

Laboratorios de matemáticas para solución de situaciones problemáticas. Una experiencia mexicana.

Conferencia Virtual Educa, Panamá 2012

Enrique Calderón Alzati, Víctor Manuel Pérez Ladrón de Guevara, Beatriz Hernández Avilés

Síntesis: *El trabajo presenta la problemática que viene enfrentando México en torno a la educación matemática en el nivel de bachillerato, en paralelo con el desarrollo del proyecto Galileo, que a partir del año 2004 enfocó sus esfuerzos a desarrollar un nuevo esquema de enseñanza de las matemáticas, basado en el estudio del funcionamiento del cerebro en los procesos de aprendizaje de las matemáticas, y en la utilización de laboratorios digitales de matemáticas, para la solución de problemas, el esquema y sus componentes son descritos someramente, para pasar luego a describir la aplicación de la metodología, en una población de 250,000 estudiantes, ubicados en una de las entidades mas grandes y complejas de la República Mexicana.*

Los resultados encontrados en las pruebas PISA, realizadas por la OCDE en los años 2003 y 2006, revelaron que los niveles de las competencias básicas en matemáticas de los estudiantes mexicanos estaban entre los más bajos de los países miembros del organismo, ver la Figura 1.

Siguiendo las recomendaciones de la OCDE, el sistema educativo mexicano estableció un programa orientado a corregir las deficiencias detectadas, elaborando sus propios mecanismos de evaluación, aplicados por primera vez a los estudiantes de EMS en la totalidad de escuelas de ese nivel, existentes en el país en el año 2008.

Los resultados de esa prueba revelaron la magnitud del problema, mas de la mitad de los alumnos evaluados mostraron no tener los mínimos conocimientos y habilidades para la solución de problemas y el 80% tendrían una calificación reprobatoria en matemáticas al término del bachillerato, de aplicarse una evaluación similar para determinar su ingreso a la educación superior.

De esta manera se hicieron manifiestos los errores cometidos por los sucesivos gobiernos, al implantar una política de educación para todos, surgida de un compromiso constitucional que imponía al gobierno la responsabilidad de proporcionar educación a toda la población del país, sin reparar en la calidad del servicio prestado.

Así, mientras en la década de 1960 y 1970 la meta del gobierno, era asegurar educación primaria completa para todos los niños del país, cuando esto se logró, al menos de manera aparente, el crecimiento se centró en la educación secundaria que tuvo por ello, un crecimiento notable durante la década de 1980.

Desde mediados de la década de 1990, el nuevo objetivo gubernamental fue la cobertura total de la demanda para la educación media superior.

Durante la primera década del siglo XXI, cuando parecía haberse logrado proporcionar educación media superior a la inmensa mayoría de la población que demandaba este servicio, sin reparar en la calidad del mismo, la aplicación de las evaluaciones puso de manifiesto la magnitud del problema.

Difícilmente las cosas podrían haber sido diferentes, el crecimiento de la educación secundaria primero, y después el de la educación media superior se dieron sin que el país contara con el número suficiente de profesores preparados y distribuidos debidamente para enfrentar los nuevos desafíos.

OCDE Resultados de PISA 2003						
Matemáticas		Matemáticas		Matemáticas		
1.	 Finlandia	544	11.	 Islandia	515	
2.	 Corea del Sur	542	12.	 Dinamarca	514	
3.	 Países Bajos	538	13.	 Francia	511	
4.	 Japón	534	14.	 Suecia	503	
5.	 Canadá	532	15.	 Austria	506	
6.	 Bélgica	529	16.	 Alemania	503	
7.	 Suiza	527	17.	 Irlanda	503	
8.	 Australia	524	18.	 Eslovaquia	498	
9.	 Nueva Zelanda	523	19.	 Noruega	495	
10.	 República Checa	516	20.	 Luxemburgo	493	
				21.	 Polonia	490
				22.	 Hungría	490
				23.	 España	485
				24.	 Estados Unidos	483
				25.	 Italia	466
				26.	 Portugal	466
				27.	 Grecia	445
				28.	 Turquía	423
				29.	 México	385

Figura 1

Los resultados de las evaluaciones internacionales y después nacionales pusieron de manifiesto la magnitud del problema, las pruebas de ENLACE de 2008 y 2009 mostraron que más de la mitad de los estudiantes del último año de bachillerato de todo el país no tenían los conocimientos más elementales ni las capacidades esperadas de ellos, (nivel insuficiente) y menos del 20% podían ser considerados con la capacidad mínima para ingresar a programas de educación universitaria.

Todo esto hacía necesario revisar a fondo las metodologías educativas utilizadas y modificar seriamente los programas de estudio, así como la preparación de los profesores, lo cual se había convertido ya en uno de los problemas más graves a superar, para el sistema educativo nacional.

La experiencia del proyecto Galileo

Mientras esto sucedía en el escenario educativo nacional, el Proyecto Galileo, impulsado por la Fundación Arturo Rosenblueth iniciaba sus operaciones en 1984, con el propósito de integrar la tecnología de cómputo a la educación, utilizando las microcomputadoras de 8 bits disponibles en esa época. En pocos años el proyecto logró un desarrollo considerable, 24 centros Galileo instalados en 19 ciudades del país, llegaron a atender a más de un centenar de escuelas y a cerca de 30,000 niños simultáneamente, permitiéndonos construir algunos programas de software educativo, atractivos e innovadores para las diversas áreas del conocimiento en los niveles de la educación primaria y secundaria.

Dificultades esencialmente económicas nos llevaron a la suspensión temporal del proyecto en 1993, ante la entrada de las computadoras personales IBM al mercado internacional, fenómeno que llevó a la quiebra a las empresas fabricantes de microcomputadoras establecidas en México, de las cuales dependíamos tecnológicamente.

En el año 2003, considerando los avances logrados por las nuevas tecnologías de microelectrónica, las facilidades interactivas de la plataformas Windows, el crecimiento de las PC a escala mundial y nuestras propias capacidades tecnológicas, decidimos reiniciar el proyecto bajo el nombre Galileo2, encontrándonos con el hecho de que las

ideas subyacentes de nuestro proyecto educativo original seguían vigentes y más alineadas con las nuevas corrientes educativas.

Las nuevas versiones de los productos para la plataforma Windows comenzaron a ser operativas en 2005, permitiendo su introducción en los sistemas de Educación Pública de varios estados de la República Mexicana, para los niveles de primaria y secundaria.

Para el año 2006, las enormes deficiencias detectadas y conocidas en el nivel medio superior para el caso de matemáticas nos llevaron a iniciar un nuevo esfuerzo en esta dirección, con toda la experiencia que habíamos acumulado con los programas y esfuerzos realizados en la educación básica.

Una nueva visión de la educación matemática

Por nuestra propia experiencia y las pláticas sostenidas con decenas de profesores de bachillerato, nos quedaba claro que la mayor parte de los estudiantes de ese nivel tenían serias dificultades con las matemáticas y era fácil percibir que el problema más que de comprensión era de tiempo atrás un problema de actitud, quizás desde la secundaria ellos habían adquirido una actitud de rechazo hacia las matemáticas, con la idea de que eran algo difícil de comprender, aburridas e inútiles, por lo que antes de que ellos pudiesen retomar el camino de su estudio debíamos hacer cambiar su actitud al respecto, haciéndolas más atractivas y cercanas.

Iniciamos así el proyecto, con la construcción de tres laboratorios, uno de geometría analítica, uno de cálculo diferencial y uno más de álgebra, que permitiesen observar los objetos matemáticos a los que se hacía referencia con cada ecuación escrita, de manera que todos los símbolos y las expresiones del lenguaje matemático tuviesen asociado un significado para ellos, como sucede con el lenguaje que hablamos todo el tiempo desde pequeños.

El objetivo central de estos laboratorios, era mostrarles a los estudiantes sus capacidades innatas para hacer matemáticas, (para lo cual los seres humanos estamos superdotados, al contrario de lo que muchos maestros les indican a sus estudiantes) mediante la interacción con objetos matemáticos en un ambiente de experimentación, sumamente atractivo e intuitivo.

El aprendizaje de las matemáticas mediante la experimentación, a partir de experiencias conocidas y significativas para ellos, se convierte así, en una actividad útil y divertida, mostrándoles la importancia y la utilidad que el pensamiento matemático tiene en la vida cotidiana.

En algún momento, empezamos a preguntarnos porque los jóvenes podían resolver fácilmente y de manera instantánea diversos problemas matemáticos, mientras que en la escuela problemas similares les tomaban varios minutos y en algunos casos no lo podían resolver.

Un ejemplo de esto es el de los jóvenes beisbolistas, que como el de la Figura (2), son capaces de interceptar una pelota justo antes de que toque el suelo, y para ello deben determinar el sitio donde caerá la pelota.



Figura 2

Pero en esencia el problema es equivalente al de la formulación de una ecuación de segundo grado y resolverla, todo ello los beisbolistas lo pueden hacer en menos de 2 segundos, algo que seguramente no pueden hacer de manera formal, pero que lo hacen en la realidad. Lo mismo sucede en todos los deportes donde se utilizan pelotas o balones, trátase del fútbol, del basquetbol, del voleibol o del tenis. En todos ellos las pelotas describen curvas parabólicas que en el lenguaje matemático se manejan con ecuaciones o funciones de segundo grado.

De manera similar, resulta sorprendente que un niño que supuestamente tiene problemas con las fracciones, pueda reconocer que un círculo segmentado como el que aparece en la Figura (3) contiene una mitad amarilla y la otra mitad azul, luego de una capacitación breve sobre la identificación y el manejo de patrones.

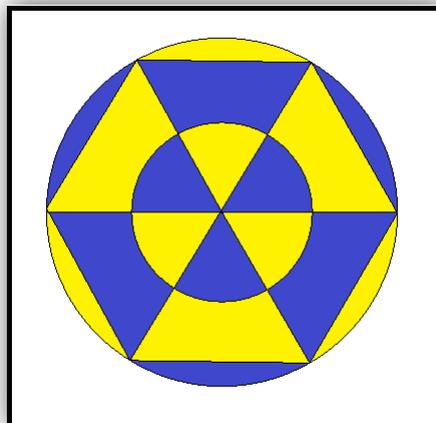


Figura 3

De esta manera, pronto llegamos a la conclusión de que muchos de los problemas que los estudiantes tenían con las matemáticas, residían en los métodos tradicionales de enseñanza utilizados por los maestros.

Todo nos indicaba que el aprendizaje y la memorización de reglas que debían aplicar de manera mecánica para "simplificar" y "resolver ecuaciones" no llevaba a los estudiantes a ningún lado, mientras no entendieran el significado de lo que ellos estaban haciendo con esas manipulaciones simbólicas.

El aprendizaje debía ser más visual, y para ello nuestros laboratorios constituían la mejor respuesta posible. En la Figura (4) se observa un jugador de basquetbol, que debe meter una canasta cuando falta un segundo para que termine el juego, si él acierta, logran empatar y el triunfo es posible, si falla habrán perdido el juego, para los estudiantes saber que la trayectoria que describe la pelota puede ser representada por la ecuación que indica el profesor constituye una sorpresa y les lleva a interesarse por las posibles consecuencias de esa ecuación.

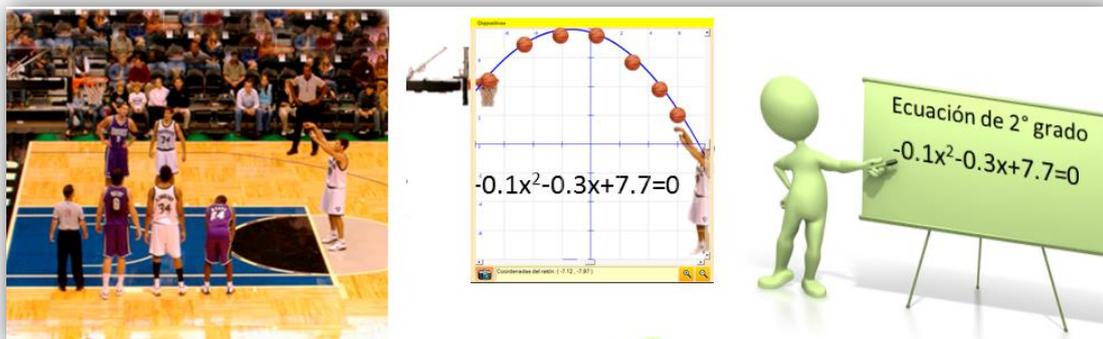


Figura 4

Tomemos ahora el caso de un niño o de una niña de 13 años, que tienen que atravesar una avenida al ir a su escuela; para hacerlo debe observar los vehículos que se acercan en ambas direcciones, estimar las velocidades y distancias a las que cada uno se encuentra, para de allí hacer un cálculo del tiempo en que cada uno de ellos llegará a la zona donde ellos van a cruzar, compararlo con el tiempo que ellos necesitan y decidir si pueden atravesar antes de que lleguen los autos.

Pero resulta que su problema es similar al de definir un sistema de ecuaciones lineales y resolverlo, con una ecuación por cada automóvil acercándose y una más que representa su propio movimiento ¿Podemos lograr que ellos las definan y luego las resuelvan de manera simultánea? Si lo lográsemos, ellos estarían comprendiendo su propio razonamiento para cruzar las avenidas.

Con estos sencillos ejemplos, podemos llegar fácilmente a la conclusión de que la vida cotidiana requiere que todo el tiempo estemos resolviendo problemas matemáticos de manera inconsciente y en relativamente periodos de repuesta muy reducidos, por lo que la apreciación de que no tenemos capacidad para entender problemas de matemáticas es falsa, como lo es también la idea de que las matemáticas no sirven para nada.

La integración de la tecnología a la enseñanza de las matemáticas

Tres ideas centrales fueron utilizadas en el proyecto:

1. Las computadoras fueron inventadas para resolver problemas complejos de matemáticas, su éxito radicó en la medida que las matemáticas constituyen la esencia de todas las actividades humanas. Su utilización exitosa en la enseñanza de las matemáticas se antoja como algo inevitable, por varias razones.

2. Las matemáticas, como muchas otras cosas han sido enseñadas sin entender como funciona el cerebro, el cual tiene sus propias estrategias para resolver problemas, desarrolladas a lo largo de millones de años.
3. Los seres humanos asimilamos nuevos conocimientos, a partir de los que ya tenemos y en la medida que esos nuevos conocimientos nos resultan relevantes, jugando en ello un papel importante, tanto nuestros estados de ánimo y nuestras emociones y motivaciones dominantes.

Con estas ideas comenzamos nuestro trabajo de campo en Veracruz, atendiendo a los maestros con talleres presenciales para enseñarles a utilizar los laboratorios, encontrándonos con algunos problemas:

- Utilización de las computadoras existentes en forma desvinculada de los programas de estudio.
- Uso de las computadoras exclusivamente como herramientas informáticas.
- Resistencia de los profesores a modificar sus esquemas tradicionales de enseñanza.

Nos percatamos de que los problemas no podrían ser superados, sin una política específica de estado, que fuese hecha pública y mandataria, por parte de las más altas autoridades educativas.

La oportunidad llegó, cuando se conocieron los resultados de la prueba ENLACE 2009, en las que el estado de Veracruz, aparecía en el lugar 28 entre las 32 entidades federativas.

Nuestra propuesta para mejorar el desempeño escolar de los estudiantes de EMS fue entonces aprobada por el Secretario de Educación de Veracruz

Programa integral para la innovación de la enseñanza de las matemáticas

El programa propuesto, incluía las siguientes componentes:

1. Un conjunto de talleres presenciales de 4 horas cada uno, para la capacitación de los profesores de matemáticas de EMS, sobre la operación y el uso didáctico de los laboratorios a ser usados en cada semestre.
2. La distribución del software para su uso por profesores y alumnos de todo el sistema educativo veracruzano.
3. La impartición de un curso por Web-Cast sobre enseñanza de las matemáticas para los profesores de EMS, al que pudiesen asistir el mayor número de ellos.
4. El aseguramiento del acceso a los equipos de cómputo por al menos una hora semanal a todos los estudiantes de EMS, para trabajar con los laboratorios de matemáticas.
5. La realización de un concurso de matemáticas, en el que pudiesen participar el mayor número de estudiantes durante el siguiente ciclo escolar.

Iniciación y seguimiento del programa

Un elemento fundamental del proyecto fue la puesta en operación de un sistema de información, que alimentado por los resultados semanales del concurso, y la información captada directamente en los talleres y en el curso de Web-Cast, nos permitiese dar seguimiento al programa, informando a las autoridades de su avance,

así como de desviaciones detectadas, lo cual terminó teniendo un efecto muy positivo en todo el sistema de EMS.

Para el inicio del segundo semestre, quedaba claro que el programa estaba teniendo una respuesta aceptable en una de cada cinco escuelas del estado, con un impacto importante en al menos una quinta parte de los estudiantes del último grado de bachillerato.

Al final del ciclo escolar, el Secretario de Educación recorrió el estado con sus colaboradores cercanos, realizando reuniones regionales con profesores y directores de escuela para conocer el impacto del programa; aunque ignorábamos el tamaño del avance, quedaba claro que los resultados habían sido buenos.

Los resultados de ENLACE de 2010

Si bien, el número de estudiantes y de escuelas que participaron de manera decidida en el proyecto fue relativamente pequeño, otras escuelas mas participaron en menor grado, logrando de cualquier manera un resultado sorprendente para Veracruz en el contexto nacional, al pasar de la posición número 28 a la 11 en un solo ciclo escolar, siendo el estado con el mayor incremento durante el ciclo 2009-2010, tal como se observa en la Figura (5) que aparece a continuación.

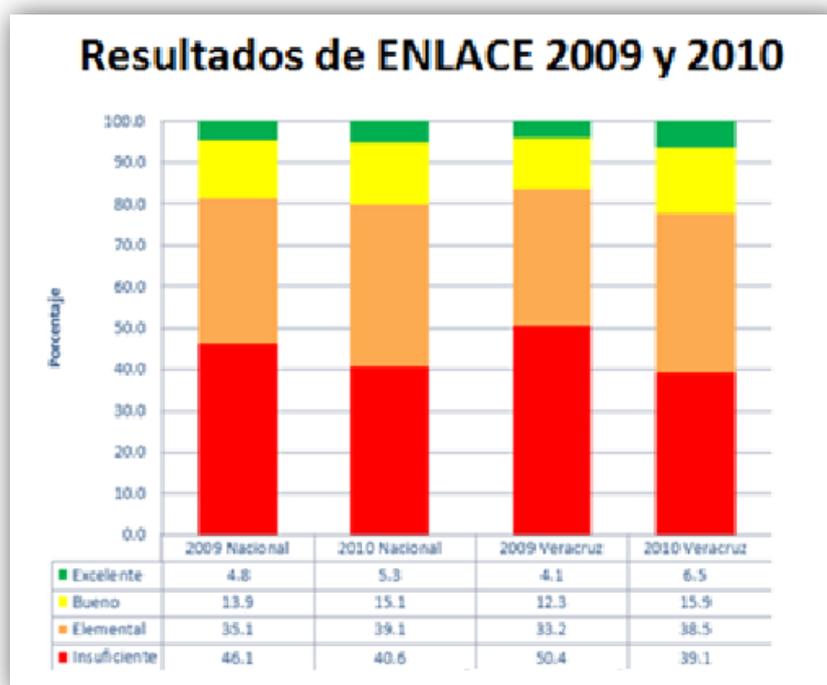


Figura 5

Así, mientras a nivel nacional, el porcentaje de estudiantes en el nivel mas bajo (insuficiente) disminuyó del 46% al 40%, en Veracruz la reducción fue del 50% al 39%, mientras que los buenos + excelentes pasaron de 18.7% al 20.1% a nivel nacional y del 16.4% al 22.4% en Veracruz.

Si consideramos solo a las escuelas que estuvieron trabajando con Galileo, tanto en la preparación de sus profesores como con la participación de sus alumnos en el concurso los resultado fueron aun mejores, tal como se observa en la Figura (6), pues el porcentaje de los insuficientes fue del 30.6%, en la prueba de ENLACE, mientras que el de los buenos mas excelentes, creció 16.4% al 28.7%.

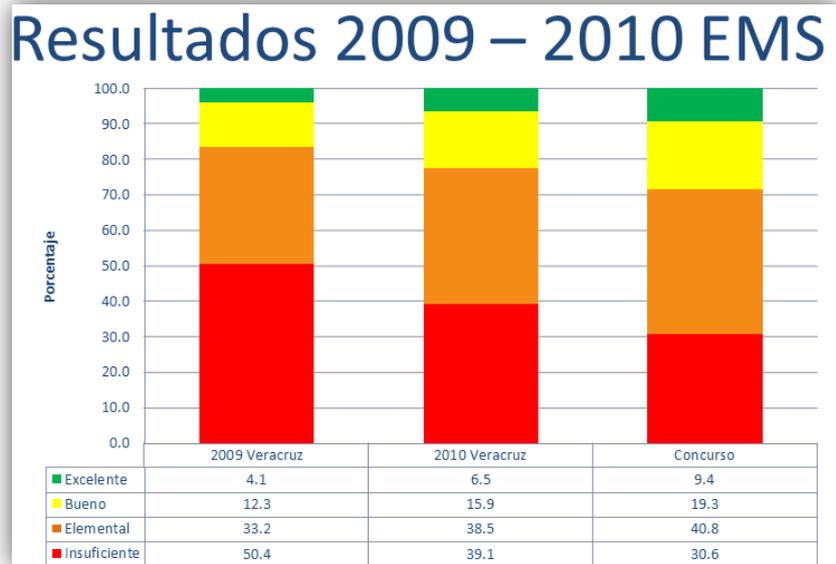


Figura 5

La evolución del proyecto luego de 2010

Los resultados de ENLACE 2010 tuvieron algunas consecuencias inmediatas, organizaciones educativas de todo el país fueron atraídas por los avances logrados en Veracruz, por lo que recibimos algunas invitaciones para instrumentar el proyecto en otros estados, la más atractiva fue una invitación del gobierno federal para instrumentarlo en los bachilleratos tecnológicos de 14 entidades de la república, unas 170 escuelas que representaban una matrícula aproximada de 140,000 estudiantes en total, este proyecto comenzó a operar en el año 2011, con un apoyo político más reducido que el de Veracruz, por su mismo nivel de dispersión en un territorio mayor, el proyecto no ha funcionado como lo esperábamos precisamente por falta de seguimiento por parte de las diferentes autoridades del sistema, sin embargo esperamos tener los resultados de la prueba 2012 para poder evaluar el nivel de impacto logrado, con mayor certeza.

Hacia el interior de Galileo los resultados nos llevaron a analizar los aspectos que debíamos mejorar en los laboratorios y en los cursos de web-Cast para poder atender a más profesores y a más escuelas. Un nuevo sistema de concursos, con más versatilidad y control fue puesto en operación, al igual que algunos laboratorios de física, que nos permitieron diversificar nuestra oferta para la EMS.

Por otra parte, debíamos enfrentar algunos problemas externos, que sabíamos impactarían al proyecto, como el cambio de administración en Veracruz al final del 2010; se necesitaría dar un tiempo a las nuevas autoridades educativas para entender y retomar el proyecto.

Afortunadamente el impacto fue reducido a lo largo del ciclo 2010-2011, tal como se observa en la Figura (7), tanto para Veracruz en su conjunto, como para el sistema de “Centros de Estudio Científicos y Tecnológicos de Veracruz (CECYTEV)” formado por 17 planteles con una población de 6,500 estudiantes, que en el ciclo 2009-2010 había sido el que había logrado los mejores resultados.

La situación en los otros subsistemas de EMS fue en general similar; si bien estos resultados hicieron retroceder al estado a la posición 19 entre todas las entidades de

la república, mostrando la importancia que tiene el rol de las autoridades en los procesos de innovación.

En esta figura es posible observar que los avances 2010-2011 fueron menores que los del ciclo anterior, algo similar ocurrió en los otros subsistemas de EMS de Veracruz, tal como los datos de la misma figura sugieren, sin embargo el impacto negativo, no fue mayor y hoy esperamos los resultados de 2012 en el que hemos estado operando con todo el apoyo de la nueva administración

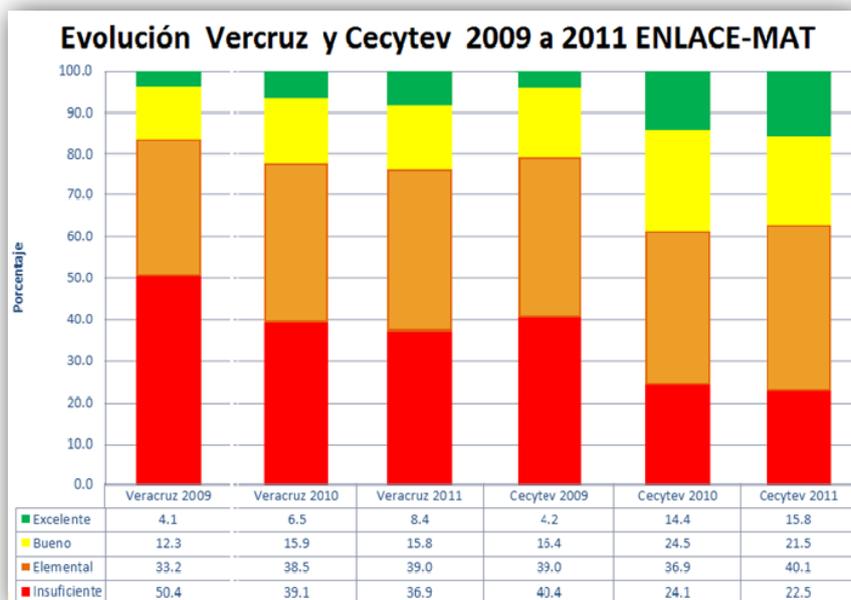


Figura 7

Específicamente, para el ciclo 2011-2012, las actividades que venimos realizando con escuelas y profesores nos permiten anticipar un nuevo repunte en tres de las organizaciones de EMS del estado, (CECYTEV, COBAEV y TEBAEV), al conocerse los próximos resultados de ENLACE 2012. En la Figura (8) se observan los resultados del concurso de Galileo correspondientes al ciclo 2011-2012.

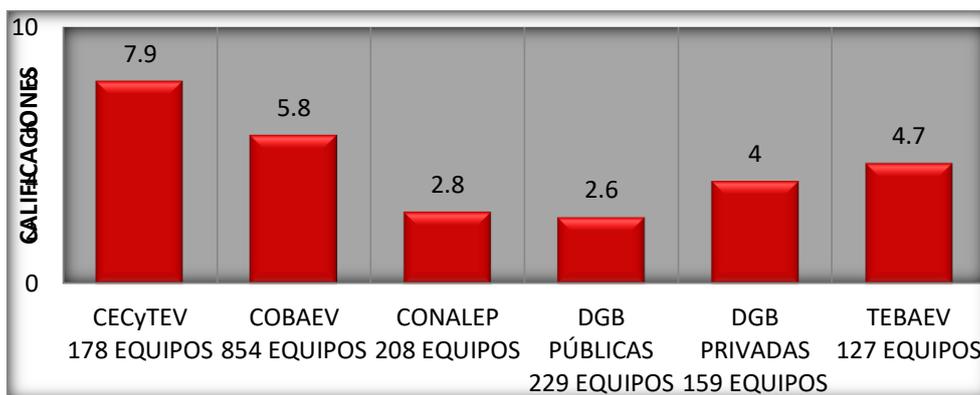


Figura 8

Un avance importante del proyecto ha sido la inclusión de los resultados regionales del concurso, para lo cual el estado de Veracruz ha sido dividido en 27 regiones, para las cuales el sistema nos arroja los resultados del concurso, semana a semana, así como del nivel de respuesta de los profesores, a los informes enviados a las autoridades cada semana mostrando los avances y desviaciones del proyecto que en

el ciclo 2011-2012 opera con 235 escuelas y mas de 120,000 estudiantes en los tres grados, aunque el examen de ENLACE es aplicado a los alumnos del tercer grado exclusivamente.

En la Figura (9) que aparece a continuación aparecen los resultados correspondientes a la semana 14 del concurso 2011-2012, en el que es posible observar que las escuelas de las regiones correspondientes a las ciudades mas grandes del estado como el Puerto de Veracruz, la capital del estado Xalapa, Córdoba, Orizaba, Poza rica, Coatzacoalcos y Minatitlán, han sido rebasadas por regiones rurales y serranas como las de Pueblo viejo, Tanto yuca, Álamo, Naolinco, Úrsula Galván, Naolinco, Huatusco, Zongolica y Tierra Blanca, siendo algunas de ellas incluso mayoritariamente indígenas. Lo cual nos hace prever, que los resultados de la prueba de 2012, ofrecerán una sorpresa agradable para todo el sistema educativo nacional.

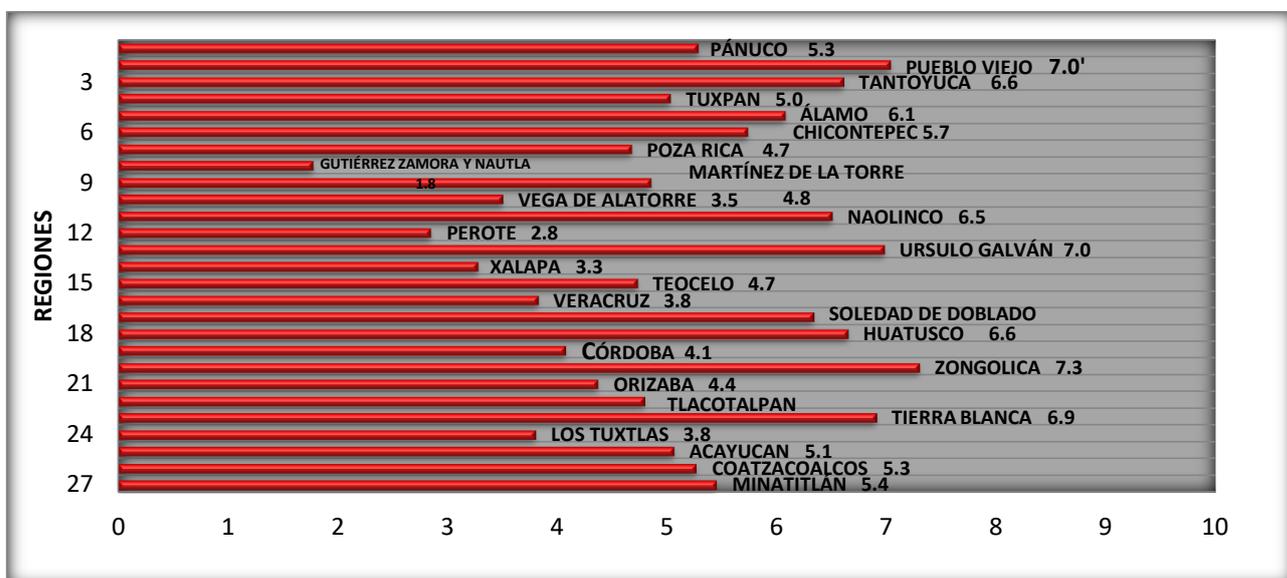


Figura 9

Una propuesta para el futuro

No queremos dejar la idea de que nuestra finalidad es lograr que los estudiantes obtengan buenas puntuaciones en ENLACE, instrumento que consideramos solo en lo que es, un magnifico apoyo para evaluar la calidad de la educación y los niveles de desempeño alcanzados por los estudiantes, así como la efectividad de programas específicos de innovación como el nuestro y como los que seguramente se están haciendo en otras partes del país.

Hoy, continuamos trabajando en el desarrollo de nuevos y mejores laboratorios de matemáticas para los estudiantes de bachillerato y de secundaria, así como para los años iniciales de la educación superior.

A los cursos de Web-Cast para profesores estamos añadiendo otros orientados a atender directamente a los estudiantes, con objeto de versificar nuestras posibilidades de servicio en aquellos estados y regiones en los que existan deficiencias de maestros.

Al mismo tiempo, trabajamos en nuevos laboratorios que permitan a profesores y estudiantes explorar las diferentes áreas del conocimiento y en el desarrollo de una estrategia para la mejor comprensión del lenguaje y el desarrollo de las competencias de comunicación.

Consideramos la educación como una actividad estratégica a nivel nacional y nos preparamos para ofrecer soluciones innovadoras que puedan contribuir al nivel educativo de los estudiantes a esta escala.