Further, in an additional study of use of the system in cash transactions at trade stores, I found that people with no schooling used indigenous methods of quantification, like the body system, and that with increased schooling, the use on the body system was rare in these transactions (Saxe, 2012).

Although there was evidence for declining knowledge and use of the system in the community, there was also one context in which this was not the case. In the late 1990s, the national government instituted educational reforms that mandated that, during the first three years of instruction, teachers should use the local indigenous language and only gradually integrate Tok Pisin and English in place of English-only instruction⁵. Further, the reforms required teachers to use indigenous knowledge forms like the Oksapmin 27-body part counting system to support the transition to Western forms and to honor indigenous heritages in these early years. These reforms created new contexts for collective practices in elementary classrooms, and these practices became a focus of my work at an elementary school in 2001 (shown in Figure 7).

Two teachers worked at the elementary school house depicted in Figure 7 and these teachers and their classes became a focus of my research. The two



Figure 7. Two-room elementary school with dirt floor (2001).

1	Tipana	One
2	Tipnarip	Two
3	Bumrip	Three
4	Hatrip	Four
5	Hathata	Five
6	Dopa	Six
7	Besa	Seven
8	Kir	Eight
9	Tawat	Nine
10	Kata	Ten

Figure 8. Chart posted on wall in each elementary classroom (2001) with corresponding representations of numbers to ten: Hindu-Arabic numerals (left column), body-part names in Oksapmin language (middle column), and English number words (right column).

teachers supported new collective practices in their instruction that engaged students in using the body-part counting system and then transitioning from body-part counting to Western forms of numeric representation. To support their instruction, teachers posted numeric wall charts (illustrated in Figure 8) and used the charts as resources for children. The charts are telling. They show correspondences between Hindu-Arabic numerals for numbers from 1 to 10 (left column), the body-part names of each number in a written form of the Oksapmin language (middle column — for example, *tipana* means thumb (1), *kata* means shoulder (10)), and the English names for each number in written form (right column). The wall charts were not intended to support an alteration of the 27-body part count system, but use of the charts and associated instructional practices had unintended consequences: when teaching arithmetic lessons, teachers used the traditional system as if it had a cyclic or base structure. For example, they encouraged students to represent numbers greater than 27 by using shoulder (10) as a base. Thus, in one practice, students were required to assemble groups of small sticks and then represent those groups in body part terms. Thus, five groups of 10 sticks would be represented as little finger (5) shoulder (10); the practice was widespread across their instructional activities. Interestingly, teachers appeared unaware of the alterations that their instruction supported in the structure of body part counting. Indeed, they were engaged in bridging local knowledge systems with Western arithmetical forms, and in this process they were inadvertently supporting an alteration of the body count form.

In my book, I provide various examples of collective practices used in instruction in 2001. As an example, in a three-part lesson on counting, addition and subtraction, the teacher begins a lesson with a choral recitation of the body-count form to 27 (Activity 1), and then shifts to addition (Activity 2) and then subtraction (Activity 3). The body count system was a strand in each of the addition and subtraction activities, with the body system used to represent an arithmetical problem first (with images of objects to be added or subtracted drawn and counted on a central blackboard), then in English and Hindu-Arabic numerals.

In planning a return trip to Oksapmin in 2014, I wanted to understand whether the reproduction and alteration of the body system in collective practices of the first three years of instruction was sustained. Further, if it was altered, in what way? I expected teachers to have changed, but that there may well be continuity in instruction engaging the body count system — a sociogenetic process involving its reproduction and alteration in communicative networks.

Arrival in Oksapmin, 2014

When we landed on the dirt landing strip in an Oksapmin valley adjacent to the Tekin Baptist mission station in June 2014, we found that traditional dress had vanished — men no longer wore cane belts and penis sheaths, and women no longer wore grass skirts; these were all common during my early visits. A high school was established in 2005 in a temporary building, and a new building was being constructed with Western materials, to be completed in 2017. Mobile phones are in wide use, and trade store transactions now include sales of ‘top offs’, manufactured cards with codes for additional minutes of talk time or megabytes of data (though reception was poor in many locations).

During our short stay, we collected pilot data on the sociogenesis of body part counting in mathematics instruction during the first three years of schooling. To support rapport, we interviewed elementary teachers in pairs. Explaining that I had returned to Oksapmin to study how mathematics instruction was currently conducted in the elementary grades, we engaged teachers in a semi-structured interview with probe questions about mathematics instruction as well as more focused questions about teachers’ knowledge and use of the body counting system in classrooms. Organizing our research was two sets of questions. One, did teachers know the body system?; if so, what was the character of their knowledge?; and did they display alterations from the traditional? Two, did teachers use the system in collective practices related to instruction, and if so, how?; what functions did it serve for teachers?; and what functions did instruction support for students? I summarize the findings here, with particular regard to themes related to sociogenesis — the reproduction and alteration of the body system through time.

First, teachers’ knowledge of the counting system varied. While some teachers displayed the traditional system with facility, other teachers’ knowledge was sketchier; for example, one or two missed body parts as they counted, or they were not able to translate numbers in the body system to numbers in English

number words. Such a finding suggests the processes of reproduction and alteration in classroom communities is heterogeneous, with some children's support for use of the body system is more like traditional approaches, and in others, even if used, children's support of the system is minimal.

Second, teachers described instructional practices reminiscent of those I had observed in 2001. For example, some described a chart that displayed Hindu-Arabic numerals, English number words and body part words in Oksapmin. The presence of the chart and instructional practices that reflected the chart — like the expression of larger numbers by some that made use of the shoulder (10) cyclic structure, pointed to the uptake of an alteration of the traditional structure.

Third, a number of teachers reported using the body system when children were having difficulty with arithmetic, a finding that reflected teachers' assumptions that the body system is a resource for students' learning of arithmetic, building on learning in their out-of-school lives. (We heard differing reports from teachers about whether children were learning the body system in out-of-school contexts.)

Fourth, many teachers demonstrated how they coordinated two numerical sequences to keep track of the addition or subtraction of values, a process reminiscent of Oksapmin school children documented in studies conducted in 1980; but in contrast to the strategies I documented in 1980, teachers used English number words in coordination with the traditional body part positions to solve arithmetical problems. Thus to solve $16 - 7 = ?$, teachers reported beginning with the eye (16) and counting with English number words seven body part positions from eye (16) to shoulder (10), leaving the remainder, biceps (9), the solution of the subtraction problem. Figure 9 illustrates how this strategy is intended to help a child solve the subtraction problem $16 - 7 = ?$.

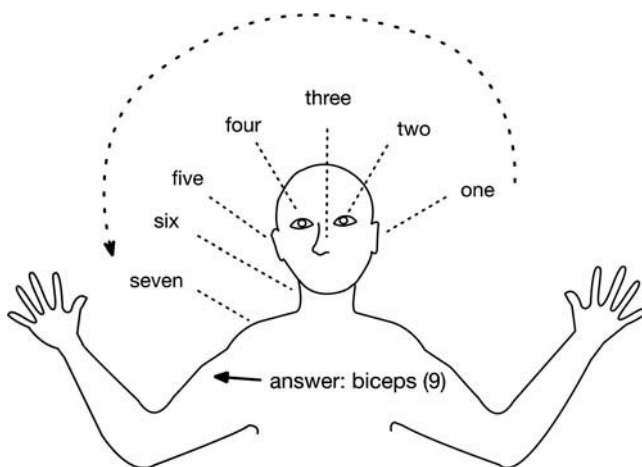


Figure 9. Using English number words and the Oksapmin body form to solve $16 - 7 = ?$. The teacher begins with the ear (16) and counts body parts in reverse order to seven, leaving the solution to the subtraction problem, biceps (9).

We were not able to conduct a follow-up study to understand whether participation in the collective practices of elementary school was leading to the re-emergence of body part counting among younger cohorts in Oksapmin communities. Such a study would have required more time than we had in this return visit. We hope that at least one of us will be able to take up this work in the future.

Concluding remarks

In this paper I drew from my recent book, *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies*, and sketched some of the principal constructs of my framework for the analysis of culture-cognition relations. The framework and the associated program of inquiry are designed to illuminate dynamic processes of shifting relations between representational forms, like the Oksapmin's 27-body part counting system, and cognitive functions that those forms serve in collective practices of daily life, like the count of valuables, the solution of arithmetic problems or instructional functions in the classroom. In the interplay of micro-, socio- and ontogenetic processes in collective practices, forms become appropriated and refined to serve newly emerging functions, and cognitive functions emerge as individuals use what they know to cognize and accomplish newly emerging problems in collective practices in relation to prior representational forms. An underlying assumption is that cultural and cognitive processes are dynamic, with sociogenetic reproduction and alterations of form-function relations emerging as individuals unwittingly reproduce and alter form-function relations as they work to accomplish shifting collective problems of daily life.

Although my focus in this article has been on Oksapmin with its unusual body part counting system, I argue that the framework is a useful way of organizing and conceptualizing the interplay between collective and cognitive processes in other communities. For example, in recent work with colleagues, I have extended the approach to the study of classroom practices in elementary classrooms in the United States, with a focus on the interplay between mathematics forms and functions over the course of a lesson sequence on integers and fractions (Gearhart & Saxe, 2014; Saxe, de Kirby, Kang, Le, & Schneider, 2015; Saxe, de Kirby, Le, Sitabkhan, & Kang, 2014; Saxe, Diakow, & Gearhart, 2013). The framework, as it has developed over the years, has also been used productively and in varied ways by my former graduate students and colleagues in studies of cognitive development in school related activities (Brizuela, 2014; Earnest, 2015; Lagrange & Erdogan, 2009; Langer-Osuna, 2007) and out of school (Day, 2014; Horn, 2013; Nasir, 2000a, 2000b; Nasir & Saxe, 2003; Sitabkhan, 2012; Taylor, 2009). It remains to be determined whether the approach will be useful to illuminate the dynamics of culture-cognition relations in other communities over extended periods of time.

Notes

1. For related (and sometimes contrasting) approaches see Gauvain (Gauvain & Munroe, 2012), Greenfield (2004) and Rogoff (2011).
2. On the New Guinea island, people speak over 850 natural languages and traditionally use many language-specific counting systems.

3. A second focus was the One Laptop Per Child (OLPC) program introduced to the community in 2011. Prior to OLPC, laptops were alien to this isolated group of small communities with no electricity or plumbing. We will report these findings in a later publication.
4. Tok Pisin and English are two of the three national languages of Papua New Guinea. Tok Pisin was initially an English based pidgin used in trade, but has now become a creole, acquired by young children as a first language.
5. This instructional shift to the vernacular in 2001 was now possible in Oksapmin because at this point (unlike earlier years) many teachers were native to the Oksapmin community.

El estudio de las relaciones cultura-cognición en las prácticas colectivas cotidianas: un modelo de investigación

En mi reciente libro, *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies* (Saxe, 2012), presento un modelo teórico y técnicas empíricas para comprender el interjuego entre los procesos culturales y los procesos de desarrollo cognitivo en el pensamiento numérico. Recorro a las investigaciones realizadas en 1978, 1980 y 2001 con un grupo remoto de Papúa Nueva Guinea, los oksapmin, para ilustrar el modelo y los métodos empíricos. El modelo se construye sobre a la vez que se distancia de las contribuciones seminales de Piaget (1963, 1970b) y Vygotsky (1978, 1986), así como en formulaciones teórico-prácticas de las relaciones entre cultura y cognición (Bateson, 1972; Cole, 1996; Engestrom, 2003; Leontiev, 1981; Sfard, 2008; Wertsch, 1991). Una de las propuestas novedosas de mi enfoque es que el tratamiento adecuado de las relaciones entre cultura y cognición requiere la comprensión del complejo interjuego entre procesos histórico-culturales y los procesos de desarrollo en el pensamiento humano a lo largo del tiempo¹. En este artículo, reviso y amplío las propuestas conceptuales y empíricas desarrolladas en el libro, extendiéndolas a nuevas observaciones realizadas cuando regresé a las comunidades oksapmin en 2014.

Análisis del interjuego entre los procesos histórico-culturales y evolutivos en el pensamiento numérico

En la conversación cotidiana y la resolución de problemas diarios, las personas utilizan representaciones para las cantidades. Dichas representaciones incluyen expresiones como ‘¿Cuánto?’, ‘demasiado’ o ‘no suficiente’, así como ‘largo’, ‘corto’ y ‘pequeño’. Las representaciones y las ideas también incluyen la numeración, ya sea en forma de términos enumerativos, o bien representaciones ortográficas como el sistema indo-arábigo de numeración y su sistema de valor posicional. La pregunta que enmarca mi libro es la siguiente: ‘¿Cuál es el origen de las representaciones y las ideas matemáticas que pueblan el discurso cotidiano de las personas y sus actividades de resolución de problemas?’ Esta pregunta se encuentra en la intersección de la antropología cultural, la sociología, la psicología del desarrollo y la educación, e invita algunas respuestas sobre las que reflexiono en el libro, y que más tarde desecho.

Una de las respuestas a preguntas sobre el origen apela al tratamiento biológico de la cognición. Las estructuras o ideas matemáticas son producto de la evolución de nuestra especie y por tanto están integradas en nuestro sistema

nervioso central, y las formas representacionales son expresiones de estas ideas innatas. Pero los enfoques biológicos no consiguen dar respuesta a cómo y por qué las representaciones colectivas cobran forma de una manera diferente a lo largo de la historia social de diferentes comunidades humanas. Además, tampoco explican cómo se forman las diversas representaciones e ideas; por ejemplo, cómo se diferencian las representaciones del número en la escuela, en el trabajo o en conversaciones informales.

Otra respuesta a estas preguntas sobre los orígenes es que aprendemos las ideas matemáticas a partir de los mundos culturales en los que participamos, ya sea en la escuela, en el trabajo o nuestras conversaciones con otros, o como parte del lenguaje que aprendemos de niños. Pero esta respuesta no tiene en cuenta las cuestiones histórico-culturales y de desarrollo. ¿Cuáles son los orígenes históricos de las representaciones que aprendemos en la escuela, en el trabajo o en nuestras conversaciones, y cómo cambia el uso de esas formas a medida que el niño se desarrolla?

En el enfoque histórico-cultural y del desarrollo que presento en *Cultural Development of Mathematical Ideas*, recorro al trabajo de campo realizado en 1978, 1980 y 2001 con las comunidades oksapmin para sustentar mi propuesta de que tanto cognición como cultura deberían ser tratadas como procesos que están enraizados conjuntamente en la actividad humana. En este artículo, empiezo resumiendo los aspectos *histórico-culturales* y *de desarrollo* del modelo e ilustrando sus raíces comunes en la actividad. A continuación, describo estudios empíricos extraídos de trabajos empíricos anteriores, realizados desde 1978 hasta 2001, sobre el sistema de cómputo oksapmin basado en 27 partes del cuerpo. Muestro que el conocimiento y el uso del sistema corporal ha ido disminuyendo en las comunidades oksapmin y aun así, han ido emergiendo a la vez nuevas prácticas colectivas que fomentan el aumento del uso del sistema de cómputo corporal, pero con una estructura modificada que facilita nuevas funciones. Concluyo demostrando cómo el modelo y los estudios empíricos previos formaron la base de mis recientes investigaciones en 2014 con los oksapmin. Para finalizar, señalo las formas en que el modelo puede apoyar a la investigación en otras comunidades y en otros dominios del conocimiento diferentes a las matemáticas.

Aspectos histórico-culturales del modelo

Mi enfoque es histórico-cultural en tanto que los focos de análisis son las estructuras recurrentes de la actividad conjunta en las comunidades, lo que llamo prácticas colectivas. Entre los ejemplos de prácticas colectivas objeto de estudio de mis investigaciones se incluyen las transacciones cliente-dependiente en los comercios de la comunidad oksapmin, así como la interacción maestro-alumno en las escuelas rurales de esa comunidad. En las prácticas colectivas de estos ámbitos de actividad, los participantes piensan en problemas matemáticos que están inherentemente situados en un tiempo histórico-cultural: las mercancías se intercambian por dinero en un periodo de tiempo particular de la historia de los

oksapmin, y los esfuerzos de un alumno por resolver un problema de aritmética que un maestro le ha planteado tienen lugar en un periodo de tiempo particular de la historia de la escolarización rural de los oksapmin. Cuando los participantes tratan de resolver los problemas que surgen en las prácticas colectivas, estos problemas son compartidos o *taken-as-shared* (Cobb, Wood, Yackel & McNeal, 1992), es decir, se comprenden en términos más o menos comunes de modos que sustentan la actividad coordinada. Por ejemplo, un dependiente y su cliente consiguen cambiar productos por dinero en un comercio porque coordinan su actividad; el propietario establece qué suma de dinero en efectivo es necesaria, el cliente entrega esa cantidad y el propietario evalúa el pago.

Cuando agentes individuales participan en la resolución de un problema compartido en un práctica colectiva, inevitablemente dividen el trabajo cognitivo en relación a su posición social y sus metas emergen y cambian en relación con esos roles emergentes, así como a las formas representacionales que utilizan. Por ejemplo, un cliente puede establecer la meta de presentar más dinero del que cuesta un producto particular en ese momento y el dependiente puede establecer la meta de devolver el cambio apropiado para ese pago. Tanto para el dependiente como para el cliente, el uso del sistema numérico corporal oksapmin basado en 27 partes del cuerpo para resolver un problema aritmético — como sumar el antebrazo (7) al codo (8) — tiene implicaciones para las metas y submetas emergentes que son diferentes de las que implica realizar esa misma suma con el sistema de numeración estrictamente verbal.

Para ilustrar los problemas situados cultural e históricamente y las metas emergentes en las prácticas colectivas, presento la observación de un intercambio ocurrido en un comercio oksapmin en 1978. Los participantes en la observación eran el dependiente y los dos clientes que se muestran en la [Figura 1](#). Momentos antes de la escena capturada en las fotografías, los clientes habían pedido al dependiente unas conservas de pescado; el dependiente las había ido a buscar y los clientes presentaron el pago. Para cada fase de esta instancia de práctica colectiva, los individuos participantes abordaban las metas que emergían sucesivamente en relación con las acciones e interpretaciones de cada participante. En las [Figura 1a a 1i](#), un cliente saca dinero de Papúa Nueva Guinea de una pequeña caja metálica que tiene en su bolso y solicita más conservas de pescado ([Figura 1a a 1d](#)). En la [Figura 1e](#), el dependiente vuelve con más latas, y en la [Figura 1f a 1i](#), se realiza el pago y se devuelve el cambio. En el curso de estas fases, el dependiente fue construyendo metas para calcular el coste de los productos y produjo medios de conseguirlas. El cliente creó sus metas para determinar cuánto dinero debía presentar en relación con el coste de los productos.

Las prácticas colectivas tales como el intercambio económico en los comercios oksapmin son relativamente duraderas en tanto que conforman patrones comunes de actividad conjunta en múltiples lugares y a lo largo de un periodo de tiempo. Dicho esto, no tienen una permanencia inherente. Por supuesto, las estructuras de actividad — incluida la construcción de metas y los medios para conseguirlas por parte de los individuos — son dinámicas, cambiantes y efímeras. Además, los artefactos que constituyen los problemas numéricos emergentes en estos



Figura 1. Dos hombres compran conservas de pescado al dependiente del comercio de la misión.

intercambios — el dinero en efectivo y los productos en venta — no tienen un valor numérico o valor de cambio inherente. Más bien, dichos artefactos cobran significado cuando son interpretados y utilizados en los intercambios. Las estructuras recurrentes de la actividad y los significados atribuidos a los artefactos son más o menos predecibles porque están arraigados en precedentes, lo que los hace interpretables por los participantes.

Aspectos evolutivos del modelo

El modelo que presento también es evolutivo. Propongo que las representaciones culturales cultural históricamente arraigadas (como el sistema de cómputo oksapmin basado en 27 partes del cuerpo) y las funciones que estas desempeñan en las prácticas colectivas no son estáticas. Al contrario, en el contexto de la actividad comunicativa y de resolución de problemas, los individuos convierten las formas de representación en medios para alcanzar metas que sirven a funciones cognitivas en la actividad. En este proceso, las formas y sus funciones son reproducidas e inevitablemente alteradas en las comunidades a lo largo del tiempo histórico.

En la [Figura 2](#) se ilustran las relaciones entre formas y funciones, por un lado, y medios y metas, por el otro. Como se muestra en la figura, en la acción de contar durante un intercambio, un individuo cuantifica un puñado de monedas (los pequeños círculos de la [Figura 2](#)), adaptando la forma de representación corporal

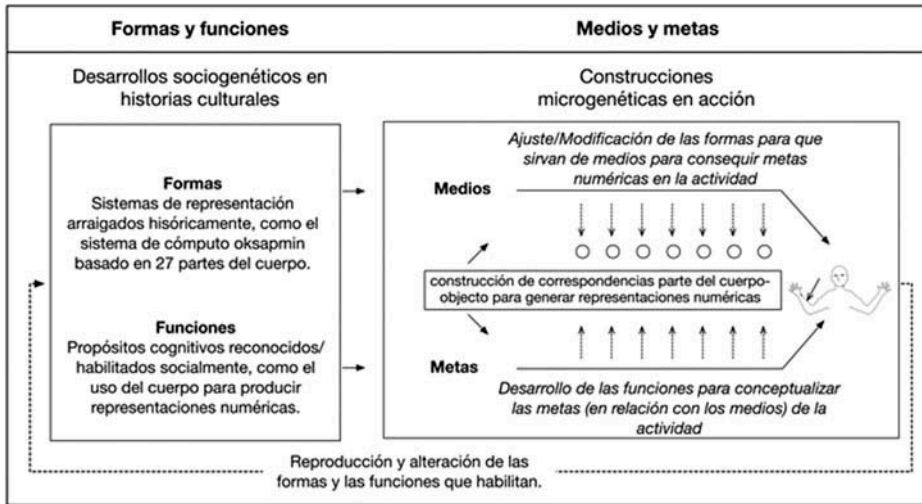


Figura 2. Relaciones entre forma y función (desarrollos sociogenéticos en las historias culturales) y metas y medios (construcciones microgenéticas en acción).

para conseguir la meta numérica, y genera metas y submetas en relación a la forma de representación que se está desplegando, asignando partes del cuerpo en correspondencia uno a uno con los objetos. En este uso de la representación corporal orientado a metas, el individuo reproduce, pero también altera el sistema corporal en relación al problema en cuestión. En esa reproducción y alteración, encontramos continuidad a través del tiempo histórico en las formas de representación elaboradas culturalmente, pero también alteraciones orientadas hacia los problemas cambiantes que emergen en las prácticas colectivas de la vida cultural.

La investigación de las relaciones cambiantes entre las formas culturales y las funciones para las cuales estas sirven requiere un tratamiento coordinado de tres procesos de desarrollo: el *microgenético*, la transformación de las formas de representación en medios para conseguir las metas emergentes en el transcurso de la actividad; el *sociogenético*, la reproducción y alteración de las formas colectivas de representación en las redes comunitarias a través del tiempo histórico; y el *ontogenético*, el interjuego entre formas y funciones, así como entre medios y metas en la actividad del individuo durante el curso de su vida.

Para ilustrar aquellos aspectos del modelo relacionados con el desarrollo, me centraré en la forma de representación oksapmin para contar, que se ilustra en la [Figura 3](#); un sistema elaborado a lo largo de una historia cultural compleja. Para contar con el sistema de 27 partes del cuerpo, se empieza con el dedo pulgar de una mano y se repiten los nombres de las partes del extremo superior del cuerpo hasta el dedo meñique de la otra mano. En la lengua oksapmin, no hay más términos para indicar el número que las partes del cuerpo. En la vida cotidiana tradicional, la gente utiliza la forma de representación del sistema de cómputo basado en esas partes del cuerpo para desempeñar una serie de funciones

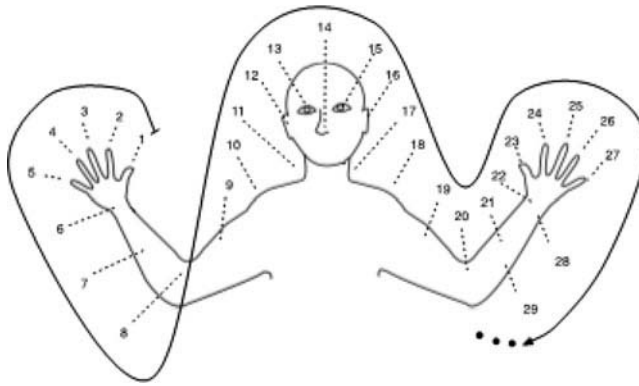


Figura 3. Forma tradicional de representación del cómputo en las comunidades oksapmin.

tradicionales, reconocibles socialmente. (Véase <http://www.culturecognition.com/> para acceder a vídeos de personas oksapmin usando el sistema). Considérese de qué modo los procesos microgenético, sociogenético y ontogenético son inherentes al uso del sistema en las prácticas colectivas oksapmin.

Procesos microgenéticos

Tradicionalmente, los oksapmin utilizan el sistema de cómputo corporal para desempeñar funciones tales como la cuantificación de un grupo de elementos. Cada vez que una persona cuenta elementos, el proceso de contar implica el proceso de desarrollo *microgenético* de construir una representación numérica cambiando la forma de representación en un medio para alcanzar una meta numérica emergente. Por ejemplo, para producir un número cardinal para un grupo de monedas en una interacción comercial como la que se muestra en la Figura 1, el cliente convierte la serie de partes del cuerpo en un medio numérico asignando partes del cuerpo a los productos en una correspondencia de uno a uno. La actividad del cliente conduce a una representación cardinal de un número, como ‘antebrazo’ para siete monedas (véase el esquema en la Figura 2). La producción de un valor cardinal es un proceso de desarrollo microgenético en el sentido esencial que los números cardinales y ordinales no existen en la forma representacional o en los propios productos u objetos. Más bien, los individuos construyen e interpretan representaciones numéricas mediante actos de producción de correspondencias uno a uno, sumas y ordenamientos (Piaget, 1970a).

Procesos sociogenéticos

La reproducción y alteración de las formas representacionales colectivas como el sistema corporal de cómputo oksapmin, es un proceso de desarrollo *sociogenético*. El proceso tiene lugar a través de múltiples interacciones locales en prácticas colectivas comunicativas y de resolución de problemas, cuando los individuos se

implican en problemas emergentes de comunicación y resolución de problemas a través de redes de interlocutores a lo largo del tiempo histórico.

Para investigar los procesos de desarrollo sociogenético, llevamos a cabo el estudio de las prácticas colectivas de intercambios económicos y de escolarización tratando de comprender los procesos de reproducción de las formas de representación, y también las alteraciones de esas formas. Para ilustrar mi enfoque empírico, me centraré en las escuelas rurales oksapmin, que me facilitaron un campo fértil en 1980 para el estudio de la reproducción y alteración sociogenética en el sistema de cómputo corporal en un interjuego novedoso entre la representación corporal y la emergencia de funciones aritméticas.

En las comunidades oksapmin en la década de los 70 y parte de los 80, los maestros de escuela no eran oksapmin. La mayoría eran ciudadanos de Papúa Nueva Guinea, originarios de las regiones costeras más occidentalizadas y, por tanto, no conocían la lengua oksapmin ni su sistema de cómputo². La enseñanza se realizaba en inglés, como dictaban las leyes educativas del gobierno nacional papú neoguineano, y con énfasis en enfoques de la enseñanza de las matemáticas basados en la ejercitación repetitiva.

Aunque el sistema corporal no se había utilizado tradicionalmente para resolver problemas de adición y sustracción en las comunidades oksapmin (Saxe, 1982, 1985), en el contexto del currículum inglés de práctica y repetición, observé que los niños daban sentido a las matemáticas en el idioma extranjero inglés a partir de su sistema corporal indígena. Además, el proceso de elaboración de sentido conducía a los alumnos a crear nuevas funciones aritméticas para el sistema. Varios estudios realizados en 1980 mostraron evidencias que sustentaban esta hipótesis sociogenética: que el trabajo con problemas aritméticos en la escuela hacía que una comunidad de niños oksapmin generara nuevas funciones para el sistema de cómputo corporal. En primer lugar, y en apoyo de la conjetura de que tradicionalmente no se utilizaba el sistema corporal para desempeñar funciones aritméticas, encontré que los ancianos tradicionales no utilizaban el sistema de un modo efectivo para resolver problemas aritméticos (presentados como una historia), tales como $16-7 = \text{¿?}$. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, los ancianos tradicionales representaban correctamente la primera parte del problema con la oreja (16), pero no conseguían registrar correctamente el sustraendo en sus soluciones (Saxe, 1982), iterando hacia atrás desde la oreja del otro lado: oreja (16), ojo (15), nariz (14), etc. sin un método para registrar paso a paso la sustracción de 7 a partir de 16. En segundo lugar, en un estudio realizado con escolares oksapmin (Saxe, 1985), encontré que muchos niños desarrollaban funciones novedosas y efectivas para el sistema corporal, a pesar de no haber recibido enseñanza formal sobre ese sistema. Por ejemplo, en un estudio de observación, se documentó a los estudiantes contando con las partes del cuerpo durante un examen de aritmética. En otro estudio, descubrí que cuando algunos adolescentes sin escolarizar trataban de resolver un problema aritmético como el de $16-7 = \text{¿?}$, utilizaban un enfoque propenso a errores, como el utilizado por los ancianos tradicionales (ilustrado en la Figura 4). En cambio, aunque no hubieran recibido instrucción en aritmética utilizando el sistema corporal, casi todos los

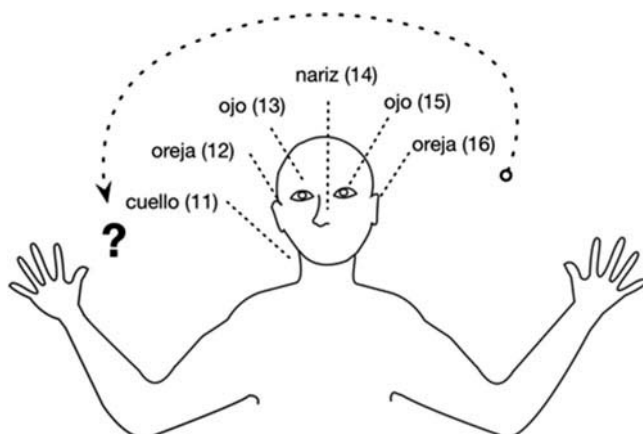


Figura 4. Una aproximación para resolver la operación $16 - 7 = ?$ en el que el individuo no logra llevar la cuenta de la sustracción del sustraendo, antebrazo (7), del minuendo, oreja (16).

escolares de grado 4 y 6 utilizaban un enfoque diferente: creaban correspondencias no entre partes del cuerpo y objetos, sino correspondencias internas al sistema corporal; es decir, correspondencias entre unas partes del cuerpo y otras partes del cuerpo que servían a la función de seguimiento paso a paso de las operaciones aritméticas. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 5 para resolver el mismo problema, $16 - 7 = ?$, los escolares contaban hacia atrás a partir de la oreja (16) y realizaban el seguimiento del sustraendo estableciendo correspondencias sucesivas entre la oreja (16) y el antebrazo (7), el ojo (15) y la primera muñeca (6), hasta conseguir la correspondencia entre el hombro (10) y el pulgar (1), llegando a la parte restante después de la sustracción de 7, el bíceps (9). La Figura 6 muestra un escolar de 4º grado explicando su estrategia de registro y seguimiento.

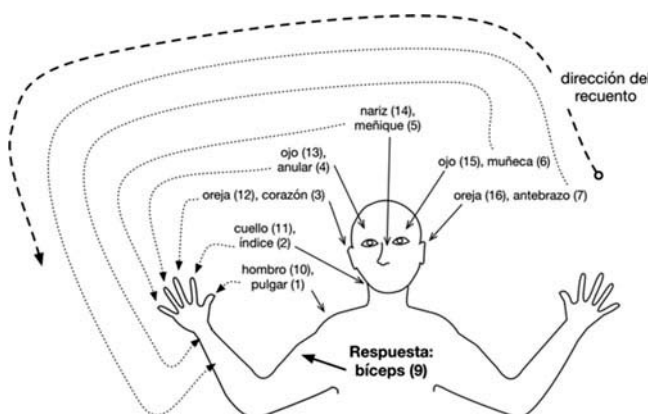


Figura 5. Una aproximación para la resolución del problema $16 - 7 = ?$ en el que un individuo lleva la cuenta de la sustracción creando correspondencias uno a uno internas al sistema corporal, coordinando y registrando la sustracción del antebrazo (7) de la oreja (16).

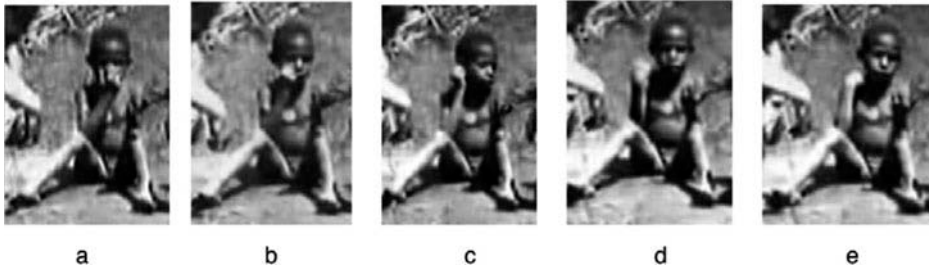


Figura 6. Un niño utiliza una estrategia de seguimiento mientras crea correspondencias uno a uno entre dos series corporales (para acceder a un vídeo de la solución, véase <http://www.culturecognition.com/fourth-grader-solving-16-7-body-system/>).

¿Cómo desarrollaron los niños oksapmin su sistema de registro y seguimiento de las partes del cuerpo para resolver los problemas de aritmética? El argumento que desarrollo en mi libro es que el desplazamiento hacia establecer correspondencias internas entre las partes del cuerpo es una consecuencia no deliberada de acciones locales construidas para alcanzar las metas que surgieron en la escuela. Propongo que, cuando los niños tratan de resolver los problemas individualmente e interactuando entre ellos, dan sentido a los problemas y a los esfuerzos respectivos para resolverlos, reproduciendo el sistema y, a la vez, modificándolo de maneras innovadoras regidas por su comprensión de las funciones numéricas de las correspondencias uno a uno. Sus nuevas construcciones se convierten en nuevos desarrollos sociogenéticos en las representaciones colectivas de una comunidad de escolares. Con el paso del tiempo, estas nuevas construcciones podrían arraigar en las prácticas colectivas extra-escolares una vez que los escolares se van de la escuela y se enfrentan a problemas aritméticos similares en los comercios y en otros contextos que requieren la resolución de problemas aritméticos.

Procesos ontogenéticos

La tercera vía relacionada con el desarrollo en mi modelo es la *ontogénesis*, el desarrollo cognitivo a lo largo de la vida del individuo, centrada en las relaciones cambiantes entre las representaciones culturales y las funciones en las que estas se utilizan en la actividad. Durante el transcurso del desarrollo ontogenético, un individuo puede utilizar múltiples formas culturales diferentes — por ejemplo, diferentes formas para cuantificar tales como palabras, partes del cuerpo y caracteres escritos — aunque inicialmente estas formas se utilizan en limitadas funciones. En el caso del sistema numérico corporal oksapmin, por ejemplo, los términos correspondientes a las partes del cuerpo pueden ser utilizados inicialmente solo para designar las partes del cuerpo. Más tarde, cuando los individuos se enfrentan con problemas en las prácticas colectivas en relación con el número y la comunicación sobre el número, construyen funciones numéricas y comienzan a utilizar formas como las partes del cuerpo para esos nuevos propósitos numéricos.

Para analizar los cambios ontogenéticos en el cómputo corporal, en 1978 y 1980 estudiamos cómo los niños oksapmin desarrollaban su uso y comprensión del sistema numérico corporal para alcanzar funciones tradicionales. Con niños no escolarizados, analizamos los cambios que se producían en el uso del sistema según la edad cuando les pedíamos que comparasen o reprodujeran grupos de objetos, y también cuando les pedíamos que midieran bolsas de cuerda. En un estudio realizado en 1978 (Saxe, 1981), encontré que, si bien los niños más jóvenes podían recitar las partes del cuerpo en el orden convencional, no hacían referencia a las partes del cuerpo para llevar a cabo las comparaciones y reproducciones numéricas. Por ejemplo, si se les pedía que reprodujeran numéricamente un conjunto de piedras, los niños creaban un duplicado con un número aproximado de piedras sin utilizar las partes del cuerpo para contar las piedras de cada conjunto. Otro ejemplo: cuando se les pedía que realizaran comparaciones numéricas entre diferentes partes del cuerpo en el sistema de cómputo corporal, los niños solían utilizar la simetría entre las partes del cuerpo para emitir juicios numéricos comparativos (es decir, consideraban que las partes simétricas del cuerpo tienen el mismo valor). Por el contrario, cuando se planteaba este tipo de problemas a niños mayores, estos mostraban mayor habilidad en el uso de las partes del cuerpo para desempeñar funciones numéricas correspondientes a las reproducciones o comparaciones numéricas. Naturalmente, el cambio de forma-función en las partes del cuerpo es uno de los múltiples cambios en la ontogenia de la cuantificación para los individuos de la comunidad oksapmin, y en *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies*, documento muchas más.

Procesos micro, socio y ontogenéticos en las prácticas colectivas: una visión diacrónica

He defendido que las prácticas colectivas que emergen en los intercambios económicos y en las aulas de la comunidad oksapmin son estructuras semiduraderas de actividad y he facilitado ejemplos de prácticas colectivas como los intercambios económicos que tienen lugar en los comercios y los ejercicios de aritmética en las aulas. He defendido también que, a medida que la comunidad oksapmin participa en la interpretación y resolución de estos problemas en sus prácticas colectivas, los procesos relacionados con su microgénesis, sociogénesis y ontogénesis convergen: los individuos convierten las partes del cuerpo en medios para conseguir metas (microgénesis); estas construcciones microgenéticas son momentos en el proceso de desarrollo del propio individuo (ontogénesis); y sus construcciones microgenéticas individuales son reproducciones y alteraciones de las formas y funciones en las redes comunicativas que forman la historia cultural de las comunidades (sociogénesis). En unas condiciones de vida comunitaria cambiantes —como las reformas educativas nacionales, o la emisión de una nueva moneda nacional— emergen problemas nuevos en las prácticas colectivas que tienen implicaciones para la reproducción y alteración de las relaciones forma-función tal y como están constituidas en los

procesos microgenéticos, ontogenéticos y sociogenéticos. Con los cambios en los problemas recurrentes, observamos cómo emergen nuevas vías de desarrollos sociogenéticos, así como los correspondientes cambios en la naturaleza de las construcciones microgenéticas y alteraciones en la ontogénesis de las relaciones forma-función.

Tras este esbozo necesariamente parcial del modelo que presento en *Cultural Development of Mathematical Ideas*, considero a continuación mi regreso a la comunidad oksapmin en 2014. En mi última visita, me centré en los desarrollos sociogenéticos en el uso del sistema de cómputo corporal. ¿Se usaba todavía en las prácticas colectivas el sistema de cómputo basado en 27 partes del cuerpo?, ¿Había cambiado su forma?, ¿Qué funciones desempeñaba el sistema en las prácticas colectivas cotidianas?

El viaje de campaña a los oksapmin en 2014

En mi reciente visita a la comunidad oksapmin en junio de 2014, me acompañaron Lenton de Kirby, un estudiante de doctorado que trabajaba conmigo en la Universidad de California, Berkeley, y Josh Saxe, mi hijo, quien también me acompañó en mi anterior viaje de 2001. Uno de nuestros objetivos era recoger información sobre el uso del sistema de cómputo corporal en las prácticas colectivas³. Para contextualizar la investigación de 2014, primero resumiré los descubrimientos clave que realizamos entre 1978 y 2001 sobre los cambios sociogenéticos en la relación forma-función del sistema de cómputo corporal, centrándome en las prácticas colectivas de escolarización. A continuación, expondré algunas observaciones clave y conclusiones preliminares de nuestra reciente visita.

Contexto para el viaje de 2014: el sistema de cómputo de 27 partes del cuerpo entre 1978 y 2001

En mis primeras visitas de 1978 y 1980, personas de todas las edades conocían el sistema de cómputo basado en 27 partes del cuerpo y su familiaridad se podía observar en ocasiones en las prácticas cotidianas. Veintiún años más tarde, en 2001, documenté marcados cambios sociogenéticos en el uso del sistema en prácticas colectivas de intercambios económicos y escolares. De hecho, ya en 2001 se utilizaban con cierta frecuencia representaciones valoradas en comunidades externas a la comunidad oksapmin: para el número, éstas incluían los términos ingleses y tok pisin⁴, así como sus representaciones ortográficas indo-arábigas. En algunos segmentos de la población, particularmente entre los escolares adolescentes, el uso del sistema corporal presentaba un declive vertiginoso. En un estudio de 2001, los escolares adolescentes, por ejemplo, cometían un número considerable de errores al utilizar el sistema de cómputo corporal (Saxe, 2012). Este hallazgo contrastaba con el reducido número de errores cometidos por las poblaciones jóvenes no escolarizadas, así como por los adultos mayores (no escolarizados). Además, en un estudio adicional sobre el uso de ese sistema

en las transacciones económicas de los comercios, observamos que la población no escolarizada utilizaba métodos indígenas para la cuantificación, como el sistema corporal de cómputo, y que con una mayor escolarización, el uso de este sistema era escaso en dichas transacciones (Saxe, 2012).

Aunque encontramos evidencia de un declive en el conocimiento y uso del sistema en la comunidad, también identificamos un contexto en el que eso no sucedía. A finales de los 90, el gobierno nacional introdujo reformas educativas que obligaban a que, durante los tres primeros años de educación, los docentes debían utilizar las lenguas locales indígenas para ir introduciendo después, paulatinamente, el tok pisin y el inglés, en lugar de una educación exclusivamente en inglés⁵. Además, las reformas obligaban a los docentes a utilizar conocimientos indígenas como el sistema de cómputo corporal como apoyo en la transición hacia formas occidentales y para honrar las tradiciones indígenas en esos primeros años. Esas reformas dieron lugar a nuevos contextos para las prácticas colectivas en las aulas de primaria, y esas prácticas se convirtieron en el foco de mi trabajo en una escuela primaria en 2001 (véase [Figura 7](#)).

Dos maestros que trabajaban en la escuela que se muestra en la [Figura 7](#) y sus clases fueron el foco de mis investigaciones. Los dos maestros introdujeron nuevas prácticas colectivas en su enseñanza que fomentaban el uso entre sus alumnos del sistema de cómputo corporal y, más tarde, pasaban del sistema corporal a las formas occidentales de representación numérica. Para apoyar su enseñanza, los maestros colgaban carteles con tablas numéricas (como se ilustra en la [Figura 8](#)) y utilizaban las tablas como un recurso para los niños. Las tablas son reveladoras. Muestran las correspondencias entre los numerales indo-arábigos



Figura 7. Escuela primaria de dos aulas con el piso de tierra (2001).

1	Tipana	One
2	Tipnarip	Two
3	Bumrip	Three
4	Hatrip	Four
5	Hathata	Five
6	Dopa	Six
7	Besa	Seven
8	Kir	Eight
9	Tawat	Nine
10	Kata	Ten

Figura 8. Tabla en la pared de cada clase de primaria (2001) con las representaciones correspondientes a los números del 1 al 10: numerales indo-arábigos (columna izquierda), partes del cuerpo en oksapmin (columna central) y palabras numéricas en inglés (columna derecha).

para los números del 1 al 10 (columna izquierda), los nombres de las partes del cuerpo para cada número en la forma escrita de la lengua oksapmin (columna central; por ejemplo, *tipana* significa pulgar (1), *kata* significa hombro (10), etc.) y los términos ingleses para cada número en su forma escrita (columna derecha). Las tablas no tenían la finalidad de provocar una alteración en el sistema de cómputo corporal, pero su uso y las prácticas de enseñanza asociadas tuvieron consecuencias involuntarias. Cuando impartían lecciones de aritmética, los docentes utilizaban el sistema tradicional como si este tuviera una estructura o base cíclica. Por ejemplo, animaban a los estudiantes a representar números mayores de 27 utilizando el hombro (10) como base. Así pues, en una actividad, se les pedía a los estudiantes que agruparan conjuntos de palitos y después representaran estos grupos utilizando el sistema corporal. De ese modo, cinco grupos de diez palitos se representaban como dedo meñique (5) y hombro (10), práctica que se extendió a todas sus actividades de enseñanza. Resulta de interés que los maestros parecían no ser conscientes de las alteraciones que su práctica docente introducía en el sistema de cómputo corporal. De hecho, estaban ocupados estableciendo relaciones entre los conocimientos locales y las formas aritméticas occidentales y, en este proceso, estaban provocando inadvertidamente una alteración en el sistema de cómputo corporal.

En mi libro incluyo varios ejemplos de las prácticas colectivas utilizadas en la enseñanza en 2001. Por ejemplo, en una lección dividida en tres partes sobre contar, sumar y restar, el docente comienza una lección con una recitación coral del sistema de cómputo corporal hasta el 27 (Actividad 1), después pasa a la suma (Actividad 2) y después a la resta (Actividad 3). El sistema de cómputo corporal era una vía en cada una de las actividades de adición y sustracción, utilizando este sistema para representar en primer lugar el problema aritmético (dibujando y

contando en la pizarra los objetos que han de sumarse o sustraerse), y luego en inglés y con los numerales indo-arábigos.

Cuando planeaba el viaje de vuelta a la comunidad oksapmin en 2014, quería comprobar si seguía teniendo lugar la reproducción y alteración del sistema de cómputo corporal en las actividades colectivas de los primeros tres años de escolarización. Además, si se alterara, ¿de qué manera se alteraba? Esperaba que los docentes hubieran cambiado, pero también que pudiera haber continuidad en la enseñanza que utilizaba el sistema corporal; un proceso sociogenético que implica su reproducción y alteración en las redes comunicativas.

Llegada a la comunidad oksapmin, 2014

Cuando aterrizamos en la pista de tierra de un valle cercano a la misión bautista de Tekin en junio de 2014, descubrimos que los atuendos tradicionales habían desaparecido; los hombres ya no llevaban cinturones de caña y funda fálica y las mujeres no lucían faldas de paja, ambos atuendos habituales en mis visitas anteriores. En 2005, se estableció una escuela secundaria en un edificio transitorio y se estaba construyendo un nuevo edificio con materiales occidentales que había de finalizarse en 2017. El uso de los teléfonos móviles estaba ampliamente extendido y entre las transacciones comerciales en los almacenes se incluían unas tarjetas de recarga (“top offs”) con códigos que facilitan minutos o megabytes de datos adicionales (aunque la recepción era muy precaria en muchos lugares).

Durante nuestra corta estancia, recogimos datos preliminares sobre la sociogénesis del cómputo corporal en la enseñanza de las matemáticas en los primeros años de escolarización. Para fomentar el contacto, entrevistamos a maestros de primaria en parejas. Les explicamos que habíamos regresado a la comunidad oksapmin para estudiar cómo se llevaba a cabo la enseñanza de las matemáticas en los niveles inferiores en la actualidad y realizamos una entrevista semi-estructurada con preguntas exploratorias sobre la enseñanza de las matemáticas, así como preguntas más centradas en el conocimiento y uso del sistema de cómputo corporal por parte de los docentes en las aulas. Dos preguntas ordenaban la investigación. En primer lugar, ¿Conocían los docentes el sistema de cómputo corporal? Si así fuera, ¿Cuál era la naturaleza de su conocimiento? Y, ¿mostraban alteraciones respecto del sistema tradicional? En segundo lugar, ¿Utilizaban los docentes el sistema en las actividades colectivas relacionadas con la enseñanza, y en caso afirmativo, cómo?, ¿Qué funciones desempeñaba para los docentes?, ¿Y qué funciones promovía esa enseñanza para los alumnos? A continuación resumo los resultados, con particular atención a las cuestiones relacionadas con la sociogénesis, es decir, a la reproducción y alteración del sistema corporal a lo largo del tiempo.

En primer lugar, el conocimiento por parte de los docentes del sistema de cómputo corporal era variable. Si bien algunos docentes demostraban el sistema tradicional con facilidad, el conocimiento de otros era exiguo. Por ejemplo, uno o dos se saltaban partes del cuerpo cuando contaban, o no eran capaces de traducir los números del sistema corporal a palabras numéricas en inglés. Ello sugiere que los procesos de reproducción y alteración en las comunidades escolares son

heterogéneos; con algunos niños, el apoyo para el sistema de cómputo corporal es muy similar al de los usos tradicionales, pero con otros, incluso si se utiliza ese sistema, el apoyo que brinda el docente a los niños es mínimo.

En segundo lugar, los maestros describían actividades docentes reminiscentes de aquellas que yo había observado en 2001. Por ejemplo, algunos describían una tabla que mostraba los numerales indo-arábigos, los términos ingleses y los términos para las partes del cuerpos en oksapmin para esos números. La presencia de la tabla y las actividades educativas que la tabla reflejaba, como la expresión de números mayores por otras que hacen uso de la estructura cíclica del hombro (10), apuntaba al arraigo de la alteración de la estructura tradicional.

En tercer lugar, algunos docentes relataron que recurrían al uso del sistema corporal cuando los niños tenían dificultades con la aritmética, hallazgo que reflejó la convicción de los docentes de que el sistema corporal constituye un recurso para los alumnos en su aprendizaje de la aritmética, que refuerza el aprendizaje realizado fuera de la escuela. (Recibimos diferentes opiniones por parte de los docentes sobre si los niños aprendían el sistema de cómputo corporal en contextos diferentes de la escuela).

Cuarto, muchos docentes demostraron cómo coordinaban dos secuencias numéricas para llevar la cuenta de los valores de la adición o sustracción, un proceso similar al documentado con los escolares oksapmin en los estudios de 1980. Sin embargo, a diferencia de las estrategias documentadas en 1980, los docentes utilizaban los términos numéricos en inglés en coordinación con las posiciones corporales tradicionales para resolver los problemas aritméticos. Así pues, para resolver $16-7 = ?$, los docentes afirmaban empezar con el ojo (16) y contar con los términos ingleses siete posiciones, desde el ojo (16) hasta el hombro (10), para dar con la solución al problema de sustracción, el bíceps (9). La Figura 9 ilustra el modo en que se pretende ayudar al niño a resolver el problema de sustracción $16-9$ con esta estrategia.

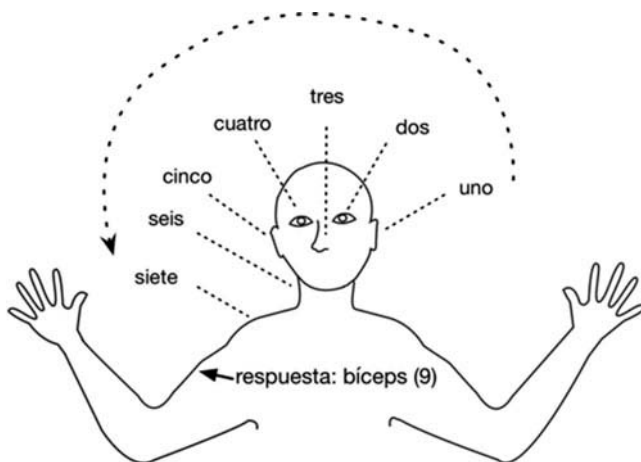


Figura 9. Uso de términos numéricos en inglés y el sistema corporal oksapmin para resolver $16-7 = ?$. El docente comienza con la oreja (16) y cuenta las partes del cuerpo en orden inverso hasta siete, alcanzando la solución al problema de sustracción, bíceps (9).

No pudimos realizar un estudio de seguimiento para entender si la participación en las actividades colectivas de la escuela primaria conducía a la reemergencia del cómputo con el sistema corporal entre las cohortes más jóvenes de la comunidad oksapmin. Tal estudio hubiera requerido más tiempo del que disponíamos para esta visita. Esperamos que al menos uno de nosotros pueda llevar a cabo ese trabajo en el futuro.

Comentarios finales

En este artículo me basé en mi reciente publicación, *Cultural Development of Mathematical Ideas: Papua New Guinea Studies*, y esbocé algunos de los principales constructos de mi modelo para el análisis de las relaciones entre cultura y cognición. Tanto el modelo como el programa de investigación asociado están diseñados para verter luz sobre los procesos dinámicos de las relaciones cambiantes entre las formas de representación, como el sistema de cómputo oksapmin, y las funciones cognitivas para las que estas formas se utilizan en las prácticas colectivas cotidianas como contar objetos o bienes, solucionar problemas aritméticos o funciones educativas en las aulas. En el interjuego de los procesos microgenéticos, sociogenéticos y ontogenéticos las prácticas colectivas, las formas se apropian y refinan para desempeñar nuevas funciones emergentes, y otras funciones cognitivas emergen a medida que los individuos utilizan lo que conocen para comprender y solucionar nuevos problemas que surgen en las prácticas colectivas relacionadas con las formas de representación anteriores. Una asunción subyacente es que los procesos culturales y cognitivos son dinámicos, con una reproducción sociogenética y alteraciones en las relaciones entre forma y función que emergen cuando los individuos involuntariamente reproducen y modifican esas relaciones cuando tratan de resolver problemas de la vida cotidiana.

Si bien mi foco en este artículo ha estado centrado en la comunidad oksapmin y su inusual sistema de cómputo corporal, propongo que el modelo es un instrumento útil para organizar y conceptualizar el interjuego entre los procesos colectivos y cognitivos en otras comunidades. Por ejemplo, en un trabajo reciente con otros colegas, he ampliado el enfoque al estudio de las prácticas docentes en aulas de primaria de Estados Unidos, con el foco centrado en el interjuego entre formas y funciones matemáticas durante una secuencia de clases sobre números enteros y fracciones (Gearhart & Saxe, 2014; Saxe, de Kirby, Kang, Le, & Schneider, 2015, 2014, 2013). El modelo, tal como se ha ido desarrollando durante los años, también ha sido utilizado de forma productiva y de maneras diversas por mis antiguos estudiantes de posgrado y otros colegas en sus estudios del desarrollo cognitivo en actividades escolares (Brizuela, 2014; Earnest, 2015; Lagrange & Erdogan, 2009; Langer-Osuna, 2007) y extra-escolares (Day, 2014; Horn, 2013; Nasir, 2000a, 2000b; Nasir & Saxe, 2003; Sitabkhan, 2012; Taylor, 2009). Queda por comprobar si el enfoque resultará útil para esclarecer las dinámicas de las relaciones cultura-cognición en otras comunidades a lo largo de un periodo extenso de tiempo.

Acknowledgements / Agradecimientos

I am grateful to The Spencer Foundation (Grant #201500019) and the Committee on Research at UC Berkeley for partial support of the 2014 research as well as to the Oksapmin people who were wonderful hosts during my visits. I would also like to express my appreciation for the many individuals who have assisted with my research over the years: Thomas Moylan and Virginia Guilford in 1978; Thomas Moylan and Maryl Gearhart in 1980; Indigo Esmonde and Cliff McIntosh in 2001; and Kenton de Kirby and Joshua Saxe in 2014. Appreciation to Maryl Gearhart for very helpful comments on earlier drafts of this manuscript. Visual support for the material discussed in the article is available at <http://www.culturecognition.com/>. / *Agradezco a la Spencer Foundation (beca #201500019) y al Comité de Investigación de la Universidad de California Berkeley (Committee on Research at UC Berkeley) su apoyo parcial para la investigación de 2014, así como a los miembros de la comunidad oksapmin por ejercer de magníficos anfitriones durante mis visitas. También quisiera expresar mi agradecimiento a los muchos individuos que me han ayudado en mis investigaciones durante tantos años: Thomas Moylan y Virginia Guilford en 1978, Thomas Moylan y Maryl Gearhart en 1980, Indigo Esmonde y Cliff McIntosh en 2001 y Kenton de Kirby y Joshua Saxe en 2014. Mi aprecio y reconocimiento a Maryl Gearhart por sus útiles comentarios a las versiones anteriores de este manuscrito. Apoyo visual para los temas que se han debatido en el artículo está disponible en <http://www.culturecognition.com/>.*

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author. / *Los autores no han referido ningún potencial conflicto de interés en relación con este artículo.*

Notas

1. Para enfoques relacionados (y a veces contrarios) véase (Gauvain & Munroe, 2012), Greenfield (2004) y Rogoff (2011).
2. En la isla de Nueva Guinea se hablan más de 850 lenguas naturales y se usan múltiples sistemas de cómputo específicos de algunas lenguas.
3. Un segundo foco fue el programa 'Un ordenador portátil por niño', OLCP por sus siglas en inglés (One Laptop Per Child), introducido en la comunidad en 2011. Antes del programa OLCP, los ordenadores eran objetos extraños para este aislado grupo de pequeñas comunidades que no disponían de agua corriente o electricidad. Informaremos de esos resultados en una publicación posterior.
4. El tok pisin y el inglés son dos de las tres lenguas nacionales de Papúa Nueva Guinea. El tok pisin era originariamente una lengua pidgin basada en el inglés y utilizada para el comercio, pero ahora se ha convertido en una lengua criolla que los niños aprenden como su lengua materna.
5. Este cambio educativo hacia la lengua vernácula en 2001 se pudo aplicar al oksapmin porque, en ese momento (a diferencia de años anteriores), muchos docentes eran originarios de la comunidad oksapmin.

References / Referencias

- Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind*. New York, NY: Balantine Books.
- Brizuela, B. M. (2014). A first grade student's exploration of variable and variable notation. Paper presented at the Jean Piaget Society Annual Meeting, San Francisco, CA.

- Cobb, P., Wood, T., Yackel, E., & McNeal, B. (1992). Characteristics of classroom mathematics traditions: An interactional analysis. *American Educational Research Journal*, 29, 573–604. doi:10.3102/00028312029003573
- Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline?* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Day, K. (2014). The right to literacy and cultural change: Zulu adolescents in post-apartheid rural South Africa. *Cognitive Development*, 29, 81–94. doi:10.1016/j.cogdev.2013.12.001
- Earnest, D. (2015). From number lines to graphs in the coordinate plane: investigating problem solving across mathematical representations. *Cognition and Instruction*, 33, 46–87. doi:10.1080/07370008.2014.994634.
- Engestrom, Y. (2003). Activity theory and individual and social transformation. In Y. Engestrom, R. Miettinen, & R.-L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on activity theory* (pp. 19–38). New York, NY: Cambridge University Press.
- Gauvain, M., & Munroe, R. L. (2012). Cultural change, human activity, and cognitive development. *Human Development*, 55, 205–228. doi:10.1159/000339451
- Gearhart, M., & Saxe, G. B. (2014). Differentiated instruction in shared mathematical contexts. *Teaching Children Mathematics*, 20, 426–435. doi:10.5951/teacchilmath.20.7.0426
- Greenfield, P. M. (2004). *Weaving generations together: Evolving creativity in the Maya of Chiapas* (1st ed.). Santa Fe, NM: School of American Research Press.
- Horn, M. S. (2013). The role of cultural forms in tangible interaction design. Paper presented at the Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction. New York, NY.
- Lagrange, J. B., & Erdogan, E. O. (2009). Teachers' emergent goals in spreadsheet-based lessons: Analyzing the complexity of technology integration. *Educational Studies in Mathematics*, 71, 65–84. doi:10.1007/s10649-008-9160-2
- Langer-Osuna, J. (2007). Toward a Framework for the Co-construction of Learning and Identity in the Mathematics Classroom. Paper presented at the Online papers of the Second Annual Socio-cultural Theory in Educational Research and Practice Conference: Theory, Identity and Learning. Manchester, UK.
- Leontiev, A. N. (1981). The problem of activity in psychology. In J. V. Wertsch (Ed.), *The concept of activity in Soviet psychology* (pp. 37–71). New York, NY: Sharpe.
- Nasir, N. S. (2000a). “All money ain't good money”: The development of emergent goals and strategic approaches in the game of dominoes. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, 61(6–A), 2186.
- Nasir, N. S. (2000b). “Points ain't everything”: Emergent goals and average and percent understandings in the play of basketball among African American students. *Anthropology & Education Quarterly*, 31, 283–305. doi:10.1525/aeq.2000.31.3.283
- Nasir, N. S., & Saxe, G. B. (2003). Ethnic and academic identities: A cultural practice perspective on emerging tensions and their management in the lives of minority students. *Educational Researcher*, 32(5), 14–18. doi:10.3102/0013189X032005014
- Piaget, J. (1963). *The Origins of Intelligence in Children* (M. Cook, Trans.). New York, NY: W. W. Norton & Company.
- Piaget, J. (1970a). *Genetic epistemology*. New York, NY: Columbia University Press.
- Piaget, J. (1970b). Piaget's theory. In P. H. Mussen (Ed.), *Carmichael's manual of child psychology* (pp. 703–731). NY: Wiley.
- Rogoff, B. (2011). *Developing destinies: A Mayan midwife and twon*. New York, NY: Oxford University Press.
- Saxe, G. B. (1981). Body parts as numerals: A developmental analysis of numeration among the Oksapmin in Papua New Guinea. *Child Development*, 52, 306–316.

- Saxe, G. B. (1982). Developing forms of arithmetical thought among the Oksapmin of Papua New Guinea. *Developmental Psychology*, *18*, 583–594. doi:10.1037/0012-1649.18.4.583
- Saxe, G. B. (1985). Effects of schooling on arithmetical understanding: Studies with Oksapmin children in Papua New Guinea. *Journal of Educational Psychology*, *77*, 503–513. doi:10.1037/0022-0663.77.5.503
- Saxe, G. B. (2012). *Cultural development of mathematical ideas: Papua New Guinea studies*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Saxe, G. B., de Kirby, K., Kang, B., Le, M., & Schneider, A. (2015). Studying cognition through time in a classroom community: The interplay between “everyday” and “scientific concepts”. *Human Development*, *58*, 5–44. doi:10.1159/000371560.
- Saxe, G. B., de Kirby, K., Le, M., Sitabkhan, Y., & Kang, B. (2014). Understanding learning across lessons in classroom communities: A multi-leveled analytic approach. In A. Bikner-Ahsbabs, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Doing (qualitative) research: Methodology and methods in mathematics education*. New York, NY: Springer.
- Saxe, G. B., Diakow, R., & Gearhart, M. (2013). Towards curricular coherence in integers and fractions: A Study of the efficacy of a lesson sequence that uses the number line as the principal representational context. *ZDM*, *45*, 343–364. doi:10.1007/s11858-012-0466-2
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sitabkhan, Y. (2012). *Economic ideas developed through young sellers' successful selling strategies in Oaxaca, Mexico*. Berkeley, CA: University of California.
- Taylor, E. V. (2009). The purchasing practice of low-income students: The relationship to mathematical development. *The Journal of the Learning Sciences*, *18*, 370–415. doi:10.1080/10508400903013462
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.