8th International Conference

Effective teaching of Science:
Key to the Transformation of Society

COMPENDIUM

November 5th & 6th, 2015

Alfonso Caso Auditorium
Ciudad Universitaria, UNAM

CONACYT

FUMEC

INNOVEC
Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C.

8th International Conference

Effective teaching of Science:
Key to the Transformation of Society

COMPENDIUM

Innovation for Science Education
INNOVEC

San Francisco 1626 - 205,
Del Valle, Benito Juárez. 03100.
Mexico City.
www.innovec.org.mx

Printed and made in Mexico

Cover photography: Luis Rosales León

Content

5 **INTRODUCTION**

7 **OPENING CEREMONY**

Jaime Lomelín Guillén. President of the Board of Innovation for Science Education, INNOVEC. Mexico.
Mario Molina. Vice-president of the Board of Innovation for Science Education, INNOVEC. Mexico.
Eduardo Bárzana García. General Secretary of the National Autonomous University of Mexico (UNAM). Mexico.
Marcela Santillán Nieto. General Director of Curricular Development at the Undersecretary of Basic Education. Mexico.

16 **DISTINGUISHED PROFESSOR AWARD**

21 **OPENING PANEL. EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND POVERTY REDUCTION**

Panellists:
Mario Molina. Vice-president of the Board of Innovation for Science Education, INNOVEC. Mexico.
Omar Garfias Reyes. Technical Director of *The National Campaign for the Reduction of Hunger*, Secretary of Social Development (SEDESOL). Mexico.
Sylvia Schmelkes Del Valle. President of the National Institute for the Evaluation of Education. (INEE). Mexico.
Pierre Léna. *La main à la pâte* Foundation. France.
Moderator:
Guillermo Fernández de la Garza. Executive Director of The US Mexico Foundation for Science (FUMEC). Mexico.

33 **PANEL I. DEVELOPMENT OF SCIENCE EDUCATION: CHANGING PARADIGMS FOR EDUCATION IN THE TWENTY-FIRST CENTURY**

Key note speaker:
Wynne Harlen. University of Bristol. United Kingdom.
Panellists:
Yves Quéré. *La main à la pâte* Foundation. France.
Katherine Blanchard. Professional Services. Smithsonian Science Education Center. United States of America.
Moderator:
Sylvia Schmelkes Del Valle. President of the National Institute for the Evaluation of Education. (INEE). Mexico.

49 **PANEL II. THE NEW VISION OF SCIENCE AND ITS IMPLICATIONS FOR CURRICULUM**

Key note speaker:
Pierre Léna. *La main à la pâte* Foundation. France.
Panellists:
Rodolfo Dirzo. Stanford University. United States of America.
Mauricio Duque. *Pequeños Científicos* Program. Los Andes University. Colombia.

Karen Worth. Special and Elementary Education Department, Wheelock College. United States of America.

Moderator:
Marcela Santillán Nieto. Curriculum Director at the Undersecretary of Basic Education. Mexico.

79 PANEL III. THE TEACHER AS A TRIGGER FOR CHANGE: CHARACTERISTICS, STRATEGIES AND RESOURCES FOR AN EFFECTIVE SCIENCE TEACHING

Key note speaker:
Hubert Dyasi. Specialist Science Teacher Educator. United States of America.
Panellists:
Rosendo Pelayo Valdés. Undersecretary of Education of the State of Veracruz. Mexico.
Prasad Ram. *GOORU Learning*. United States of America.
Shelley Peers. *Primary Connections* Program. Australia.
Moderator:
Marinela Servitje. Institute for the Promotion of Educational Research. (IFIE). Mexico.

97 PANEL IV. THE CONTRIBUTION OF NEUROSCIENCE TO AN EFFECTIVE LEARNING

Key note speaker:
Wenming-Zheng. Research Center for Learning Science, Southeast University, Nanjing. China.
Panellists:
Pablo Rudomín. The National College. Mexico.
Lucas Malaisi. Emotional Education Foundation. Argentina.
Moderator:
Cimenna Chao Rebolledo. Education Department, Ibero-American University. Mexico.

111 PANEL V. INTERNATIONAL PARTNERSHIP FOR THE IMPROVEMENT OF SCIENCE EDUCATION

Key note speaker:
Sharifah Maimunah. Global Network of Science Academies (IAP).
Panellists:
Juan Asenjo. Science Education Program. Inter American Network of Science Academies (IANAS).
Anders Hedberg. Hedberg Consulting, LLC. United States of America.
Guillermo Fernández de la Garza. Executive Director of The US Mexico Foundation for Science (FUMEC). Mexico.
Moderator:
Guillermo Hernández Duque. Strategic Linkage General Direction, National Association of Universities and Higher Education Institutes. Mexico.

Introduction

Globally it is intended that the basic education that students receive help them develop the knowledge, skills and attitudes necessary to enable them to maximize their potential and function effectively in society, to protect their health, participate responsibly in solving the problems of their community and build their welfare through a sustainable way of life.

The teaching of inquiry-based science is a key to achieve that purpose because it´s pedagogical approach provides a methodology that uses of the natural curiosity of girls and boys, as well as an active learning that facilitates learn to learn, build collectively and use what they learned in real contexts.

To incorporate widespread use of these methodologies in basic education there are some important challenges: Support to teachers in the construction of educational strategies to use inquiry and experimental investigations at different levels and contexts; and to harmonize these methodologies with the use of information technologies.

On the other hand, due to the wealth of information available and the progressive and constant introduction of new knowledge, we also have the challenge of selecting those concepts, ideas and principles, which, for its relevance, must be worked in a deeper way with the students. Understanding these basic ideas creates the conditions to continue building knowledge along life.

We also face the challenge of incorporating the contributions of neuroscience and emotional education teaching to the inquiry-based approach, its role in learning and its importance to strengthen an investigative pedagogical model that is consistent with the needs of our XXI century educational systems.

From 2009, at the initiative of the Science Education Program of the World Network of Science Academies (IAP), the task of reviewing and discussing the basic principles to be included in the teaching of inquiry-based science was undertaken as well as the core of the key scientific ideas that children should understand from basic education.

As a result of this work the document entitled "Principles and Great Ideas in Science Education" was published, which was translated into Spanish, Chinese and French and has been a fundamental reference in discussions about the kind of science education that our educational systems should provide to girls, children and young people around the world.

From the discussion and updating of the central ideas in the original edition, the second version of the document entitled **"Working with Big Ideas of Science Education"** includes a series of recommendations, which are desirable to analyze and implement in our local contexts.

The Eighth International Conference "Effective teaching of Science: Key to the transformation of society " is an opportunity for society, teachers, researchers and

academics meet and discuss these proposals that open the door to review what is happening worldwide, providing expertise and experiences so that together we contribute to improving education in accordance with the new educational paradigms.

The International Conference has as one of its goals to enrich the global debate from a local perspective and serve as a platform for deriving actions and lines of work for the benefit of a greater number of students and teachers that use Inquiry Based Science Education Programs worldwide.

Opening Ceremony

Eng. Jaime Lomelín Guillén
President of the Board of INNOVEC

Honored presidium members, teachers, INNOVEC friends, welcome to this international conference. Speaking for Board of INNOVEC, I have the pleasure of welcome you to the opening ceremony of the Eighth International Conference on Inquiry-Based Elementary Science Education, with the theme "Effective Teaching of Science: Key to the Transformation of Society".

We are now at the very heart of National Autonomous University of Mexico (UNAM), a distinguished institution which has granted so much welfare and progress to our country. This very auditorium, along with its beautiful mural paintings, belong to the world's patrimony as per directions of UNESCO. It is named after Alfonso Caso, a famous Mexican archaeologist. We thoroughly thank UNAM for being host of this conference.

I am specially thankful to Ministry of Education (SEP) and Council of Science and Technology (CONACYT) for their help and support towards the success of this conference. I welcome the several organizations, both public and private, which on a regular basis support INNOVEC's projects and initiatives, and whose representatives are here today. I would also welcome heartily all moderators, speakers, national and international panelists, who have pleasantly agreed to be here with us, several of them for the first time, to keep on building discussion and knowledge on the importance of a high-quality science education for our children and youngsters, both in Mexico and abroad.

My special thanks to the group of experts led by Ph.D. Wynne Harlen, who developed the text "Principles and Great Ideas in Science Education", which has received the support of Science Academies Global Network. The most recent edition of the said work is taken as the framework for this conference.

At this point I open a parenthesis to remark the huge relevance of the topics we will be involved with during these days of reflection. In essence, it is about analyzing and arguing on the importance of providing an effective teaching of science at school, as well as on the urgent necessity for this approach to become a fundamental part of the curriculum for elementary teaching.

INNOVEC, with the whole support of SEP, has taken in Mexico the banner of encouraging hands-on, inquiry-based science education in elementary school, as an effective mechanism for guaranteeing pedagogic processes which bring out child's curiosity, question asking, investigation, and the search for evidence to build up ideas regarding the world around. With the help of state governments, there are currently over 400,000 children involved in SEVIC Program, based on such methodology.

In INNOVEC we are completely convinced that science is a powerful tool to promote both individual and collective progress. Our purpose is to create appropriate conditions for children to explore by themselves events and phenomena which are relevant for their lives and interests, just as professional scientists do, so that their learning becomes significant and is not based on pure memory skills. Teachers are a fundamental part of the compromise to actually apply this approach to teaching and learning, since it is them who provide an encouraging learning environment, as well as the material, practices, and opportunities to reflect on, and therefore keep on investigating.

We clearly understand that teaching in the 21st century is a task involving an everyday update of educative processes, in an environment where a huge amount of information is at hand. The core feature of effective learning is to encourage critical thinking, analysis, reflection as a result of practice, tolerance and respect towards different ways of thinking, collaborative work, and the capability of adapting and keep on learning through life. In short, it is about finding and keeping the educated, sensible, active people which is needed in our new global entourage.

In Mexico, a deep improvement in education is developing, which implies the necessity of finding more effective teaching methods and systems, so that education has a larger impact on the welfare of our population. Needless to say, we support and encourage such a mission. That is why in this conference we present the best experiences worldwide within its scope, and we render homage to two leading science educators, one of them Mexican and the other from USA: Ph.D. Hubert Dyasi, from the United States of America, and Professor Valdemar Molina Grajeda, from State of Mexico. Their life stories and their professionalism are a source of inspiration and knowledge for those with the aim of making high-quality science education the greatest legacy for 21st century's society.

At this point, I must only wish a productive working period and a pleasant stay in our city and our country. Thank you very much.*

** Transcription*

Opening Ceremony

Ph.D. Mario Molina
Vice-president of the Board of INNOVEC

It is as well my wish to welcome you to this Eighth International Conference on Inquiry-Based Elementary Science Education.

I am extremely pleased to be able to participate in this event, and to show we Mexicans are very proud of belonging to such international community. We are promoting and using these new pedagogies, so important for the teaching of science at elementary school, and which have huge repercussions. The fact of children learning not through sheer memory, but actually involving themselves in the scientific process and working in small groups, is by itself a major change, with very important consequences. As you well know, this project is not a mere experiment, since there are over 400,000 children receiving the benefits of these new ideas in Mexico.

If I am not mistaken, in Australia up to 70% of elementary school teaching follows this methodology. In addition to the importance of children learning science properly, this kind of teaching leads to an increasing number of children liking science and enjoying working on it, which in turn increases the chance of a healthy economic development of society. However, the most important part is to teach children how to reason, to show them the scientific method, to encourage them to draw conclusions based on evidence, instead of just learning by heart and believing everything their teacher says, but to really understand and do it by themselves, which in turn has important consequences to science itself.

An example I like to talk about is the following: Through hands-on activities, like working with plants or watching insects grow, children develop their own responsibility towards the environment in a much more effective way than by studying a lesson on ethics. Active participation is of the utmost importance. Another key consequence of these new teaching methods is that they have a strong impact on the learning process of several other subjects, since it is the best way of profiting from the natural curiosity of children, the curiosity of understanding the world around and of learning how to reason correctly.

Well, I hope we will have a successful event, and we will be able to discuss all these actions. We must become more influential regarding the educational process, in order for them to be implemented in our society. As you well know, there is a strong opposition to change in general; in education, we have been doing it in the very same way for centuries, so this opposition is even stronger. However, it is clear that the

change is possible, improving enormously such an old system. I feel responsible as well. It is our task to help society to integrate these new, much more efficient ways of working with children. Thank you very much.*

** Transcription*

Opening Ceremony

Ph.D. Eduardo Bárzana García
General Secretary of the National Autonomous University of Mexico
On behalf of Ph.D. José Narro Robles, Headmaster of the National University

Good afternoon to everyone present. On behalf of Ph.D. José Narro Robles, Headmaster of this University, I welcome you all to this representative auditorium, named after the famous Alfonso Caso. By wish of the headmaster, I communicate to you his apologies for not being able to be here with us. Being at the end of his eight-year office, his agenda is extremely busy.

It is a pleasure for me to greet the several distinguished personalities attending this function. I wish to express that UNAM is honored to be host for such a transcendental event, focused in one of Mexico's most important challenges: Education. This becomes even more significant because of the role Mexican society has assigned us through our organic law, which is teaching.

The very title of this Eighth International Conference by INNOVEC involves science and its development, which constitutes the second priority of our university. Therefore, we encourage teaching improvement at all levels, not only in superior studies. The concept is rather simple: If fundamental education acquired at elementary and middle levels is not solid, it turns out impossible to build properly any further educational structure with the strength, resistance, and durability our country needs.

As Ph.D Mario Molina has pointed out several times, supported by the moral authority granted by his Nobel prize and his office as vice-president of INNOVEC, development of science is intimately connected with an improvement in education. Following a simple and precise method he already described, children learn science by being involved in the scientific process, which necessarily benefits superior education. Just as he has involved himself thoroughly in warning about the risks of climate change, the risks of an inefficient and traditional education require a similar crusade from society, and it must be kept active for several years with clear objectives and a fixed direction, in order to grant the results to which both Mexico and the whole world are entitled. Therefore, results and conclusions from the event starting today will offer important contributions towards reflection and collaboration among the several specialized groups working on educational research within UNAM. Innovative pedagogical approaches arising at this event, as well as inquiry-based educative models, including their design and implementation, will no doubt become relevant to the development of education in our country, and will improve the level of students entering middle and superior educative levels. These topics are of the utmost importance for UNAM and for all Mexican universities.

To finish, I congratulate INNOVEC for its notorious and outstanding work to improve education. My best wishes for the success on attaining the goals set for this Eighth International Conference. Thank you very much.*

** Transcription*

Opening Ceremony

M. Marcela Santillán Nieto
General Director of Curricular Development, SEP.
On behalf of B.P.S. Aurelio Nuño Mayer,
Minister of National Secretary of Education

Good Morning. On behalf of B.P.S. Aurelio Nuño Mayer, who regrets not being able to be here with us and wishes the complete success of this event, I must say that this very event at this very moment is of the utmost importance, for the reasons explained by the speakers before myself. It is urgent for our children to develop a series of capabilities and skills in order to leave behind the stagnation of Mexico regarding education.

It is very important for Mexico to accomplish what other countries have already done: to develop since early childhood a series of capabilities and skills, now called "competences", which take us nearer to the possibility of increasing our science contributions. For any country, it is fundamental to have several individuals with the said competences, and it helps towards a more just and equitable society, since it improves the country's capability for economic development. Nowadays, I believe there is no other way of conceiving such a possibility but by means of a significant number of young people synchronized with current society's needs in terms of technological development, to improve both justice and equity, an urgent issue in this country.

As I said at the beginning, on behalf of B.P.S. Aurelio Nuño Mayer, today November 5th, 2015, at 9:38 am, I declare the opening of the Eighth International Conference on Inquiry-Based Elementary Science Education. We hope that, as all other editions of the conference, this one will be quite successful and will help us all in this important stage encouraged by the president, with the aim of giving education a relevant role nationwide. Repeating the very words of B.P.S. Aurelio Nuño Mayer, we hope this conference helps us to actually apply all innovations at school level, as well as to reach the possibility of granting high-level education to each and every Mexican. Thank you very much.*

** Transcription*

Award to Ph.D. Hubert Dyasi

Professor Dyasi obtained his degree in Science Education from the University of Illinois, at Urbana-Champaign, United States of America. He has taught both under- and post-graduate courses on the topic. He is recognized both at the national and international levels as a teacher of science. His career has been focused in the professional development of teachers.

From 1966 to 1970, while being an academician at Njala University College from University of Sierra Leona, West Africa, he performed as executive director of African Program for the Teaching of Science at Elementary Level; from 1970 to 1983 he held such office for Science Education for Africa Program, which covered almost all sub-Saharian Africa. From 1984 onward, he has been head of City College Workshop Center at University of New York City, which eventually became a highly respected organization both nationally and internationally, for its contribution to the development of science education and education in general. As such, City College had humble origins, and it was Hubert who transformed a classroom and a couple of offices in a proper entourage both for teacher formation and for the interchange of ideas. The workshop was truly fascinating, full of living plants and scientific instruments, strange objects of all kinds and ongoing investigations. With such a basis, Hubert was able to show educative leaders the benefits of first-hand experimentation for children and youngsters, so the influence of the center spread all over the country. Every Summer, for more than 20 years in a row, Hubert and his inseparable wife Becky organized 3-4 weeks-long workshops with the aim of showing official educative leaders and school principals the benefits of scientific inquiry for education. With a smooth personality and a sincere smile, Hubert has been able to generate a worldwide network of friends who share his passion for teaching and science. His motto, hope is contagious, summarizes pretty well the energy and optimism with which he faces life.

He has worked along with Department of Education of New York State, as well as with dozens of schools and school districts, forming and training teachers in the use of inquiry methodologies, the art of preparing scientific questions for students, and the design of effective processes for students to collect data, interpret results and, more generally, find evidence to support their claims.

According to Hubert, when a school undertakes an inquiry-based approach to sience education, it is only sinchronizing itself with the natural impulse of all children towards learning. Therefore, science learning becomes an extension of the typically human approach to acquiring knowledge, as well as an

Distinguished Professor Award

Master of Ceremonies: Juan Carlos Andrade Guevara

"We will now grant awards to teachers with an outstanding contribution to the teaching of science at elementary level.

It has become a tradition, within these international conferences, to grant awards to educators and teachers who, with their leadership and their example, encourage a high-quality science education for our students.

Today we will, as already mentioned by Eng. Jaime Lomelín, grant awards to two distinguished personalities: Ph.D. Hubert Dyasi, from New York University, and Professor Valdemar Molina Grajeda, from Sistemas Educativos Integrados,State of México".

affirmation of individual learning capabilities, and an essential ingredient for the healthy intelectual and cultural development of children. Henceforth, an inquiry-based approach to learning may avoid their being cheated or confused by physical phenomena or public speeches taking place in their surroundings. It is extremely important for students to nurture this attitude and to apply it to difficult decisions.

In Latin America, Ph.D Dyasi has collaborated closely with ECBI Program from Chile, and INNOVEC from Mexico. He belonged as well to the team organized by Ph.D Wynne Harlen with the aim of writing the document "Principles and Big Ideas of Science Education". Among his academic attainments, he was a distinguished visitor at All Souls College, from Oxford University, as well as at California Technological Institute; he has been a member of National Institute for Science Education and Education Committee from National Research Council, United States of America. Exploratorium Museum from San Francisco awarded him as a distinguished educator in 2005, and National Science Teachers Association, United States of America, recognized his career as educator and researcher in 2008.

His academic attainments include important contributions to the following books: Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics, National Science Education Standards, published by National Research Council of United States of America in 1996, and Inquiry and National Standards for Science Educators, a guide for teaching and learning published in 2000. He has belonged to several committees and councils related to science education, including National Research Council of the United States of America, National Science Teachers Association of the United States of America, and National Scientific Resources Center of the United States of America, now Smithsonian Science Education Center.

For the reasons mentioned above, Ministry of Education, and Innovation for Science Education grant Ph.D. Hubert Dyasi within this Eighth International Conference on Inquiry-Based Elementary Science Education, with the theme "Effective Teaching of Science: Key to the Transformation of Society", an award for his distinguished career and his valuable contributions to teaching

science through inquiry, which are transcendental for children and youngsters around the world.

Award to Professor Valdemar Molina Grajeda

Professor Valdemar Molina Grajeda was born in a village called Urén, in Michoacán, Mexico. At age 12 he started attending Escuela Primaria Rural "Ricardo Flores Magón", in Antúnez, Parácuaro Municipality, Michoacán. After finishing middle school in Paracho, he was accepted at Escuela Normal Rural "Miguel Ángel de Quevedo", where he acquired the title of elementary school teacher. Early in the seventies, he obtained a Masters Degree in Pedagogy from Escuela Normal Superior of Mexico. He has as well participated in several courses at Instituto Tecnológico de Monterrey and Ibero-American University. His professional work started as an elementary school teacher, but he has subsequently been principal and founder of several schools, sector (district) director, and teacher of pedagogy at National School of Teachers and Escuelas Normales of State of Mexico; he was as well Director of Culture and Education at Ecatepec Municipality. From 1992 onward, he has been Director of Elementary Education at Servicios Educativos Integrados del Estado de México (SEIEM), where he is responsible of early education, both within and out of school, as well as preschool, elementary, special, native, and elementary for adults education.

In 2000 he was invited by the US Mexico Foundation for Science to participate at a leadership institute for scientific education in Irvine, California, organized by National Scientific Resources Center of the United States of America. There he was acknowledged with inquiry-based methodologies, so he could appreciate its advantages and benefits.

I remember a visit we made after analyzing methodology and material resources for science education at the said institute, placed in on of the most prosperous areas of California. Valdemar said reflectively:
"I have no doubt that this is what our teachers and students need to learn better, and even if now it seems like a far-off dream, I will do all in my hands for this program to become a reality in Mexico."

Since then, he has consistently organized lectures, workshops, and activities for teachers, with the aim of transmitting his own enthusiasm and conviction in the importance of inquiry-based methodologies to improve the efficacy of students' learning. He has found allies, and has applied all he learned in such an important workshop. To attain this, he has organized several meetings with supervisors, sector (district) directors, and principals to involve them actively and make them understand the importance of such methodology, as well as its implications for present and future educative development in State of Mexico. Whenever possible, he leads himself teacher formation courses; he is convinced of the right of all children to receive high-quality scientific education. He recently supported the creation of SEVIC Program in Centros de Atención Múltiple (CAM), directed to children and youngsters presenting some kind of hindrance. Results have been awesome and highly emotive, since authorities responsible for special education decided to apply the model without any modification, which turned out to be a high-impact innovation in this branch of education.

Valdemar understands that the critical loss of values we currently face in our society is strongly favored by our leaving out both ethics and civics, not only from curricula but also from educational practice and everyday behavior. To help solve this issue, he has organized discussion forums with the aim of integrating philosophy into elementary education, since it is a useful tool which, along with science, helps to strengthen success and reasoning since an early age.

As we need an urgent retaking of high leadership in education,

Professor Valdemar stands out as a teacher with the right measure of leading abilities and a strong conviction towards high-quality education, based mostly on the love for what is inherently human, creative, artistic, and scientific.

Due to his valuable contributions to accomplish a high-quality education at State of Mexico, as well as his leadership and his dedication, INNOVEC and Ministry of Education, grant an award to Professor Valdemar Molina Grajeda for his distinguished career and his efforts to improve science education.*

** Transcription*

Opening Panel

Education for Sustainability and Poverty Reduction

Panellists:

Mario Molina
Sylvia Schmelkes
Omar Garfias
Pierre Léna

Moderator:

Guillermo Fernández de la Garza

Mario Molina

Vice-president of the Board of INNOVEC

"... one of the advantages of these new methods, is that in addition to children learning science outstandingly, teachers improve their knowledge as well"

As a way to communicate my interest, as well as to show what we are doing regarding this issue, I will briefly describe a project directed to marginal communities we are running in our studies center, called Mario Molina Center.

The idea is to guarantee some basic services to those communities, like access to electricity. There are so many communities both in Mexico and abroad which are not connected to the electric network, where children are unable to study or read after sunset. We try to solve the problem in an integral way. It is not enough to provide electric services to the community; we consider education to have quite an important role in improving life standards in our society. A part of the project focuses in ensuring schools to be properly built and to have proper means of access for the children living nearby. Here I would like to point out two aspects.

There is a huge opportunity for schools to profit from these new ways of teaching, and of teaching science to begin with. We do not have to wait several generations for teachers to improve little by little. We already have these extraordinary pedagogies as well as the means to take them to isolated communities, by sending teachers already trained in the use of such techniques. That is precisely the main topic of this conference. Of course resources are needed, but it is of the utmost importance to be able to train local teachers, which can be accomplished by bringing external teachers to the community, at a fairly low cost and with a great benefit to society.

The second point I would like to state is the challenge of working with such communities. It is not just about giving them solar panels. If it is not done properly, they will just sell them out, as has happened in several cases in Africa, where technology has been tried to be implemented with very poor results. In Mexico we have a similar problem. Its is basic to consider the social aspect, to work with the community, to understand who is having the real power and managing the community. It is necessary to work with the families themselves, so the whole community supports the benefits offered to them. What will never work is to simply give them money or food, or the like. It is a key issue to work with them and to understand how such communities function.

The challenge here is that not all those communities are similar to each other, so we have begun to work with some of them, from different areas of the country. We must really understand how they function, decide who to work with, and try to involve both families individually and the leaders of the community. Nonetheless, I perceive a huge potential and we already have some experiences attesting the benefits of introducing active learning into these communities.

As you well know, we have a general problem regarding science teachers. Not all of them are properly trained and some even have difficulties to grasp scientific concepts. So one of the advantages of these new methods, specially in this kind of communities, is that in addition to children learning science outstandingly, teachers improve their knowledge as well.*

** Transcription*

Sylvia Schmelkes

President of the National Institute for the Evaluation of Education. (INEE)

I will talk about the problem of poverty, which is a result of the inequality reigning in our country. After all, we do not have the minimum structure for our efforts on education, including science education, to truly benefit the whole population.

I will describe the present situation of this educational inequality in our country, and the kind of actions we must take to solve it. To begin with, I will claim that such inequality is the biggest challenge we face regarding education in Mexico. It prevents the development of high-quality education. When we have projects like this Inquiry-Based Science Education, but we have as well the said inequality, it is extremely difficult to guarantee that high-quality education truly reaches people with the worst previous learning conditions. This is an issue we must be concerned about, and it applies to all branches of knowledge.

Science education is basic to face this current social need. The main purpose of education is that everyone can have a proper life according to her/his own vision and in her/his own context. In such a way, we may fulfill the right to high-quality education for everybody, as stated in Mexican Constitution since the Educational Reform.

Now the State must guarantee high-quality education, and with such a term we mean a maximum level of learning in order to face what is needed to have a proper life. As you well know, Mexico is an extremely unequal country. In the whole world, we are in the 24th place regarding income concentration (GINI Index, which measures income concentration by country), and we are next to last from all countries in OCDE.

The problem we face is inequality. Education should work as a mechanism to diminish such problem in any society. However, in our country all educational indexes (desertion, failure, terminal efficacy, absorption to higher educational levels, learning itself) are related with: a) to be born in a city or in the country, b) to belong to a native family, c) to belong to an area highly or moderately marginalized, d) educational level attained by parents, and e) income of the family one belongs to. Given such a strong relation between origin conditions and educational accomplishments, both in education level and in actual learning, we can clearly see that education is not working as a mechanism to reduce inequality in our society.

We are thoroughly convinced that education must help to reduce inequality, since that is what society expects from it. Parents take their children to school and make all

possible sacrifices so that they can keep on studying, because they believe that education will allow their children to have a better life than the one they are having as parents. That is what society expects from education.

In several cases worldwide, education does work as a mechanism to reduce inequality. Then the problem may be regarded as local. In our country, society is just reproducing social and economical inequality (as I have already stated).

Access to School

Generally, it is preschool education what helps to reduce the differences from home education and put everyone in the same playground. However, in Mexico this is barely happening. That is, preschool is not working as a mechanism to give everyone the same opportunities for elementary education. We have that:

- 60% of 3-year-old children do not attend preschool education.
- 12% of 4-year-old children do not attend preschool education.

This is mainly related with the life context of the children not attending preschool.

- At five years old, 88% of children not speaking a native language go to school, while 79% of those who speak a native language do, and only 68% of children not speaking Spanish. This means that they are not attending 3rd grade preschool, which is mandatory since 1993.

There is a relation as well with working children, who have a greater difficulty to attend school. This explains that:

- 39% of people between 15 and 17 years of age do not attend school, while medium-superior education (10th-12th grades) is mandatory for the state, though not for the population. It will become mandatory for the population in 2022, since it is intended that at that time educational opportunities will be enough as to require every citizen to complete medium-superior education. We cannot make an educational level mandatory for the population if there are not enough educational opportunities. Up to now, it is guaranteed that whenever someone demands medium-superior education, the state will provide it.

Access to school is related with life conditions. Two out of each three children not attending school belong to native communities. Therefore, the fact of belonging to the native population is related with the access to school. In Mexico, three million people between 12 and 17 years of age do have a job, and 53% of them does not attend school. This has to do with poverty, which forces teenagers to look for a job. Child labor is the greatest enemy of education.

It is not enough to guarantee access to school, it is necessary as well that children attend it regularly, and that they remain long enough to complete the given educational level. One of Mexico's achievements is an almost universal attendance to primary school. With "almost universal" we mean 97% of attendance. The remaining 3% are working children, mostly migrants working in agriculture.

However, school access, attendance, and endurance for people of 12 years of age and older is highly unequal. For example:

- In rural areas, 91% of 12-14 years-old children attend school; in urban areas, 95% of such people do so.
- In rural areas, 58% of 15-17 years-old children attend school; in urban areas, 76% of such people do so.
- Only 62% of native 15-17 years-old children attend school, while 72% of non-native children in the same age category do so.
- Only 85% of undernourished 12-14 years-old children attend school; while 95% of well nourished children in the same age category do so.

It is then clear that poverty is having a negative impact on school attendance and endurance.

- Only 55% of 15-17 years-old children belonging to the poorer fifth of the population attend school; while 83% of children in the same age category who belong to the richest fifth of the population do so.
- Among 15-17 years-old children, 96% of those whose parents have college education attend school; only 52% of children in the same age category whose parents do not have college education attend school.

Completing educational levels in schedule

It is as well very important that students are able to complete each educational level in the appointed time. They must stay only six years in primary school, three years in secondary school (7th-9th grades), ans so on.

The number of students who are at least two years older than the expected age for the grade they are in, depends a lot on the size of the community they live in:

- 19% in communities with 100 inhabitants
- 9% in communities with 500-2499 inhabitants
- 2.5% in communities with 15,000 inhabitants

So it is clear that the problem is bigger in small communities.

It is definitely important for children to attend school. However, there are differences regarding the success and accomplishment of students. Unfortunately, I cannot show now the results of PLANEA (the current new-generation test, which replaced the previous tests ENLACE and EXCALE), since they will be made public only tomorrow. However, I will present the results of EXCALE from previous years, since the results of both tests do not differ much.

Achievement, 3rd grade of preschool, 2011
This is an individual, oral test, in which the person applying it presents various stimulus to the student, who reacts accordingly. Results differ depending on the kind of school attended by the student.

Children presenting accomplishments below the minimum acceptable:

	Language and communication	Mathematics
Community school	20.00%	22.00%
Public rural school	10.00%	14.00%
Urban rural school	6.00%	9.00%
Private school	1.00%	1.00%

This shows that even at preschool level, differences are significant. They become even larger in higher educational levels.

Now I will present the data for 3rd grade of primary school. Differences are huge. For example, we see that 48% of native students are below the minimum acceptable level of achievement, which means being able to use properly the four operations of language, compared with only 17% of students from urban public schools.

Achievement, 3rd grade of primary school, 2010
Children presenting accomplishments below the minimum acceptable:

	Language and communication	Mathematics
Native school	48.00%	66.00%
Community school	26.00%	38.00%
Public rural school	27.00%	41.00%
Urban rural school	17.00%	28.00%
Private school	3.00%	8.00%

For 6th grade of primary school the situation is similar:

Achievement, 6th grade of primary school, 2009
Children presenting accomplishments below the minimum acceptable:

	Language and communication	Mathematics
Native school	44.00%	34.00%
Community school	35.00%	31.00%
Public rural school	20.00%	16.00%
Urban rural school	10.00%	10.00%
Private school	2.00%	2.00%

These differences can be found as well in secondary school, even though there is a process of selection, so that most people with poor accomplishment in primary school do not complete, or even enter, middle education. We keep on noticing a relation with the kind of school.

Achievement, 3rd grade of secondary school, 2012
Children presenting accomplishments below the minimum acceptable

	Language and communication	Mathematics
Education through television (with a teacher/ guide present in the classroom)	33.00%	40.00%
Technical public school	23.00%	36.00%
Non-technical public school	22.00%	33.00%
Private school	7.00%	13.00%

Now we will show the results for middle-superior education (10th-12th grades). This year, the ENLACE test was adapted to new-generation standards, becoming the PLANEA test. We present the results by degree of marginalization of the area where students live:

Achievement PLANEA EMS (middle-superior education), 2015

DEGREE OF MARGINALIZATION	LEVEL OF ACHIEVEMENT				NUMBER OF STUDENTS EVALUATED
	I	II	III	IV	
VERY HIGH	65.6	15.1	12.3	7.0	4 338
HIGH	53.9	20.2	19.1	6.9	158 160
MEDIUM	47.6	21.0	21.9	9.6	120 145
LOW	42.5	21.3	24.5	11.7	253 342
VERY LOW	38.9	20.5	25.7	15.0	480 390
NATIONAL AVERAGE	43.3	20.7	23.8	12.2	1 016 375

Therefore, in Spanish language, when marginalization degree is very high, 65.6% of students are at level I (below the minimum acceptable), meanwhile when marginalization degree is very low, only 38.9% of students are at that level.

Therefore, in Spanish language, when marginalization degree is very high, 65.6% of students are at level I (below the minimum acceptable), meanwhile when marginalization degree is very low, only 38.9% of students are at that level.

Then it is clear that the said inequality is present at all educational levels. It does not diminish at higher educational levels, and at the beginning of the process they already exist. Students belonging to the poorest families, those from native communities, those living in rural areas as well as in highly marginalized ones, and those whose parents do not have college education, do actually have less learning opportunities than other students. The data show they are having a lower accomplishment. Therefore, they do not have the opportunity to learn what is needed to have a proper life, since it is elementary school which makes the difference regarding the basic learning to be able to face the demands of society.

Students below the said level are lacking those tools. They attend school, but they do not obtain what is needed to have a proper life. It is still not possible to offer high-quality education everywhere.

Let us see, why is this happening?

Causes

To begin with, we must realize that the problem has several causes, the most important of which are not subject to improvement by the educational system. Those main causes have to do with the context of the students: Poverty, need to have a job, undernourishment, importance of education among family values, educational expectations of parents. Research on education shows that those variables have a huge influence in school achievements.

It is also important to identify the causes related to the educational system, which are therefore subject to optimization through educational policies. Such causes have mostly to do with resources' distribution, be it financial, human, or material (including equipment). By working on distribution mechanisms, we may improve equality regarding educational opportunities.

Next I will show some examples of this inequality of resources' distribution. First we will see the percentage of primary schools having at least one computer (Educational census by INEGI from two years ago):

PRIMARY SCHOOLS:

- General schools 48.2%
- Native schools 15.8%
- Community schools 1.7%

There is as well a difference related to the area of the country. Here we have the two extremes among federal entities:

- Mexico City 82.4%
- Chiapas 46.0%

It must be mentioned that with the recent program *Escuelas al CIEN*, it is expected a great increase in school resources nationwide, improving infrastructure, equipment, and services in general. If those resources are properly distributed, we may experience a reduction in educational inequalities.

However, the current situation regarding basic services is as follows:

	Tap water	Public network	Electric energy	Drain service
General school	98.9	79.6	98.0	63.4
Native school	90.5	52.5	85.3	85.3
Community school	83.6	33.1	52.9	52.9

This clearly shows that resources' distribution is unequal. Regarding staff, we have the percentage of schools whose staff is complete, including teachers, purely administrative staff, and special teachers who can take care of children with special needs.

Staff

The above data show a thoroughly

unequal distribution in favor of urban schools against rural ones. This is very delicate, since human resources are basic for education.

		Administrative, teaching, and special teaching staff	Administrative and teaching staff	Teaching staff
General preschool	Rural Urban	4.6 52.0	3.9 15.1	91.5 33.0
Native preschool	Rural Urban	--	5.0 36.5	95.0 63.5
General elementary	Rural Urban	16.1 73.2	8.4 14.8	73.1 12.0
Native elementary	Rural Urban	--	16.2 68.5	83.8 79.9

Analysis of public Expenditure

A recent analysis by the National Institute for the Evaluation of Education (INEE), has shown that more than 80% of the expenditure in educational programs follows an inertial behavior. Every year, such expenditure increases to make up for inflation, but the assignation to particular areas may or may not increase (that is, may remain constant or may decrease, in terms of actual acquisitive power). Population benefiting from those programs are the same, so unattended people remain so.

On the other hand, the distribution formula used by FONE (Fondo de Aportaciones para la Nómina Educativa y el Gasto Operativo) assumes the expenditure for educating every child at elementary level is the same. This assumption is mistaken, since it is more expensive to educate a child whose basic needs are not guaranteed. Therefore, there is a problem with the premises used to plan resources' distribution.

It has been observed as well that people living in highly marginalized areas are seldom benefited. Resources are provided to marginalized sectors, but not to highly marginalized ones, since access is difficult. Then the most vulnerable sector of the population is left unattended. The minimum we can demand is an equal expenditure for each children in the country, and even that is not accomplished in Mexico. Moreover, there should be a compensation according to the needs of the population. In such a way, everyone would be able to develop the learning needed to have a proper life.

This means equity from a real point of view: To give more to those in greater need. To begin with, we must achieve an equal expenditure for everyone, but later the said compensation should take place. This is one of the big challenges for our country.

To close this presentation, I will say that every educational system, if left unattended, will tend to replicate the inequality present in its surroundings. To avoid this inertial behavior, educational policies must explicitly address equity regarding school access, attendance, endurance and, mainly, learning, which will result in a proper resources' distribution.*

** Transcription*

Omar Garfias

Technical Director of The National Campaign for the Reduction of Hunger,
Secretary of Social Development (SEDESOL)

The National Campaign for the Reduction of Hunger has the aim of helping people in a situation of extreme poverty to improve their life standards. "Extreme poverty" in this context means to earn less than the minimum comfort wage (MX $1200 = USD $60 monthly) and to have unfulfilled at least three of the six basic rights guaranteed by Mexican Constitution. The crusade intends to avoid assistance-like help, like giving food for free, but to prepare people so that they can improve their situation by themselves.

It is a highly innovative effort regarding public administration and social development programs. The first step was to identify an existing problem which had been institutionally denied. In Mexico, hunger was a hot topic, but several people from government instances and political parties claimed that in Mexico there was no undernourishment issues, that such thing was being said just to gain political strength. However, there are 7 million Mexicans in a situation of extreme poverty and undernourishment, according to the data from INEGI-CONEVAL.

Therefore, we are living in an exclusion system. Those 7 million people are excluded from development plans not by chance, but as a consequence of the way resources have been distributed in the country, favoring some sectors of society and punishing others. The inertia is truly fearsome, so we must change the way in which both resources and access to human rights are distributed.

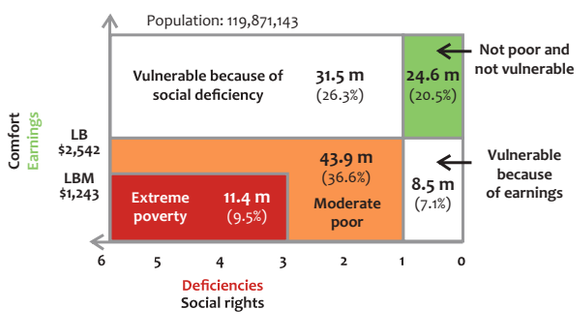
As can be noticed in the following figure, the first bar at the left represents people having all six basic human rights unfulfilled, while the one at the far right is for those with all six rights fulfilled. The percentage marked in red is for the people earning less than MX $1243 monthly. It is clear that those with guaranteed home, basic public services, health, social security, and education, have greater opportunities of a higher wage.

People in the left bar, with no basic human right fulfilled, have a high percentage under the basic comfort wage. Therefore, there is a relation between having basic human rights fulfilled and being able to attain a decent earning. That is why the crusade is planned to work actively towards the development of the population.

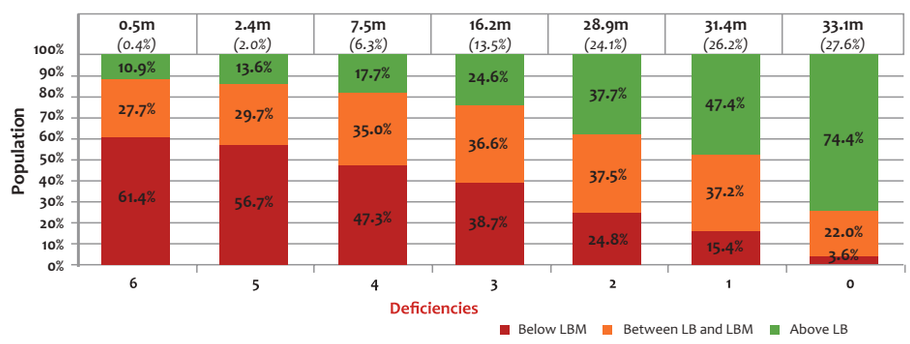
The national campaign works by coordinating several institutions. First of all, it was asked to each institution to identify precisely the people in a situation of extreme poverty, since otherwise resources cannot be properly directed. At the beginning of our office, we had the data from INEGI informing about 7 million people in such condition, but we did not know who these people were, not even their names.

A big problem with public resources is the fact that they are already

1. Diagnostic: Population according to poverty indicator



Change in the price of basic products	Change in population below LBM	Change in population below LB
+1%	507,616	523,202
-1%	-388,220	-624,737
+2%	990,148	1,124,719
-2%	-836,478	-1,268,464



assigned to a different sector of the population. Therefore, in order to give to those in a situation of extreme poverty, we must necessarily take from other sectors. The proper way of acquiring the said resources is to take them away from other programs, which should not be so important, and from tax evaders. On the other hand, we undertook a census by going door by door in the most remote areas. We visited 30,000 localities which had not been visited before, which allowed us to precisely identify 6,600,000 people from the 7 million mentioned above.

Our main challenge today is to direct resources to that sector of the population. It is very important to support education in the poorest areas, where we have the greatest number of school failure, desertion, and non-attendance. An interesting example is that of PROSPERA Program, which gave scholarships to children but excluded those from high-marginalized areas, since the requirements to obtain the scholarship were to attend school and visit the clinic regularly. Therefore, children living in communities without a clinic could not get the benefit, not by their own fault or that of their families, but because of the state's inefficacy.

Regarding this case, we have taken two important steps. To begin with, we have requested Ministry of Health to set operating clinics wherever needed, in the frame of the Campaign for the Reduction of Hunger. Moreover, in case Ministry of Health is not able to fulfill the need, we have removed such requisite for obtaining the scholarship. From 2016 onward, PROSPERA Program will not require regular visits to a clinic in order to grant the scholarship, so children in a situation of extreme poverty will be able to get the benefit.

The following table shows the percentage of people in a situation of extreme poverty and undernourishment, subject to educational backwardness, who are accurately identified (including name). As can be seen, they are almost 2 million. In the case of people over 65 years of age subject to educational backwardness, from all sectors of the population (not only those in a situation of extreme poverty), we have that 5.5 million of them have not completed elementary education. Among them, 12,000 complete the said level each year, which means that the problem would be solved in 400 years.

POPULATION IN A SITUATION OF EXTREME POVERTY, SUBJECT TO EDUCATIONAL BACKWARDNESS	
Age category	**Number of people**
Children (age 0-11)	252,126
Youngsters (age 12-29)	561,386
Adults (age 30-64)	897,251
Third age (age 65 or more)	223,282
Total	1,934,045

Source: Dirección General de Geoestadística y Padrones de Beneficiarios. Dirección General Adjunta de Estadística. Data as per September 9th, 2015.

Within the frame of the crusade we have tried to modify the current model. Since it operates by coordinating institutions, we have created inter-institutional groups to address the issue. Of course we are concerned about the over 223,000 in a situation of extreme poverty, but we must provide a solution for all 5.5 million people of the third age subject to educational backwardness.

There are two main issues here. One of them is the difficulty for INEA to reach people of such age category. Here we need the support of institutions which naturally have contact with people of the third age, like SEDESOL, INAPAM, ISSSTE, and IMSS.

All institutions must assume the responsibility of solving the problem of educational backwardness. We have settled plans for inter-institutional cooperation with DICONSA in shops and stores, LICONSA in milk depots, and PROSPERA with the adult population it covers. We will apply tests, set operating locations, connect people, and cope more people.

The second issue is the educational model itself. We must offer useful and appealing education. The fact that only 12,000 people of 65 or more years of age complete elementary education each year, clearly shows that what we offer is not interesting to them, it is not useful, important, or significant for their lives. Therefore, they abandon or do not even start their studies. INEA is currently working on a new model which includes useful information, so that people of the third age become interested in studying.

In short, Mexican Government must focus on directing resources to the population in greater need, not in following a "marketing" logic which generates much applause and recognition, since the people attending functions and meetings are not necessarily the ones we must focus in. It is a great step ahead to have identified individually the people to which resources should be directed, but we must still modify operation methods and programs for the benefits to actually reach that sector of the population.

I will show another interesting example: SEDESOL has a program regarding support to small children. The program works as follows: Children up to 4 years of age are received and taken care of in houses belonging to their own community, and the people in charge of them are given economic support for each children under their care. However, under such a model, 3-4 years-old children do not attend preschool education. Therefore SEDESOL was giving money for children not to attend school, was using resources exactly to keep those children in a situation of educational backwardness. The crusade is focusing in modifying the inertia affecting support programs and resources' distribution, which leads to this kind of contradictions.

It is important to notice that the challenges are for everyone, including society itself. Those the government can address are well identified by now, mainly regarding the modification of operation rules and programs, as well as an improvement in resources' distribution and inter-institutional coordination. This kind of problems is not confined to rural areas, since 60-70% of the affected population live in urban areas; those problems will be solved through innovation and education. Regarding income, the main strategies being implemented consist in improving skills to do a better work, to change the kind of activity if not fit for the person, and to add a second source of income to the one the person is currently engaged in.

In all these areas of extreme poverty, both rural and urban, a permanent work on reflection, analysis, and sustainable development is

thoroughly needed. This has to do with culture and innovation. Another important issue is that of health services, urgently needed in such areas, as well as the reduction of pollution and the way to manage waste. All those difficulties must be solved by a joint work between society and educational institutions.

Moreover, we have the problem of the lack of basic services, like access to tap water, electric network, and drain network. Here we need specific solutions according to the place where these people live, be it by their choice or, mostly, because society has pushed them to settle there.

As a conclusion, I will say that it is necessary to modify the way government institutions have been applying social development strategies. We need to focus efforts properly, to work on inter-institutional coordination and, mainly, to identify the existing problems in order to be able to solve them.*

** Transcription*

Panel I

Development of Science Education: Changing Paradigms for Education in the Twenty-First Century

Key note speaker:
Wynne Harlen

Panellists:
Yves Quéré
Katherine Blanchard

Moderator:
Sylvia Schmelkes

Key note speaker:

Wynne Harlen

University of Bristol

Meeting the challenges of implementing IBSE

After nearly two decades of endeavour to disseminate the practice of learning science through inquiry, we are well aware of the challenges faced in this effort. Our determination to meet these challenges is founded on the conviction that Inquiry-based science Education (IBSE) has the potential to lead to the scientific understanding, competences and attitudes that are needed by everyone in increasingly technology-based societies. To have a basic understanding of key scientific ideas and of how scientific understanding is generated brings benefits to everyone as individuals and as members of society.

The conviction that IBSE is the best way to provide this understanding is under-pinned by arguments based on knowledge of how people learn and how learning is best supported, and by a growing body of empirical evidence. As we develop greater understanding of learning, including changes in the brain that are associates with learning, and better ways of assessing understanding and skills, the case of learning through inquiry is strengthened. To support this claim we take a brief look at inquiry in theory and in practice.

A model of developing understanding through inquiry

Inquiry embodies a constructivist view of learning in which learners develop understanding through their own actions, thinking and reasoning. The process begins when students try to make sense of new experiences or answer questions about how things work. The first thing that we all do in such circumstances is to start from ideas we already have, creating a hypothesis that an existing idea may provide the answer, as represented in Figure 1.

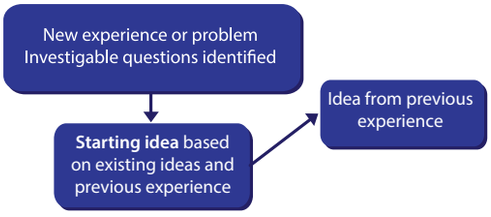


Figure 1: Linking an existing idea to explain a new experience

When working scientifically, students then proceed to see how useful the chosen existing idea is by making a prediction based on the hypothesis. To test the prediction new data about the phenomenon or problem are gathered, then analysed and the outcome used as evidence to compare with the predicted result. This is the 'prediction ---> plan and conduct investigation ---> interpret data' sequence in Figure 2. More than one prediction and test is desirable and so this sequence may be repeated several times.

Figure 3 completes the process of building understanding through

collecting evidence to test possible explanations and the ideas behind them in a scientific manner. From the results of testing predictions a tentative conclusion can be drawn about the initial idea. If it gives a good explanation then the existing idea is not only confirmed, but becomes more powerful –'bigger'– because it then explains a wider range of phenomena. Even if it doesn't 'work' and an alternative idea has to be tried (one of the alternative ideas in Figure 3), the experience has helped to refine the idea. Knowing what doesn't work is as important as knowing what does (Harlen, 2015).

Repeating the cycle of processes in Figure 3 when questions are raised by further experience gradually broadens the emerging ideas, leading to ones that apply to a range of different objects and situations. Thus through their inquiry students learn something about particular content, but more importantly they develop understanding of similar events by linking together past and new experiences.

Inquiry in practice

When students are involved in inquiry they will be working on questions or problems that they have identified as important to them, and to which they do not already know the answer. Depending on the nature of the question, in attempting to solve it or understand a phenomenon, they will be undertaking some or all of the practices indicated by the arrows in Figure 3. That is,

- Making predictions based on their pre-existing ideas
- Taking part in planning and conducting an investigation to test their predictions
- Gathering data from appropriate sources, including measuring and using secondary sources
- Interpreting their results by comparing with their predictions
- Drawing conclusions about the initial question or problem
- Proposing explanations for their results
- Working collaboratively with others,

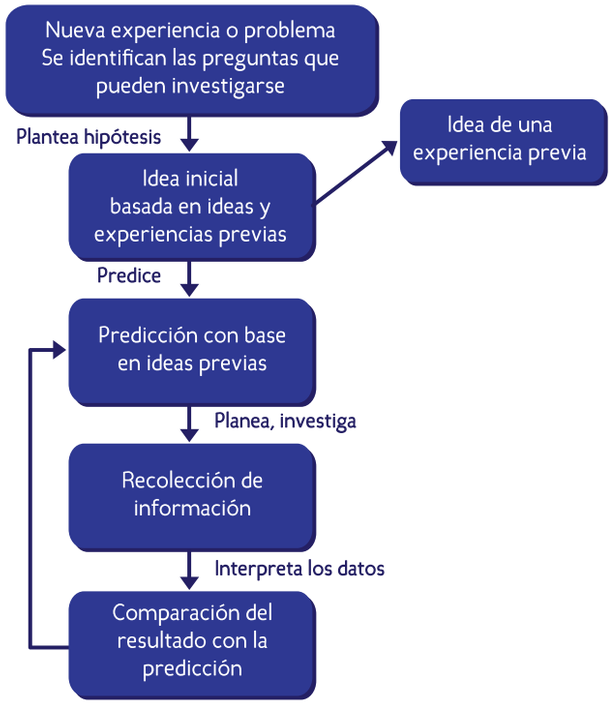


Figura 2: *Poner a prueba la predicción*

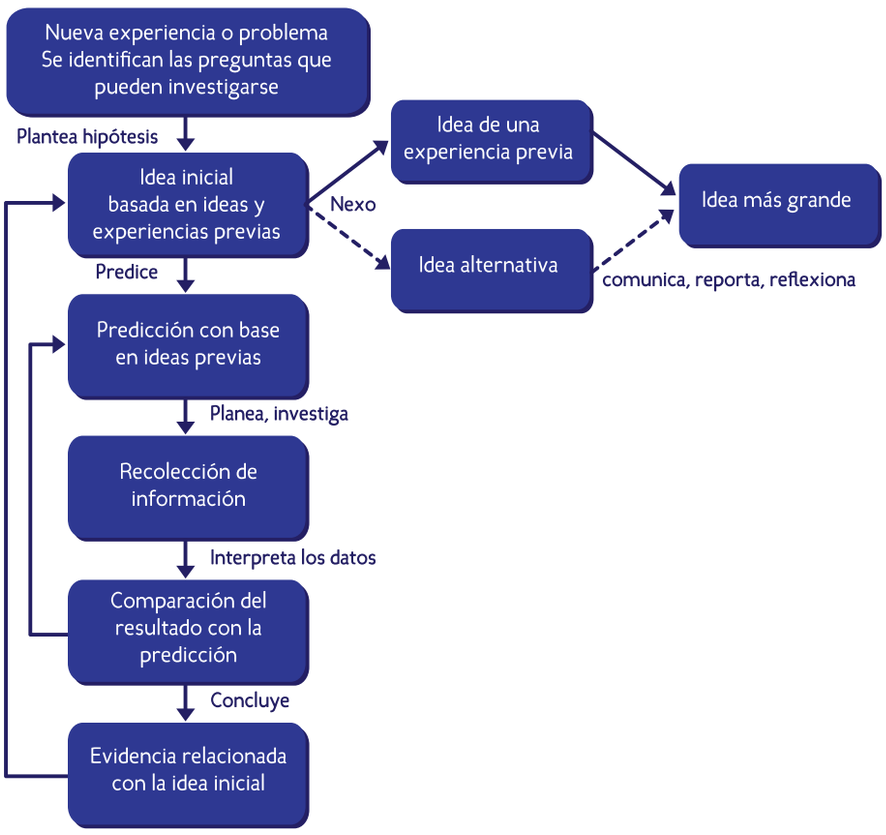


Figura 3: *Un modelo del proceso de indagación (Figura 2 de Trabajando con las grandes ideas de la Educación en Ciencias, 2015)*

sharing and discussing others' ideas.

Working in this way brings benefits for students which are not obtained in other ways, such as:

- enjoyment and satisfaction in finding out for themselves something that they want to know
- seeing for themselves what works rather than just being told
- satisfying and at the same time stimulating curiosity about the world around them
- developing progressively more powerful ideas about the world around
- developing the skills needed in scientific inquiry through participation in it
- realising that learning science involves discussion and working with and learning from others, directly or through written sources
- understanding science as being the result of human endeavour.

In order for students to have these benefits, there are corresponding implications for teachers. Not only do they need to provide materials and equipment and other resources, organise the space and time for students to undertake inquiries, and encourage students to collaborate, communicate and discuss, but there are specific aspects of practice required to promote learning through inquiry. These include

- asking the kind of questions that require students to express their existing ideas
- encouraging students to ask questions
- helping them to formulate their ideas clearly
- asking for predictions
- ensuring that students take part in planning investigations, with appropriate help
- providing a supporting structure for recording and checking their findings
- requiring students to compare what they find with what they predicted or expected and with what others have found
- encouraging students to draw conclusions and try to explain what they have found
- providing time to reflect on what they have found and done.

In addition, as we see later in discussing formative assessment, teachers help students to understand the goals of their work, provide feedback that helps students towards these goals and enable them to take part in self-assessment.

The challenge of change

As soon as we begin to describe inquiry and then to set out what it means for the experience of students and the practice of teachers, it becomes evident that it is time-consuming and requires pedagogic skills that a significantly different from those used in traditional science classrooms. Considerable changes are thus required.

Making changes in the existing patterns of practices and student experiences has to take into consideration the interactions among the three main aspects of students' experience: pedagogy, curriculum content and assessment (Figure 4). These interactions, indicated by the arrows, acknowledge what is well known – that what we teach is influenced by how we teach, and what and how we assess influences both how and what we teach. These interactions are important, since it is no use advocating the use of inquiry-based teaching if there is an overbearing assessment (whether by testing or teachers' judgements) or a curriculum overcrowded with content. Nor can we expect students to develop responsibility for their own continued learning if teaching does not allow time for reflection and room for creativity and they perceive the curriculum content as being remote from their interests and experience.

There are, of course, many other influences on students' experience at school – from teachers' subject knowledge to class size – but here we can do no more than acknowledge these other influences whilst focusing on the impact of curriculum content and assessment on inquiry-based pedagogy.

In many countries, developed and developing alike, we see obstacles to implementing inquiry-based science education in the demands of the curriculum and the procedures of student assessment:

- A curriculum that is over-crowded and over-specified and expressed as a series of theories and facts which are not perceived by students or teachers as having relevance to students' interest and experiences.
- Assessment that is dominated by frequent tests, which are heavily biased in favour of knowledge of facts, encouraging the teaching of disconnected facts and dis

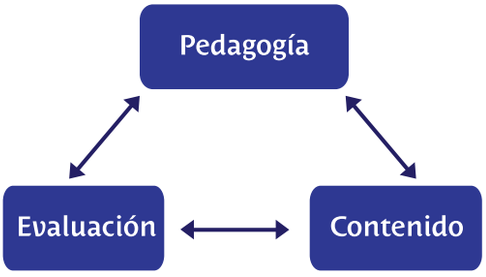


Figure 4

courage inquiry-based learning.

As a result, students perceive science as a series of disconnected facts to be learned in order to pass examinations. The changes needed in these two aspects are considered in the next sections.

Curriculum content

As we have noted, inquiry provides the opportunity for learning with understanding, but it is time consuming. This makes it essential to spend precious learning time on the most worthwhile and important ideas. These are the ideas that are needed by everyone in a world of rapid change, for example, in the use of digital technologies in daily life, the world of work, globalisation, and for tackling issues relating to climate change, health, nutrition and population growth (see Harlen (2015) Working with Big Ideas of Science Education Section 1).

Part of the solution to the problem of curriculum overload is to conceive the goals of science education, not in terms of knowledge of a body of facts and theories, but as a progression towards key ideas – described as 'big' ideas because they explain a range of related phenomena. This was the conclusion of the international group of science educators, scientists and engineers who have considered this problem in depth (Harlen 2010, 2015). In deciding what these ideas may be the group adopted the following criteria for selection, that big ideas should:

- have explanatory power in relation to a large number of objects, events and phenomena that are encountered by students in their lives during and after their school years
- provide a basis for understanding issues, such as the use of energy, involved in making decisions that affect learners' own and others' health and wellbeing and the environment
- lead to enjoyment and satisfaction in being able to answer or find answers to the kinds of questions that people ask about themselves and the natural world
- have cultural significance – for instance in affecting views of the human condition – reflecting achievements in the history of science, inspiration from the study of nature and the impacts of human activity on the environment.

Many ideas would meet these criteria and no claim is made for the primacy of the selection of ten ideas of science and four ideas about science that the group identified. As with any other selection, it depends on the informed judgement and experience of the group making it. However it was felt important that the number of ideas selected should be small and should be expressed as a progression of changing ideas over the course of students' school experience. The brief titles of the ideas identified as meeting these criteria and being consistent with the principles set out in Section 2 of Working with Big Ideas of Science Education, are as follows:

Ideas of science:

1. All matter in the Universe is made of very small particles.
2. Objects can affect other objects at a distance.
3. Changing the movement of an object requires a net force to be acting on it.
4. The total amount of energy in the Universe is always the same but can be transferred from one energy store to another during an event.
5. The composition of the Earth and its atmosphere and the processes occurring within them shape the Earth's surface and its climate.
6. Our solar system is a very small part of one of billions of galaxies in the Universe.
7. Organisms are organised on a cellular basis and have a finite life span.
8. Organisms require a supply of energy and materials for which they often depend on, or compete with, other organisms.
9. Genetic information is passed down from one generation of organisms to another.
10. The diversity of organisms, living and extinct, is the results of evolution.

Ideas about science:

11. Science is about finding the cause or causes of phenomena in the natural world.
12. Scientific explanations, theories and models are those that best fit the evidence available at a particular time.
13. The knowledge produced by science is used in engineering and technologies to create products.
14. Applications of science often have ethical, social, economic and political implications.

Of course these statements are merely the titles of complex ideas that cannot be taught directly. They are the culmination of a gradual and progressive process continuing throughout formal education and beyond. In order to describe this process, but without dictating a rigid hierarchy of concepts to be developed, the approach used is to provide a narrative – a description

in prose – of the smaller ideas that build into the big idea. The narrative fills in some ideas that are formed in the progress from initial ideas to the broad, more abstract ones that enable understanding of objects, phenomena and relationships in the natural world (ideas 1–10) and understanding of ideas about science (ideas 11–14).

Under each heading, where applicable, the narrative begins with the small and contextualised ideas that students in the primary or elementary school will be able to grasp through appropriate activities and with support. These are followed by ideas that lower secondary school students can develop as their increasing capacity for abstract thinking enables them to see connections between events or phenomena. As exploration of the natural world extends in later secondary education, further identification of patterns and links enables students to understand relationships and models that can be used in making sense of a wide range of new and previous experiences.

Figure 5 is an example of a narrative, in this case for big idea 8. The bar along the side of the narrative indicates the general range of ideas appropriate for different stages of schooling (described in terms of ages because there is so much variety in the way that phases of education are described in different countries), using deliberately overlapping ranges since it is not intended to identify hard boundaries between what is appropriate at various ages.

It is important to allow for diversity in the paths of cognitive development of individual students and for differences among ideas. For some ideas, a clear set of steps may be usefully identified; for others, how small ideas fit together may have more in common with fitting pieces in a jigsaw puzzle than with climbing a ladder. What is important is the general direction of progress towards useful explanatory frameworks built on sound understanding at each stage. The ideas developed at all stages should be seen as contributing to this ongoing development, moving a little further towards the big idea in the way suggested by the model of developing understanding in Figures 1, 2 and 3.

Assessment of students' learning

Figure 4 indicated the influence that assessment has not only on what is taught but on how it is taught. The obstacles to implementing inquiry-based learning caused when assessment is dominated by tests requiring memorisation of multiple facts, are well known. So rather than reiterate the negative impacts of assessment, let us consider how assessment can support teaching and learning through inquiry and the development of understanding of big ideas.

Assessment serves two important purposes:

- to provide feedback that helps teachers to regulate teaching and students to direct their efforts more effectively (formative assessment);
- to keep track of students' progress towards the various goals of science education (summative assessment).

These are two different but equally important purposes for which assessment is used, not different forms of assessment. It is the use made of the data about learning that makes assessment data formative or summative, not the type of data and not only when or how it is gathered.
In formative assessment, information about students' ideas and skills is collected and used in deciding how to help students to achieve the goals of the particular lesson or group of lessons on a topic. Figure 6 represents this as a cyclic, on-going, process that involves the gathering and interpretation of evidence to decide appropriate next steps. It enables teachers to provide feedback to students on how to take their next steps and gives information enabling teachers to adjust the pace and challenges they provide so that their

activities are neither too advanced for students to undertake nor too simple to be engaging.

Formative assessment and inquiry-based learning are both based on the same view of learning that emphasises the role of students in constructing their own understanding. Formative assessment supports the development of the skills and ideas that are involved in learning through inquiry and indeed research shows that it has a positive impact on learning outcomes. For example, in their review of research on classroom assessment, Black and Wiliam (1998) found that implementing formative assessment can raise the level of student achievement to an extent greater than other interventions. Moreover, whilst all students benefit, the gain is greater for lower achieving students, thus reducing the gap between the higher and lower achieving students.

Summative assessment, in contrast with formative assessment, is not intended to have a direct impact on learning as it takes place. However, it can be used to help learning in a less direct way, for example, in providing an account of what has been learned for reporting to parents and informing their next teachers when students move from class to class.

8 Los organismos necesitan un suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos

Los alimentos proporcionan a los organismos los materiales y la energía necesarios para realizar las funciones básicas de la vida y crecer. Las plantas verdes y algunas bacterias pueden utilizar la energía del Sol para generar moléculas alimenticias complejas. Los animales obtienen energía fragmentando las moléculas alimenticias complejas y dependen de las plantas verdes como fuente de energía. En cualquier ecosistema existe competencia entre las especies por los recursos energéticos y materiales que necesitan para vivir y reproducirse.

5-7

Todos los seres vivientes necesitan alimento como fuente de energía además del aire, agua y ciertas condiciones de temperatura. Las plantas que contienen clorofila pueden usar la luz del sol para elaborar los alimentos que necesitan y almacenar lo que no usen inmediatamente. Los animales necesitan alimentos que puedan degradar y que obtienen directamente consumiendo plantas (herbívoros) o consumiendo otros animales (carnívoros) que a su vez han ingerido plantas u otros animales. A final de cuentas, los animales dependen de las plantas para sobrevivir. Las relaciones entre los organismos se pueden representar como cadenas alimentarias y redes tróficas.

7-11

Además de consumirlas como alimento, algunos animales dependen de las plantas para otras cosas. Por ejemplo, para refugio y, en el caso de los humanos, vestido y combustible. Las plantas a su vez, dependen de los animales de diversas maneras. Por ejemplo, muchas plantas que florecen dependen de los insectos para polinizarse y de otros animales para dispersar sus semillas.

11-14

Los organismos interdependientes que viven juntos en un ambiente con condiciones particulares forman un ecosistema. En un ecosistema estable se encuentran los productores de alimento (las plantas), los consumidores (los animales) y los descomponedores (las bacterias y hongos que se alimentan de los productos de desecho y de los organismos muertos). Los descomponedores producen materiales que ayudan a las plantas a crecer, de manera que se reutilizan las moléculas de los organismos constantemente. Al mismo tiempo, los recursos energéticos pasan a través del ecosistema. Cuando los organismos usan los alimentos para sus procesos de vida se disipa algo de energía en forma de calor, pero la reemplaza la radiación solar en el ecosistema que sirve para producir alimento vegetal.

En todo ecosistema existe competencia entre las especies por los recursos energéticos y los materiales necesarios para vivir. La persistencia de un ecosistema dependerá de que estos recursos energéticos y materiales estén continuamente disponibles. Las especies vegetales cuentan con adaptaciones para obtener el agua, luz, minerales y el espacio que necesitan para crecer y reproducirse en lugares caracterizados por sus condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas. Si estas condiciones varían, las poblaciones vegetales pueden cambiar dando como resultado a su vez un cambio en las poblaciones animales.

14-17

La actividad humana que controla el crecimiento de ciertas plantas y animales cambia al ecosistema. La silvicultura que favorece el desarrollo de ciertos árboles sobre otros, elimina el alimento vegetal de ciertos animales reduciendo la diversidad de especies dependientes de estas plantas y de otros organismos en la cadena alimentaria. La agricultura moderna está diseñada para reducir la biodiversidad al crear condiciones apropiadas para ciertos animales y plantas con objeto de alimentar a la población humana. El uso extendido de pesticidas para preservar una clase de cultivo tiene efectos amplios sobre los insectos polinizadores de los que dependen muchas otras plantas. La actividad humana de esta clase crea un ecosistema simple y no natural que limita la biodiversidad dando lugar a la pérdida de paisajes y vida silvestre de valor cultural.

Figura 5: *Narrativa para la gran idea 8*

Figure 6 Formative assessment as a cyclic process

Summative assessment differs from formative assessment in some other important ways. It provides a summary report of learning at certain times, such as the end of a course or stage of learning. It therefore relates to learning over a much longer period of time, such as a year or semester and evidence of learning during that time is judged against longer term goals, not the goals of particular lessons or group of lessons as in the case of formative assessment. Furthermore the results of summative assessment are used in various ways, whereas formative assessment has one main use, which is to help learning.

Evidence of learning can be gathered for summative assessment in a variety of ways: by administering tests or examinations; by summarising observations and records kept during the time over which learning is being reported; creating a portfolio of work; embedding special tasks in regular activities; computer-based tasks; or some combination of these. In many cases the use of tests is the chosen method, on the grounds that it provides the same opportunities for all students to show what they can do. However, providing the same tasks or questions is not the same as providing equal opportunities for all students. There are also severe problems in creating tests of inquiry skills and conceptual understanding. For a discussion of these problems, the reader is referred to the IAP publication Assessment and Inquiry-Based Science Education (Harlen, 2013). Here we turn to alternatives to using tests, in particular the potential for using evidence gathered in formative assessment for the purpose of summative assessment.

Using formative evidence or summative assessment

Valid summative assessment of inquiry skills and conceptual understanding requires evidence that is gathered when students

are actually involved in undertaking inquiry. Clearly inquiry-based classroom science activities provide this opportunity for assessment and indeed teachers are already collecting relevant evidence of learning for their formative assessment. The arrow added to Figure 6 to produce Figure 7 suggests that this can be accumulated over time and used for summative assessment. The accumulated evidence – collected perhaps in a portfolio of 'best work', or a computer file – is scanned and judged against the longer-term goals relating to the period of reporting achievement.

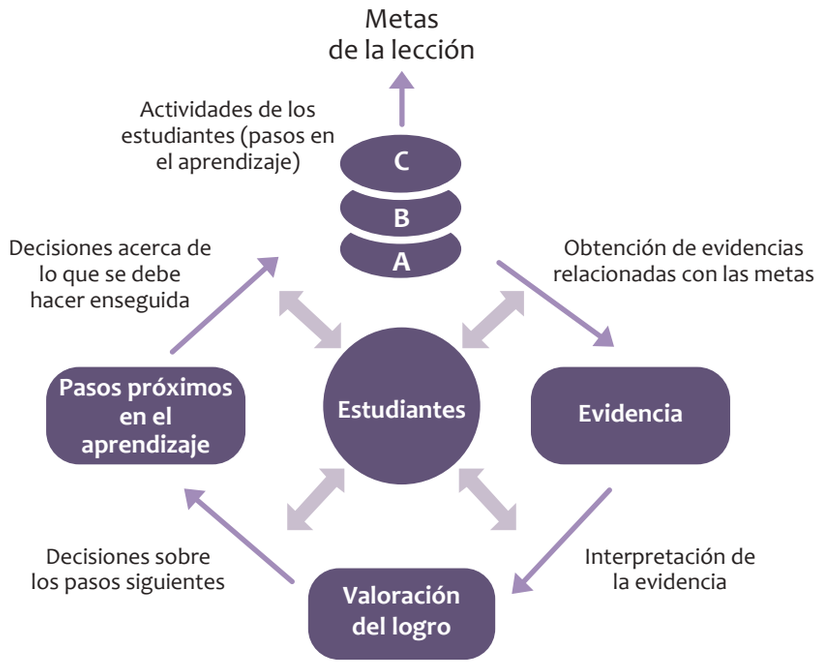


Figura 6: *La evaluación formativa como un proceso cíclico*

There are clear advantages in terms of the validity of the results in using information gathered during regular activities. It enables information about the full range of skills and ideas that are developed over a period of time to be included in the summative assessment. The whole curriculum can in theory be assessed, thus eliminating the narrowing effect of a special focus on those parts included in a test. Further, students are not subject to the anxiety that accompanies tests and which can affect the outcome, reducing validity.

However, there is a commonly held view that teachers' judgments provide unreliable results. This can be the case when no steps are taken to assure quality. There are, however, several effective ways in which reliability can be improved to equal and even exceed that of tests (described in Harlen, 2013) and judgement of the accumulated information can be shared by teachers, a process which has considerable value as professional development in assessment practice.*

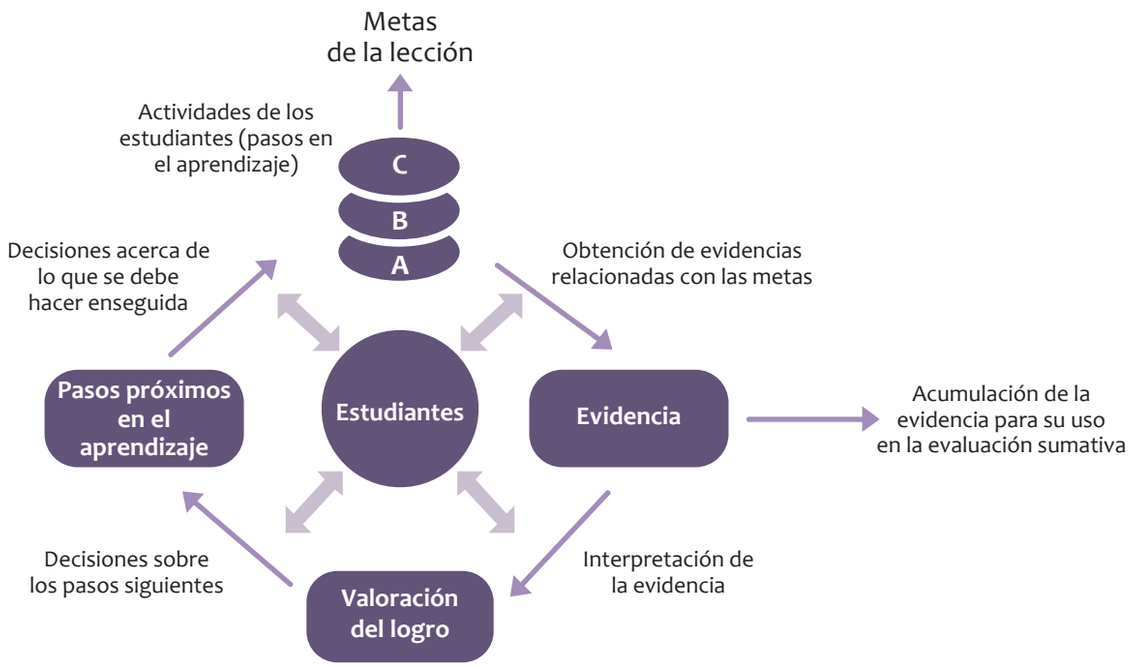


Figura 7: *Acumular evidencia de la evaluación formativa*

** Document for the presentation*

REFERENCES

REFERENCES

- Harlen, W. (2013) Assessment and Inquiry-based Science Education: Issues in Policy and Practice, IAP Science Education Programme.
Available in French, Spanish and English for download:
http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245 (English)
http://www.interacademies.net/Activities/Projects/12250/18276/22676.aspx (French)
http://www.interacademies.net/ProjectsAndActivities/Projects/12250/18276/22678.aspx (Spanish)

- Harlen, W. (Ed) (2010) Principles and Big ideas of Science Education con contribuciones de Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell y Wei Yu. Published by the Association for Science Education, 2010. ISBN 978 0 86357 4 313.

- Harlen, W. (Ed) (2015) Working with Big Ideas of Science Education. Trieste: IAP Science Education Programme. Available for download in English, Spanish and several translations.
http://www.interacademies.net/publications/26703.aspx (English)
http://www.interacademies.net/Publications/27786.aspx (Spanish)
http://www.interacademies.net/Publications/28119.aspx (French)

- Black, P. y Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning, Assessment in Education, 5 (1) 7-74

Panellist:

Yves Quéré

La main à la pâte Foundation

Es fácil predecir que durante el siglo XXI, todos los campos de la educación se verán cada vez más influidos, por no decir invadidos, por los procesos electrónicos. Esto abre una perspectiva muy positiva para diseminar conocimientos (y cultura, posiblemente) en un amplio sector de la población mundial. En esta "era digital", es claro que se desarrollarán estrategias nuevas que multiplicarán las posibilidades y modificarán los procedimientos en el ámbito de la educación global.

Es posible que los beneficios sean enormes, pero hay un elemento importante que debe introducirse de manera inmediata en los debates acerca de la educación del futuro: existe el riesgo de una abstracción siempre creciente, de que las pantallas reemplacen poco a poco, no sólo el diálogo con un profesor "real", su voz, sus convicciones, su pasión, su empatía, su sentido del humor… en breve, su densidad humana, sino también el contacto con la realidad de la naturaleza.

Las ciencias naturales están en la línea de batalla de este conflicto posible entre la naturaleza concreta del mundo y lo virtual de las imágenes (y los discursos) que supuestamente la representan. Paradójicamente, puede decirse que conforme se expande el aprendizaje utilizando medios electrónicos, mayor énfasis debe hacerse en enseñar a los niños la ciencia de una manera concreta, para equilibrar la posible, si no es que probable, expansión de una visión virtual de la naturaleza. Esto implica la necesidad de desarrollar tanto como sea posible la enseñanza de la ciencia de manera más concreta (cuando menos con los niños), como se ha hecho durante los últimos 20 años bajo los nombres *"Hands-on"* ("Actividades Prácticas"), *"La main à la pâte"* (lamap; "Las manos en la masa"), "Pequeños científicos", *"Learning by doing"* ("Aprender haciendo") y, de manera más general recientemente, "Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación" (ECBI).

Antes de describir **cómo** (Parte **2**) debemos adentrar a los niños en la ciencia durante el siglo XXI (y los que lo precedieron), uno debe considerar **por qué** (Parte **1**) deberíamos hacerlo; después (Parte **3**) hay que mencionar algunos de los **ingredientes** que pueden contribuir, en un país dado, a la expansión de una renovación de la enseñanza de la ciencia, a partir del ejemplo de lo que se hizo en Francia (*Lamap*) bajo el liderazgo de **Georges Charpak**, Premio Nobel de Física en 1992; a continuación (Parte **4**) debemos subrayar el consenso **mundial** en cuanto a la necesidad de que los niños conozcan la ciencia de manera concreta; finalmente (Parte **5**), corresponde mencionar algunas de las **dificultades**, de los obstáculos posibles, que aparecen durante la difusión de ECBI prácticamente en cualquier lugar.

1. Hay una primera respuesta al por qué, que puede calificarse de lugar común: debemos familiarizar a los niños con el mundo que nos rodea tan pronto como sea posible. Cabe recordar la emocionante anécdota

de **Tilly Smith**, una niña de 10 años que vivía en Surrey, quien le salvó la vida a alrededor de 100 personas mientras estaba sentada en una playa de Tailandia, el fatídico 26 de diciembre de 2004. Al ver que el mar retrocedía, avisó a todos que debían retirarse. Ella sabía que se estaba acercando un tsunami porque lo había aprendido en la clase de ciencias, unos meses antes.

La segunda respuesta es aún más importante: se espera que la educación científica contribuya de manera significativa a formar, o a entrenar, nuestra mente.

i) Estimula, por un lado, la curiosidad, una palabra (procedente del latín *cura*) relacionada con la empatía mediante la cual "nos hacemos cargo" de lo que nos rodea, una palabra que por lo tanto tiene un matiz ecológico; por otro lado, estimula la imaginación: la facultad para crear *imágenes* de lo que no podemos ver.

ii) Nos hace tomar conciencia del difícil concepto de *verdad* en un mundo invadido por un relativismo rampante *"Tout est relatif! A chacun sa verité!"* ("¡Todo es relativo! ¡Cada quien tiene su propia verdad!).

iii) Al mismo tiempo, nos recuerda que no sabemos todo. El enunciado fundamental de la ciencia es "no sé" (a lo que tenemos que añadir "...pero me gustaría saber"), lo que implica cierta *modestia* en nuestro comportamiento y, posiblemente, despierte en el niño el deseo de averiguar y de convertirse en un científico.

iv) Mediante objetos simples adecuados para el efecto, muestra al niño el problema esencial de la separación de los parámetros en un problema complejo, como los que encontrará frecuentemente durante su vida adulta (conflictos, clima…).

v) Finalmente, junto con la matemática, fomenta el pensamiento lógico y racional en nuestro cerebro y, en particular, en nuestro lenguaje.

2. En lo que se refiere al cómo, la respuesta es casi unánime: en la medida de lo posible, los niños deben aprender ciencia realizando experimentos científicos y no mirando un pizarrón, un libro ni una pantalla. De manera ideal, esto significa que el profesor organizará sus clases de acuerdo con la secuencia siguiente:

i) Empezar con la pregunta de algún niño acerca de algún objeto o fenómeno que haya encontrado pero que no conoce o no entiende.

ii) Redirigir la pregunta a otro niño ("¿Cuál es tu opinión sobre esa pregunta? ¿Cuál sería tu respuesta?"), Incitando a los alumnos a que expresen sus hipótesis, y aceptándolas por muy ingenuas que sean.

iii) Implementar un experimento que sea sencillo y perfectamente comprensible. Montarlo en mesas pequeñas donde los niños trabajen por equipos, utilizando tanto sus sentidos como su cerebro, tratando de interpretar los resultados como lo harían durante una investigación. De esta manera se obtendrá (en principio) la respuesta a la pregunta original.

iv) Para terminar, pero no carente de importancia, pedir a los estudiantes que escriban un recuento de la pequeña aventura manual e intelectual que acaban de vivir. Esto implica un esfuerzo por seleccionar las palabras correctas (no "árbol", sino "ciprés", "pino", "abeto"…) y por construir oraciones bien formadas; fomenta la habilidad para hablar de manera correcta y comprensible, que probablemente sea el mejor regalo que la escuela pueda ofrecerles.

3. Por supuesto que esta manera de enseñar no es nueva. Sin embargo, *Lamap* introdujo algunos ingredientes muy útiles. A continuación presento algunos de ellos:

i) Un apoyo definitivo de la *comunidad* científica.

Esto quedó claro con el voto unánime (1996) de la Academia Francesa de Ciencias apoyando las ideas de *Lamap*. El resultado es tanto paradójico como esencial.

Podría parecer paradójico que esos viejos y famosos científicos (¡hay tan pocas mujeres en las academias de todo el mundo!) hayan tomado un repentino interés en los alumnos de jardín de niños, en lugar de mantenerse enfocados en la Gran Ciencia y/o Universidades. Sin embargo, **Georges** explica de manera convincente que debemos dirigirnos precisamente a los niños: a ellos es a quienes debemos persuadir, para siempre, de que valoren y respeten la ciencia; a ellos debemos mostrarles el rigor científico y la honestidad.

Al mismo tiempo, el resultado es esencial porque muestra el interés de la comunidad científica de alto nivel en la manera de enseñar ciencia a los niños. Esto es una novedad, aunque **Marie Curie** defendiera brillantemente la misma causa un siglo atrás, enseñando ciencia a algunos niños mediante la indagación (*Leçons de Marie Curie* [lecciones de Marie Curie], EDP Ed., 2003). Hoy día, hay cientos de científicos "de alto nivel", así como miles de estudiantes universitarios e ingenieros retirados, que se dedican y se han dedicado, si bien no ha enseñar directamente a los niños, sí a apoyar a los profesores. Debemos agradecer a nuestros difuntos colegas y amigos **Jacques Friedel**, **Hubert Curien** y el Premio Nobel de Física **Pierre-Gilles de Gennes** por sus esfuerzos para encausar la votación en la dirección correcta.

ii) La creación de una *página web* por parte de la *Academia*, dirigida a los profesores de todo el país, donde se proponen cientos de experimentos y explicaciones. También se pide a los usuarios que envíen sus propias ideas y comprensiones, para que sean diseminadas por el país (después de ser revisadas) con su firma, lo que equivale a una publicación, con traducciones parciales al árabe, al chino, al portugués, al español, al vietnamita…

iii) La creación de *centros piloto* en provincia, localizados en ciudades de tamaño mediano, desde los cuales se difunden los principios de *Lamap* por toda la región.

iv) Varias sesiones de entrenamiento para los docentes, haciendo mención especial a la *Fondation des Treilles* (originada por Schlumberger), que les ha dado la bienvenida. También la escritura de muchos libros, la mayoría de los cuales ha sido traducida a varias lenguas de manera gratuita.

v) La creación de un *premio* especial que otorga la Academia a las escuelas que hayan realizado lecciones de ciencia excelentes. Los premios se entregan en la *Academia* misma a profesores y alumnos, en presencia del Ministro de Educación. Se otorgan alrededor de diez premios cada año, y los niños (de entre cuatro y diez años de edad) se muestran felices de estar presentes en compañía de su profesor.

vi) De manera más reciente, la creación de la *Fundación Lamap* (www.fondation-lamap.org/), que reúne a unos 20 científicos y/o profesores de tiempo completo (director: **David Jasmin**) y está patrocinada por el Estado y por empresas privadas. La misión de la fundación es difundir los principios de *Lamap* en provincia a través de varias *Maisons pour la science* (Casas de ciencia), íntimamente relacionadas con el Ministerio de Educación. Estas casas, situadas en Estrasburgo, Orleans, Nancy, Burdeos, Rennes, Lille, Tolouse y Grenoble, organizan una gran cantidad de sesiones de entrenamiento para maestros de escuela. Se relacionan directamente con las universidades y las empresas locales.

4. De forma paralela, desde 1998 recibimos el invaluable regalo de la difusión internacional de dichas ideas. Siendo en ese tiempo secretario del exterior de la *Academia*, pude comparar nuestros problemas con los de otras academias y otros países. Inesperadamente, descubrí que en muchos casos la preocupación sobre la enseñanza de la ciencia, así como las premisas y los objetivos, eran idénticos a los nuestros. Se instauró así el *Inter Academy Panel* (Panel Interacadémico; IAP, ahora una asociación), que reúne academias de ciencias de todo el mundo. Sus presidentes han sido **Jorge Allende** de Chile, **Pierre Léna** de Francia y **Dato Lee Yee Chong** de Malasia. Yo fui vicepresidente de 2000 a 2006.

Esto marcó el inicio de una emocionante serie de encuentros, sesiones, conferencias, visitas a escuelas… Donde participaron países y regiones tan disímiles como

Australia, Camboya, Chile, China, países europeos, Japón, América Latina, Madagascar, Malasia, Mali, Sudáfrica, Togo, Túnez, Estados Unidos… de quienes recibimos por lo menos tanto como dimos y, de hecho, aún más. Estaba cobrando vida una suerte de "colegio invisible" a nivel mundial, con el nombre de ECBI (Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación), que apoya de manera casi unánime la forma de enseñar ciencia, facilitada por dos principios universales: por un lado, la naturaleza de la ciencia (sería muy difícil instaurar un "colegio" similar para gramática o historia), por otra parte, la naturaleza de los niños, cuya curiosidad es la misma en todos lados. Lo primero es obvio, lo segundo queda claro cuando uno visita escuelas en Colombia, Indonesia o Dinamarca: el deseo de los niños por aprender, la felicidad experimentada al entender algo, el ingenio, la apertura hacia la naturaleza y hacia la gente, son idénticos en cualquier lugar. También queda claro si organizamos una medición del radio terrestre siguiendo el método de Eratóstenes, el 21 de junio, con niños procedentes de unos 30 países distintos.

5. ¿Por qué, bajo estas condiciones favorables, no se está expandiendo ECBI más rápidamente a nivel global? ¿Por qué sigue estando, en muchos países, limitada a una cantidad relativamente pequeña de apóstoles entusiastas pero más o menos aislados? ¿Por qué en Francia sólo alrededor de 40% de los profesores ponen en práctica *La main à la pâte*, lo que significa que un 60% rechaza el método?

Si dejamos de lado la posición conservadora, comprensible si se quieren mantener aspectos positivos del pasado, la razón principal para oponerse a ECBI parece ser el miedo: básicamente, el miedo que tiene el docente de no poder responder una pregunta de carácter científico a los niños. Escribir en el pizarrón "El agua hierve a 100 °C" y pedir a los alumnos que "lo aprendan de memoria para mañana" no representa ningún riesgo para el profesor. Sin embargo, si se pide a los niños que lleven a cabo un experimento consistente en calentar un recipiente con agua midiendo regularmente la temperatura, y hacer una gráfica de T respecto a t (temperatura respecto al tiempo), los estudiantes se darán cuenta de que a partir de cierto momento la temperatura permanece constante, aunque se le siga aplicando calor al recipiente; en este caso, el docente puede encontrarse frente a preguntas cuya naturaleza es intrínsecamente difícil. La respuesta natural "no sé", cuando es sincera (ver **1.** iii), suele generar desprecio, a pesar de que "no sé (pero me gustaría saber)" sea el enunciado fundamental de la ciencia. Ésta es una de las razones principales de que deba haber científicos e ingenieros apoyando al docente, para responder las preguntas difíciles.

Otro problema es la dificultad para evaluar tanto la manera de enseñar (en comparación con otras) como el nivel de los alumnos en el salón de clases (¿qué tipo de exámenes deben utilizarse?). Lo primero (evaluación formativa) es necesario para mejorar progresivamente los procesos pedagógicos. Lo segundo (evaluación final) es necesario en cualquier sistema educativo y también, urgentemente, para los padres de familia. Una descripción y una discusión excelentes acerca de estos temas puede encontrarse en *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*, de Wynne Harlen, *IAP* Report, marzo de 2013. Respecto a la dificultad de una evaluación formativa, no debe olvidarse que, en la mayoría de los casos, los docentes que enseñan ciencia de acuerdo con ECBI en lugar de seguir una pedagogía tradicional, suelen ser los más dinámicos. En consecuencia, su entusiasmo, su dedicación, su empatía… pueden influir significativamente el resultado de la evaluación. Éste es otro ejemplo de la dificultad para separar parámetros (ver **1.** iv).

¿Estará el siglo XXI dominado por medios y procesos electrónicos? Es probable que sí, en muchos aspectos. Luchemos porque también esté dominado por la curiosidad, lo que significa, en particular, que la gente considerará a la ciencia (tomada como una contemplación del mundo) no como una rama lejana, aburrida y aislada del conocimiento humano, fuera de su esfera personal, sino como un campo del conocimiento que es positivo y agradable. ECBI es claramente una herramienta que apunta en esa dirección.

Durante el siglo XX, toda una elite (particularmente de naturaleza política) ha dejado de lado la ciencia en aras de la tecnología. Como un ejemplo, permítanme presentarles a un embajador francés. Se encuentra en su hermosa residencia recibiendo a una docena de huéspedes, yendo de uno a otro con una copa de champaña en la mano. Se acerca a mí: "--¿Usted es científico, no es así?" --"*Oui, Monsieur l'Ambassadeur*" ("Sí, señor embajador"). --" ¡Ah, la ciencia es muy importante!" Amabilidad hacia mí, seguida de un silencio profundo. Después: "¿Sabe?, ya se me olvidó todo lo que aprendí en la escuela sobre ciencia."

Una carcajada, satisfecho de sí mismo. Luego: "Pero, *Monsieur*, eso no importa porque, en mi trabajo, todo se centra en la cultura."

Tengamos la esperanza de que, si aprenden ciencia de manera práctica en la escuela, los niños del siglo XXI, en todo el mundo, no cometan el error de *Monsieur l'Ambassadeur*. Por el contrario, que consideren la ciencia como es realmente: no una tierra remota y aislada, sino un continente maravilloso de cultura humana.*

** Document for the presentation*

Panel II

The New Vision of Science and Its Implications for Curriculum

Key note speaker:
Pierre Léna

Panellists:
Rodolfo Dirzo
Mauricio Duque
Karen Worth

Moderator:
Marcela Santillán

Key note speaker:

Pierre Léna

La main à la pâte Foundation

Tomorrow, a science curriculum as usual ?

Introducción

Actualmente, en la mayoría de los países la educación obligatoria se extiende por nueve años, con frecuencia precedida por preescolar. Para cada una de las materias escolares, elaborar un currículo para esos nueve años implica implementar tres objetivos diferentes: el contenido (los conocimientos) que debe ser comprendido y aprendido por los estudiantes; las habilidades y competencias que deben adquirir; las actitudes sociales y morales, que los conviertan en personas con *educación* en todo el sentido del término. Una vez que dichos objetivos han sido detallados, se necesita una pedagogía para implementarlos en el aula. Generalmente, el currículo es publicado por las autoridades que se encargan de la educación, y son revisados cada tanto para adaptarlos al progreso del conocimiento, a lo que se espera del sistema escolarizado y a la habilidad de los profesores para enseñar cada materia. Cambios sociales masivos, como la globalización, las migraciones y las nuevas herramientas de comunicación, pueden tener un impacto fuerte en el currículo. Por otra parte, la organización compleja, el alto costo y las pesadas estructuras propias de los sistemas educativos suelen impedir la evolución rápida de los currículos o de los hábitos de enseñanza, a pesar del efecto de los cambios masivos [Archer, 2016]. La innovación en las escuelas a veces se da de abajo hacia arriba, de manera que los currículos son los últimos en cambiar e incorporar los beneficios nuevos.

Los profesores, que trabajan diariamente con los estudiantes, requieren entrenamiento apropiado para entender los objetivos del currículo, ser hábiles en la pedagogía y ser capaces de evaluar su impacto. Además, la escuela ya no está sola. Su papel tradicional como la única fuente de información y sabiduría para niños y adolescentes, ha desaparecido debido a la revolución de la información: hoy en día, los estudiantes adquieren información por muchas vías además de la escuela, un hecho que el currículo debe considerar. Afortunadamente, sucede lo mismo con los profesores, asumiendo que sepan cómo sacarle provecho a la nueva tecnología.

En el mundo moderno, la ciencia y su hermana, la tecnología, están cambiando a un ritmo extremadamente rápido, y su impacto en la sociedad es cada vez mayor a escalas local y global. Mi propósito aquí es examinar esos cambios y ver la manera en que pueden o deben reflejarse en el currículo de ciencias escolar, además de cuestionar el aislamiento experimentado al aprender en la escuela en comparación con

aprender por otras vías. En Francia, una ley nueva (2014) determinó una reforma completa del currículo *K-9* (Preescolar-Secundaria), que se implementa en todas las escuelas, tanto públicas como privadas; la reforma entrará en vigor en septiembre de 2016. Esto me brindó la ocasión de examinar, durante 2015, los retos y dificultades para reestructurar un currículo de ciencias, el francés, en este caso. No discutiré aquí la pedagogía, pues el papel de la indagación en la educación en ciencias fue el tema de una sesión previa de este congreso. Sin embargo, haré un breve comentario acerca de los profesores, cuyo papel es tan importante y será tratado de manera específica en el Panel 3.

Nuevas visiones de ciencia

¿Han cambiado las ciencias naturales desde que resurgieron durante el renacimiento? Es claro que, en esencia, no. Continúan siendo una aventura humana colectiva que consiste en descubrir el mundo natural a través de varias herramientas de observación, experimentación, creación de modelos, formulación matemática y cálculos, con una disposición mental para cuestionarse, razonar, imaginar e intuir. Sin embargo, la ciencia contemporánea tiene algunas características específicas, muchas de las cuales se relacionan con la revolución digital.

- Para empezar, la ciencia actual nos brinda un maravilloso Gran Relato del mundo y de la humanidad: desde las profundidades del espacio y el tiempo hasta el nacimiento del planeta Tierra, después la vida y la evolución de las especies, la aparición de Homo sapiens y sus culturas en todo el planeta. Este Relato, más o menos accesible a través de los medios, tiene un impacto en las creencias y representaciones del mundo tradicionales, así como en el papel que desempeña la humanidad en el universo.

- En segundo lugar, debido a sus numerosas aplicaciones, la ciencia se ha convertido en una herramienta esencial mediante la cual las naciones adquieren y mantienen poder, ya sea militar, económico o cultural.

- En tercer lugar, la ciencia ha aprendido a lidiar con sistemas naturales y sociales de complejidad creciente, donde una gran cantidad de factores, (escalas temporales y espaciales, leyes de la física) se enredan unos con otros, haciendo difíciles las predicciones precisas mediante métodos científicos. Esto implica trabajar con conclusiones estadísticas y probabilísticas, en lugar de deterministas. Por esta razón, y por la posibilidad de utilizar datos acumulados en bases inmensas que crecen constantemente, la revolución digital ha transformado la manera en que la ciencia maneja dichos sistemas.

- En cuarto lugar, la humanidad está sufriendo cambios a nivel global, en parte como consecuencia de la propia actividad humana, a su vez modificada profundamente por el uso de la tecnología moderna. El clima es sólo un ejemplo entre muchos. Otros son el crecimiento de las megalópolis y la propagación de epidemias letales, como el ébola o el zyka.

- En quinto lugar, la magnitud de estos retos implica cambios grandes en las sociedades y los individuos. Dichas transformaciones no se mantienen restringidas al ámbito de la tecnología, pues el comportamiento de los individuos y las sociedades son parte de las soluciones. Valores como la comprensión, la tolerancia, la justicia, la frugalidad y la esperanza son reconocidos por muchos como parte de la solución, y así lo expresó el Papa Francisco en su encíclica *Laudato Si*, publicada en 2015.

No es sorprendente que la mayoría de la gente, que sólo tiene acceso a fragmentos de esta evolución, quede fascinada por las historias que cuentan los paleontólogos y los astrónomos, se emocione al utilizar una tableta o un celular inteligente, dude de las predicciones meteorológicas, se vea abrumada por la magnitud de los problemas globales y de los cambios en el comportamiento que éstos implican, y que por lo tanto mantenga un sistema de valores extremadamente tradicional y conservador.

No es sorprendente que, como la educación en ciencias a nivel básico y medio en general no ha evolucionado al ritmo de los cambios mencionados arriba, el interés de los estudiantes por la "ciencia escolar" sea muy pobre, como lo mostró el análisis de motivación estudiantil *ROSE*[1], mientras que millones de ellos están fascinados por fragmentos del Gran Relato contados por científicos en Youtube, o por una nave espacial de la NASA que pasó cerca de Plutón en 2014, o por el reto de salvar tortugas y peces en peligro de extinción en la Tierra.

[1] *Relevance of Science Education* (Relevancia en la educación científica; *ROSE* por sus siglas en inglés), Universidad de Oslo. http://roseproject.no/

No es sorprendente que en muchos países estén surgiendo planes y cuestionamientos para reconsiderar el currículo de ciencias, generalmente de acuerdo con el marco *STEM* (por sus siglas en inglés: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas), ahora ampliado a *STEAM*, incluyendo las artes y posiblemente las ciencias sociales. Esta evolución refleja la nueva percepción de la ciencia y de su papel a nivel social, como lo expresó el presidente Obama en una declaración reciente: "*La ciencia es más que sólo una materia escolar donde se estudian la tabla periódica y las propiedades de las ondas. Es una forma de ver el mundo, una manera crítica de entender, explorar e involucrarse con el mundo, para tener la capacidad de cambiarlo.*" La misma idea fue expresada en un reporte[2] reciente que hizo un grupo de expertos para la Unión Europea, intitulado *Science Education for a Responsible Citizenship*. Sin embargo, esta evolución "hacia lo social" puede terminar ocultando o mermando el papel específico de la educación científica: en el UN SDG[3] adoptado en 2015, ¡la Meta Educativa (Capítulo 4°) ni siquiera utiliza la palabra *ciencia*!

El currículo

¿Cómo afecta este contexto el enfoque de un currículo de ciencia? Si el conocimiento científico se sigue basando en los mismos principios y contenidos, ¿por qué deberíamos reconsiderar la organización clásica con la que se han enseñado materias como física, química, genética, etc.? Sin embargo, si la meta de la educación científica es que sea recibida por todos los estudiantes, al menos durante el periodo *K-9* (Preescolar-Secundaria), para que disfruten aprendiendo y descubriendo sus propias habilidades, para que entiendan el mundo en el que viven y la manera en que lo transforman la ciencia y la tecnología, para que perciban los retos de un futuro que es *su* futuro, entonces es probable que debamos repensar el currículo.

Como un ejemplo que recientemente pude observar con cuidado, permítanme mencionar la reforma en los currículos de *K-9* que tiene lugar en Francia en este momento. El principal argumento en favor de ese movimiento mayor tiene un tinte político fuerte: después de 3 (preescolar) + 9 años de escuela, una proporción inaceptable de los estudiantes (alrededor de la quinta parte) son gente con "malos resultados", que no continúan la enseñanza escolarizada ni aprenden un oficio, de manera que engruesan las filas de la juventud desempleada. Además, la educación media no es muy buena a nivel internacional (ver PISA) y no fomenta el placer por el aprendizaje. Por si fuera poco, estos estudiantes pertenecen al sector más pobre de la sociedad.

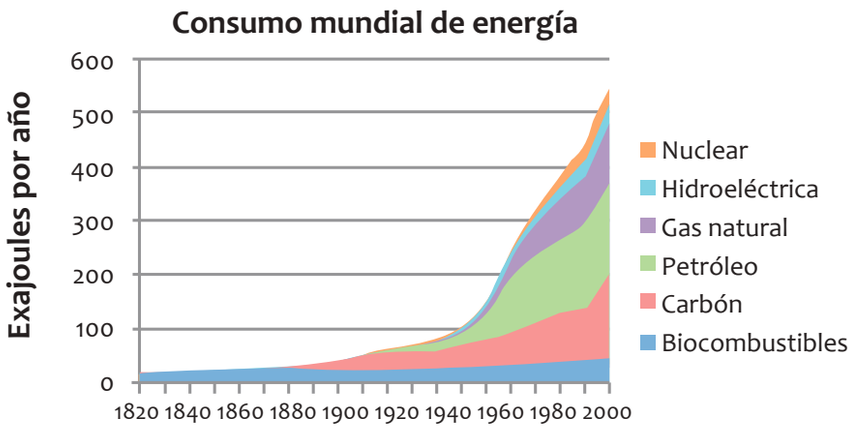
A partir de 2016, el currículo francés[4] (para los grados *K-9*) estará organizado en cuatro ciclos de tres años cada uno: C1 = preescolar (3 años), C2 = enseñanza básica (3), C3 = enseñanza básica (2) + media (1), C4 = enseñanza media (3). Me enfocaré en los tres últimos ciclos. En C2, las ciencias naturales forman parte de una materia más amplia: "descubrimiento del mundo"; en C3 aparecen como "ciencia y tecnología", y en C4 están separadas en tres materias: física y química, ciencias de la vida y de la tierra, tecnología. El currículo reformado tiene varios objetivos: fomentar la indagación, inspirado por el proyecto *La main à la pâte*, especialmente durante C2 y C3; hacer más clara la relación entre ciencias naturales y matemáticas, pues esta última materia es la "reina" en las escuelas francesas, aunque el aprovechamiento de los estudiantes tienda a ser muy bajo; hacer énfasis en el trabajo interdisciplinario, incluso más allá de la esfera de acción de la ciencia, estableciendo conexiones con la historia, las artes y el lenguaje; crear conciencia acerca de fenómenos sociales, como la energía y la biodiversidad; introducir elementos de informática, a partir de C2; a raíz de las emociones resultantes de la matanza que tuvo lugar en París en enero de 2015, enfatizar la racionalidad, la mente crítica y la secularidad, además de preparar para una ciudadanía informada y responsable. Estas intenciones concuerdan básicamente con análisis realizados en otros países desarrollados y con diversos reportes publicados en la década pasada. Claramente, la dificultad radica en la manera de implementar dichas intenciones, pero es demasiado pronto aún para hacer una evaluación de dicha implementación.

Un ejemplo: la energía

Consideremos un ejemplo para ilustrar estas dificultades. La energía se encuentra actualmente en el centro de las políticas públicas: ¿qué criterios debemos aplicar (renovable, sin carbono, verde)? ¿De dónde debemos obtenerla? ¿Cuál es la mejor manera de

[2] *http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf*
[3] *http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/*
[4] *http://www.education.gouv.fr/cid95812/au-bo-special-du-26-novembre-2015-programmes-d-enseignement-de-l-ecole-elementaire-et-du-college.html*

extraerla, distribuirla y almacenarla? ¿Cómo debemos manejarla a nivel económico (costos, impuestos)? Debido al papel central que desempeña actualmente, pude observar una gran insistencia por incluir la energía en el currículo desde tercero de primaria. Surge entonces la pregunta: ¿qué debe saber y entender el estudiante sobre este concepto, un nombre que escucha constantemente en la televisión y en su casa, que se considera crítico para una ciudadanía responsable y que genera debates apasionados entre los verdes y los nucleares, pero que finalmente es un concepto científico clave?



La noción de energía empezó con Aristóteles como un concepto filosófico, una virtud. La imprecisión de esa idea se refleja en el lenguaje común y corriente, que hace poca diferencia entre los términos *energía, poder, fuerza, potencia, trabajo, voluntad* como lo aplican muchos adultos actualmente… El primer uso científico del concepto se dio por parte de Leibniz en el siglo XVIII, refiriéndose como *vis viva* a lo que hoy llamamos *energía cinética* (mv^2). Probablemente el primero en utilizar el término *energía* con el sentido científico moderno fue el genio increíble Thomas Young, en 1807. Después siguieron el estudio del calor (Carnot, 1824), que dio origen a la termodinámica, y la acuñación de los términos *energía cinética* (Coriolis, 1829) y *energía potencial* (Rankine, 1853). La naturaleza del *calor* permaneció oscura hasta que Joule estableció su relación con el trabajo mecánico (1845); poco después (alrededor de 1850) Lord Thomson enunció la ley de conservación de la energía. La distinción entre energía "utilizable", la energía "más difícil de utilizar" o "la energía que se disipa" como el calor no se hizo de inmediato; en su momento, condujo a la noción de *entropía* (Clausius, 1850s) y a la segunda ley de la termodinámica.

Estaba entonces abierto el camino para entender el carácter microscópico y estadístico del calor (Boltzman), así como para descubrir progresivamente las muchas formas que puede tomar la energía: radiante en la luz, nuclear en los átomos, química en los organismos vivos, gravitacional en los hoyos negros, etc. La equivalencia entre materia (masa) y energía fue establecida por Einstein (la famosa fórmula $E = mc^2$).

¡Todo ese proceso tomó más de un siglo! ¿Cómo explicarlo en un currículo que pretende llegar lo más pronto posible a la importancia social de la energía? En un manual de ciencia escolar escrito en 1887 por Paul Bert, ex-ministro de educación francés profundamente comprometido con introducir la ciencia en las escuelas, la palabra *energía* aún está ausente. En mi pueblo en la región de Burgundia, en tiempos de mi abuelo, los campesinos y otra gente poco educada sólo estaba familiarizada con las energías mecánica y calorífica.

Los tiempos han cambiado. Ahora se habla de energía en todos lados. Sin embargo, existe el riesgo de descuidar el concepto científico, que es una de las *grandes* ideas más poderosas y abstractas, en aras de su importancia social. Para ayudar a los docentes a aclarar este asunto complicado, que ahora forma parte del currículo francés, hemos publicado el libro *Energy, Energies* (Energía, energías) [Salviat et al., 2015]. En el título del libro, la palabra en singular se refiere a la unicidad del concepto científico, mientras que el término en plural corresponde a las muchas y diversas cosas que el estudiante y el ciudadano deben entender e integrar.

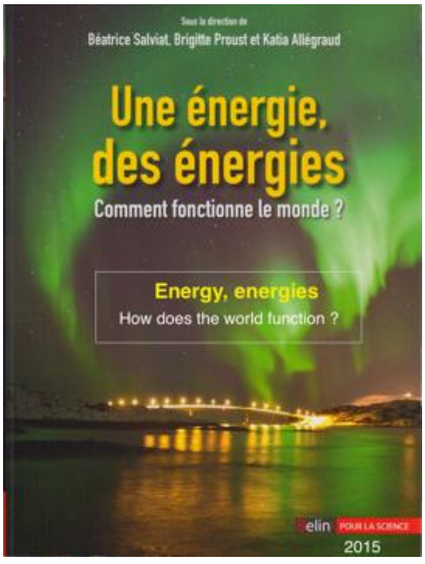


Figura: Un libro de La main à la pâte [Salviat et al., 2015]

ENERGY AT DIFFERENT SCALES
Citizen
Biosphere
Earth
Universe

TRANSFORMATIONS USEFUL FOR HUMAN BEINGS
Nutrition and Health
Producing and stocking Energy
Energy and Transportation
Energy and Housing
Art, Industry and Communication

KEYS TO ENERGY
What is energy ?
History of a concept
Principles of Thermodynamics
Electromagnetic Phenomena
Mass and Energy
Units and Comparison of energies

No elaboraré con detalle la manera en que el currículo francés pretende resolver este complejo tema, pues no estoy convencido de su pertinencia. Mis esperanzas están más bien puestas en los docentes y en su desarrollo profesional, para que los estudiantes logren la comprensión de lo que es la energía mediante pasos sucesivos, desde la niñez hasta la adolescencia, equilibrando los asuntos sociales con la ciencia verdadera y asegurándose de que, al final de *K-9*, los estudiantes sean capaces de entender lo que significan las *calorías* que aparecen en la información de sus *corn-flakes*, o de distinguir entre los kWh de su medidor de luz y los GW de una planta nuclear.

Otra dirección: complejidad e interdisciplinaridad

Jean Perrin, el Premio Nobel de física (1926) que demostró la existencia de los átomos, solía decir que la ciencia era una manera de *"reemplazar la complejidad de lo que podemos ver por la simplicidad de lo que es invisible"*. En efecto, la educación debe ayudar a los estudiantes a realizar este salto desde lo que pueden ver hasta lo que pueden concebir. El camino triunfal de la ciencia se ha construido con base en un método analítico[5], aislando cada fenómeno (el movimiento de la luna o estructura de una célula) y despreciando su relación con el resto del mundo. Para esto ha creado disciplinas especializadas eficientes, que hoy aparecen en los currículos como física, ciencias de la vida, etc.

Pero la ciencia se dio cuenta de las limitaciones de este método tradicional al tratar de explicar sistemas dinámicos de gran complejidad y con muchas interacciones, como el clima del planeta, un organismo vivo, un nicho ecológico, una red de información (como Internet), el funcionamiento de una megalópolis, la propagación de una epidemia, etc. Tales sistemas son difíciles de modelar; tienen características importantes, como la no linealidad del caos, lo que hace extremadamente difícil, o incluso imposible, predecir un comportamiento futuro, obligándonos a abandonar el determinismo y utilizar la probabilidad.

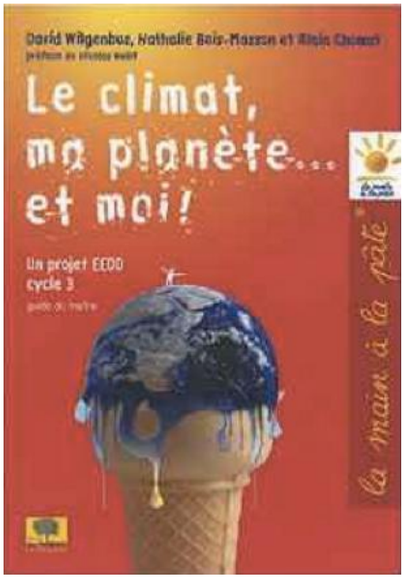
Las implicaciones sociales obvias de estos ejemplos muestran claramente la importancia de que la gente entienda la ciencia; principalmente la gente que toma decisiones políticas o económicas, incluyendo al ciudadano promedio, pues están involucradas las vidas de millones de personas. Actualmente, el cambio climático y el calentamiento global constituyen un ejemplo perfecto de la necesidad del trabajo interdisciplinario para entender y actuar con propiedad. La comprensión de los intrincados aspectos del calentamiento global involucra la física, la química, las ciencias de la vida, la meteorología, la astronomía, la oceanografía, etc. ¿Cómo puede un currículo estar preparado para eso? Nos encontramos ante dos riesgos: el primero es restringir la enseñanza al clásico enfoque analítico ignorando la visión global, esencial en el devenir científico. El segundo riesgo es abandonar el lenguaje analítico, relativamente simple, para utilizar discursos más o menos vagos que inevitablemente perderán el enorme poder de la demostración científica, con lo que las conclusiones se basarán en puntos de vista y no en evidencia.

El nuevo currículo francés para *K6-9* requiere *explorar y explicar algo de climatología, tanto pasada como presente, incluyendo la influencia humana en el clima*. El tema también aparece como parte de la educación artística, bajo el rubro *Artes, energía, clima y desarrollo sustentable*. La idea es buena, pero no se indica cómo hacerlo. He observado competencias entre profesores de esas dos materias, tratando de abarcar el tema del clima por completo en su clase, ¡convencidos de que pueden cubrirlo totalmente dentro del marco de la materia que imparten!

[5] Es interesante hacer notar que la medicina tradicional china no se apega a un método puramente analítico, mostrando que hay varias maneras de explorar la realidad.

Para apoyar en el reto que representa el trabajo interdisciplinario, hemos producido una serie de guías para el profesor, primero para educación elemental (C2 y la primera parte de C3) y después para C4. De hecho, este campo de acción continuará extendiéndose, ya que las *UN Sustainable Development Goals* (Metas de Desarrollo Sustentable de la ONU) y asuntos relacionados con el cambio climático, deben formar parte del currículo de las escuelas y de la práctica docente. La recomendación de la UNESCO [Unesco 2016] es clara y alarmante a este respecto.

El principio de estos módulos, que ahora forman parte de una serie muy extensa[6], es proporcionar a los profesores una base científica sólida, ejemplificar el trabajo interdisciplinario, proponer actividades en el aula y enfatizar la progresión de conceptos mediante experiencias y videos.



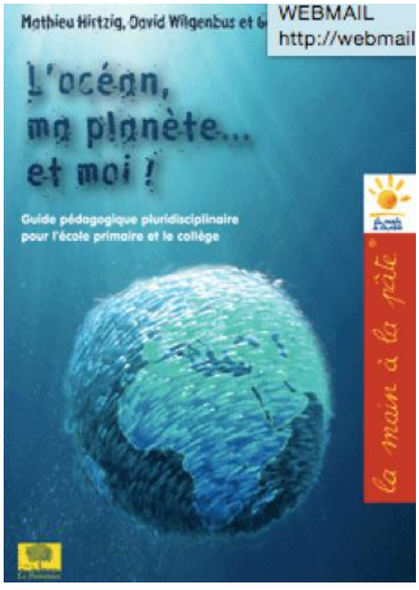


Figura: *Dos de los módulos para profesores producidos por La main à la pâte en 2015, actualmente sólo disponibles en francés, que exploran la manera de tratar la complejidad y el trabajo interdisciplinario entre cuarto y sexto grados de educación elemental.*

[6] Ver *http://www.fondation-lamap.org/en/international-resources*

Le Monde

Apple : un trésor de 205 000 000 000 dollars

Figura: *"Apple: un tesoro de 205 000 000 000 dólares"*
Titular del periódico Le Monde del 29 de octubre de 2015. El consumo energético de las computadoras y las actividades relacionadas con la información constituye el 1% del consumo total de energía eléctrica en Francia.

Una nueva disciplina: la informática

La revolución digital actual influye todos los aspectos de las vidas individual, profesional y social, por no mencionar los asuntos económicos.

¿Cómo debe introducirse en el aula? El primer aspecto, que es obvio, ya ha sido considerado: enseñar a los estudiantes la mejor manera de sacarle provecho, escribiendo, haciendo dibujos, buscando información en Internet, intercambiando correos electrónicos y documentos, preparando presentaciones, etc., ¿asumiendo que el profesor sea más competente en la materia que el estudiante? Además, hay dos aspectos adicionales importantes a los que no me referiré aquí: el impacto pedagógico y la salud, ambos pros y contras del conocido como *mundo virtual*.

Sin embargo, hablaré sobre una rama de la ciencia menos bien entendida por el público en general y, en ocasiones, también por las autoridades educativas, debido a la rapidez con la que se transforma. Me refiero a la *informática*, un nombre que se prefiere sobre el de *ciencias de la computación*, pues no se enfoca en un objeto (la computadora) sino que tiene un nombre similar al de otras disciplinas científicas, como la física. Es una ciencia muy joven, que no forma parte de las matemáticas, de la física ni de la ingeniería, pero toma muchos elementos de ellas y posiblemente de otras ramas de la ciencia, erigiéndose como la *ciencia de la información*, un concepto introducido por Shannon en 1949, y estrechamente relacionado con la termodinámica. Esta ciencia joven e increíblemente viva soporta toda la revolución digital; debe tener un papel en la escuela equivalente al de disciplinas más tradicionales, pero ¿cómo y a qué nivel?

La Academia Francesa de Ciencias presentó una petición [*Académie des sciences*, 2013], parcialmente satisfecha, para la elaboración del nuevo currículo. El Reino Unido se está moviendo en la misma dirección[7]. Más aún, el senado francés publicó recientemente un reporte sobre seguridad digital para negocios, instituciones gubernamentales e individuos[8], donde después de puntualizar los errores y riesgos comunes al usuario, hace en primer lugar la recomendación de "*desde preescolar hasta enseñanza superior, la gente debe prepararse para entender lo que es [el mundo] digital, en lugar de limitarse a utilizarlo*". Osadamente, el nuevo currículo francés introduce las ciencias de la computación desde el segundo ciclo (C2), recomendando la creación de algoritmos matemáticos simples de acuerdo con las siguientes metas:

Describir la arquitectura básica de un sistema computacional. Estar familiarizado con un procesador de textos y poderlo utilizar de manera racional.	Observar la relación entre diversas partes. Captura, tratamiento, conservación y restitución de datos.

Cabe preguntar ¿cuántos profesores de primaria serán capaces de "describir la arquitectura básica de un sistema computacional" o de practicar informática sin una computadora, por ejemplo, explicar el sistema numérico binario, 0/1? Hay varias iniciativas que pretenden ayudar a los docentes a lo largo de todos los grados de las enseñanzas básica y media. El proyecto *La main à la pâte* estudia la manera en que puede aplicarse la indagación a este aprendizaje, con sesiones de entrenamiento para profesores que tienen lugar en nuestras *Maisons pour la science* (Casas de ciencia), la publicación de una guía del profesor para enseñanza básica (*1,2,3,... Codez!*; 1,2,3... ¡codifica! [Calmet et al., 2016]), la elaboración de *Informatique, information* (Informática, información; será publicado en 2017) con principios similares a los de los textos previos *Matière et matériaux* (Materia y materiales) y *Energie, energies* (Energía, energías), así como un MOOC para docentes en colaboración con los científicos del *INRIA* (Instituto Nacional de Investigación en Informática y Automatización, por sus siglas en francés), que tiene la meta de entrenar a 100,000 personas.

[La guía del profesor más reciente (2016) publicada por *La main à la pâte* para ayudar en el área de ciencias de la computación (informática) en la enseñanza elemental y el primer grado de enseñanza media franceses (primero a sexto grados)]

La ciencia y la educación de la salud

La educación de la salud es esencial en cualquier lugar, y puede relacionarse con la educación científica con muy buenos resultados. Aquí me limitaré a un ejemplo de entre los muchos explorados por *Lamap*. Durante la enseñanza básica suelen tratarse tres funciones del cuerpo humano: digestión, respiración y circulación sanguínea, lo que induce a conductas y prácticas saludables. Nosotros propusimos incluir el cerebro y algunas de sus funciones, para que los estudiantes desarrollaran hábitos saludables en relación con la enorme cantidad de pantallas (televisión, videojuegos, tabletas...) a las que están expuestos actualmente. Por lo tanto, en 2013 publicamos una guía para el profesor que resultó muy exitosa: *Les écrans, le cerveau... et l'infant* (Las pantallas, el cerebro... y el niño), desarrollado en estrecha colaboración con científicos especializados en el sistema nervioso y los procesos cognitivos [Pasquinelli et al., 2013].

Desarrollo profesional de los

[7] *http://www.bbc.co.uk/news/education-21261442*

[8] Sénat et Parlement français. Sécurité numérique: enjeux et chances pour les entreprises. Report n°271, 2015. *http://www.senat.fr/rap/r14-271-1/r14-271-1.html*

docentes

Cualquier modificación del currículo requiere que se apoye a los docentes para que puedan implementarlo. La indagación necesita mucha práctica para poder convertirse en una pedagogía natural. Además, la magnitud de los cambios mencionados arriba probablemente implique esfuerzos aún mayores de desarrollo profesional para los profesores. Me gustaría presentar aquí brevemente dos iniciativas, una en el Reino Unido (desde 2006) y la otra en Francia (desde 2012), la francesa ampliamente inspirada en la británica y en su fundador, el químico Sir John Holman.

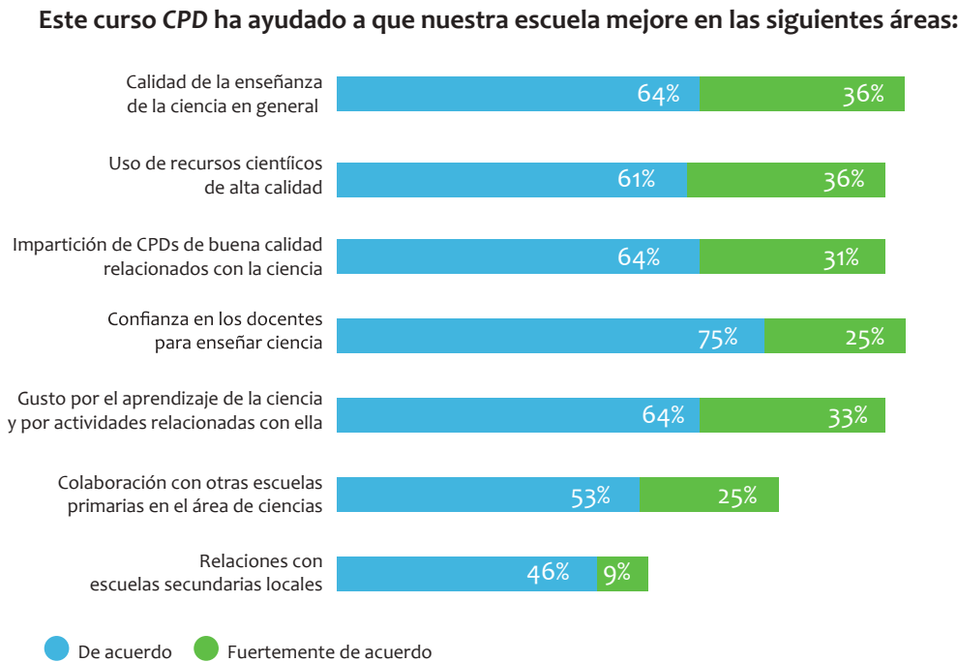


Figura: *El impacto del desarrollo profesional continuo (CPD) en profesores de enseñanza básica del sistema NSLC (tomado del reporte de NSLC, 2015).*

En el Reino Unido, *National Science Learning Centers*[9] (Centros Nacionales para el Aprendizaje de la Ciencia) se han implementado en Inglaterra y Gales, como una iniciativa conjunta de la organización caritativa *Wellcome Trust*, la industria y el estado. Estos centros ofrecen un programa muy extenso, articulado con las escuelas, que combina un seguimiento presencial y a distancia por parte de profesores de ciencias, involucrando anualmente a 15,000 docentes y técnicos (para laboratorios en escuelas). El programa actúa en un 95% de las escuelas de enseñanza media y en un 18% de las de enseñanza básica. Después de 10 años, los resultados son impresionantes, en particular en el gusto que desarrollan los estudiantes por la ciencia. Además, una nueva organización, más cercana a las escuelas, se extiende ahora por todo el Reino Unido.

En Francia, se está implementando un sistema similar para el periodo 2012-2018, por parte de la fundación *La main à la pâte*, en estrecha relación con la Academia Francesa de Ciencias. Se han implementado nueve *Maisons pour la science au service des professeurs*[10] (Casas de ciencia al servicio de los docentes) en universidades de varias ciudades (como Estrasburgo, Toulouse, Lille). En ellas se ofrece desarrollo profesional continuo, mayoritariamente presencial pero también con seguimiento a distancia. Durante el periodo de tres años 2012-2015, tuvieron lugar 700 actividades de *CPD*, en las que participaron 15,000 docentes de manera voluntaria, de los cuales 60% eran de enseñanza básica y 40% de enseñanza media, aunque con frecuencia trabajaban juntos; el promedio de la duración de cada actividad fue de 1.6 días. Este sistema se puso en marcha para acompañar la preparación del nuevo currículo, así como su implementación en 2016. Las actividades, conducidas con un estilo de indagación, cubren todos los campos de la ciencia, haciendo énfasis especialmente en el desarrollo sustentable, el cambio climático, la biodiversidad, la energía y la informática.

Actualmente se están llevando a cabo varias evaluaciones sobre el impacto de este programa. Sin embargo, una ha sido ya completada y sus resultados son muy positivos, pues confirman el análisis que condujo a la creación del programa, con el apoyo de universidades nacionales y locales, y una buena cooperación por parte de las autoridades educativas, aunque este programa, que se ocupa explícitamente al desarrollo profesional de los docentes (que son

[9] *https://www.stem.org.uk/and reference [NSLC 2015]*
[10] *http://www.maisons-pour-la-science.org/*

servidores públicos) no esté bajo el control directo del Ministerio de Educación. Aún está por verse la manera en que las *Casas de ciencia* contribuirán a implementar de manera adecuada el nuevo currículo a partir de 2016.

Educación especial

No quiero terminar esta presentación sin mencionar a los niños que reciben educación especial debido a alguna dicapacidad. Es justo que ellos también tengan acceso a lecciones de ciencia participativas, a pesar de tener problemas para realizar experimentos y para seguir un currículo que no esté diseñado especialmente para ellos. Desde 2012, comenzamos la investigación e implementación de un programa de indagación para niños con discapacidad. El programa está progresando de manera interesante, pues además de ser benéfico para esos niños, tiene un tipo de efecto amplificado respecto a la práctica de la indagación con niños "normales" [Heitz et al., 2015][11]. A partir de 2014 hemos estado teniendo una colaboración muy fructífera con Innovec en México.

Conclusión

He intentado tratar brevemente algunas de las cuestiones que surgen al observar la manera en que la ciencia está evolucionando, la sociedad la está recibiendo y utilizando, los estudiantes y los profesores se están enfrentando a esos cambios tan profundos. Hay muchas otras cuestiones que deben considerarse porque tienen un impacto en el currículo y en su implementación. Por ejemplo, no hablé sobre la relación entre

Figura: *Entrenamiento de indagación para profesores en una Casa de ciencia en Francia. Algunos títulos del programa 2015-2016 son los siguientes:*
Materia para explorar (P)
El aire, ¡qué inflado! (P)
La furia de la naturaleza (P)
Formación del paisaje alsaciano (P)
Ser o no ser... un ser vivo (P)
De la tierra a la luna: el arte de la medición (S)
Tecnología e ingeniería: imprimir en tercera dimensión (S)
Uso de la estadística: la integridad científica y la ética (P, S)
Informática sin computadora (P, S)

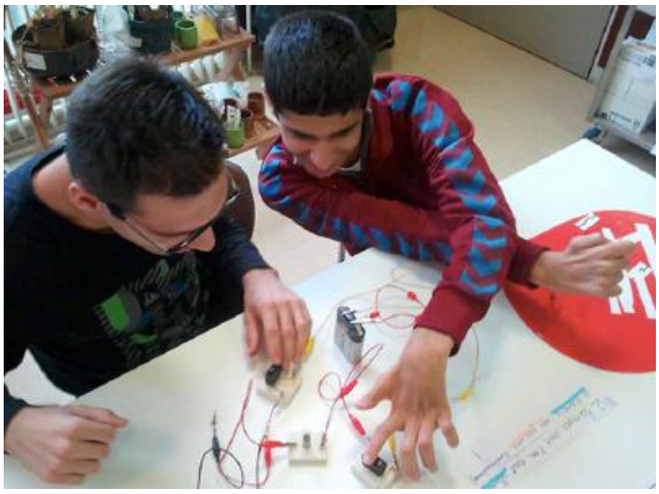


Figura: *"Por ejemplo, recuerdo a una niña pequeña cuando estábamos trabajando con electricidad: estaba dibujando flores. Tal vez estaba pensando en alguna relación entre su dibujo y lo que estaba mirando, pero desde afuera era imposible saberlo. Ahora, cuando hace un dibujo, podemos ver la relación…"*
Docente de un grupo de educación especial en Francia

[11] Ver también, en la bibliografía, los artículos que aparecieron en el número de BUP llamado *Adversité de la vie, science partegée* (La adversidad de la vida, ciencia compartida; 2015).

el lenguaje y la ciencia, un punto fundamental en el cual *La main à la pâte* ha hecho énfasis desde sus inicios, en 1995. No mencioné la ética ni los conflictos que pueden darse entre la información proporcionada en algunas materias y las convicciones y creencias que encuentran los estudiantes en sus familias y su cultura. El currículo debe tomar en cuenta todo eso y el trabajo en *Grandes Ideas* está avanzando en la dirección correcta.

Espero haber podido mostrar algunas de las dificultades y de los interesantes retos que la evolución del mundo presenta a los métodos de enseñanza de la ciencia y a la indagación, como un potencial programa de investigación en el futuro.

Como dije en la introducción, los estudiantes tienen acceso a conocimientos y a oportunidades de aprendizaje mucho más allá de los límites del aula. Ya no puede concebirse el aprendizaje como algo confinado a esas cuatro paredes. La escuela tradicional no funciona en el mundo actual. La manera en que debe evolucionar es uno de los grandes retos del futuro.*

** Document for the presentation*

REFERENCES

- Académie des sciences (France). L'enseignement de l'informatique en France: il est urgent de ne plus attendre. Report (2013).

- Adversité de la vie, science partagée, edición especial de Le BUP Physique-Chimie, Bulletin de l'Union des Professeurs de physique et chimie, n°976, 3e trimestre 2015.

- Archer, M. en Children and Sustainable Development. A challenge for education, Springer, 2016 (en prensa).

- Calmet, C., Hirtzig, M., Wilgenbus, D. 1,2,3… codez! Enseigner l'informatique à l'école et au collège (cycles 1,2,3), Le Pommier, Paris, 2016.

- Heitz, M.H., Marin-Miciewicz, C. & Saltiel, E., Vivre et partager la science, une ressource pour tous les élèves, INSHEA & Fondation La main à la pâte, 2015.

- Léna, P. 'Educating to complexity: a challenge', en Complexity and Analogy in Science: theoretical, methodological and epistemological aspects, Pontifical Academy of Sciences, Plenary Session, 2012.

- http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/events/2012/complexity.html

- Léna, P. Faut-il faire simple à l'école quand le monde est si complexe? en Résonances. Mensuel de l'École valaisane, oct. 2014, http://www.resonances-vs.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=123:octobre-2014-complexite-vs-simplexite&catid=34:numeros-2014-2015&Itemid=164/

- National Science Learning Centers in UK. Decadal report (2015). https://www.sciencelearningcentres.org.uk/impact-and-research/impact/10-years-impact/

- Pasquinelli, E., Zimmermann, G., Bernard-Delorme, A., Descamps-Latscha, B. Les écrans, le cerveau… et l'enfant. Un projet d'éducation à un usage raisonné des écrans pour l'école primaire, Le Pommier, Paris, 2013.

- Salviat, B., Proust, B., Allégraud, K. (dir.) Une énergie, des énergies. Comment fonctionne le monde? 352 p., Belin, Paris, 2015.

- The Boston Consulting Group. Report on the Internet economy in the G-20 (2012). www.bcg.com/documents/file100409.pdf

- Unesco. World Report on Education Follow-up, sept. 2016.

Panellist:

Rodolfo Dirzo

University of Stanford

Quisiera tomar un tema específico para hacer mi presentación, la Ecología y las Ciencias Ambientales. Es un tema transdisciplinario, cubre desde la dimensión humana, social y la ciencia más dura por decirlo de alguna manera, y a la vez es un problema muy serio que demanda la atención en la educación desde la base.

La motivación que encontré para discutir con ustedes tiene dos elementos, uno es que la educación en ciencia a nivel básico en muchos países, incluyendo países muy civilizados como Estados Unidos, está en problemas serios y requiere una atención de manera urgente para mejorar esa situación. Por otra parte, hay una necesidad profunda que tenemos a nivel social-global de apreciar el valor de la ciencia en contexto de cosas que nos son relevantes directamente; en las comunidades rurales, urbanas y a nivel global. De esto deriva mi elección por el tema de la ecología.
Como ha ocurrido en muchos otros sitios, ha habido evaluaciones del estado del arte en cuanto a la educación de la ciencia en diferentes países. Existe una evaluación que se hizo en los Estados Unidos y tiene el nombre curioso de "Levantarse después de la tormenta" y es básicamente un análisis que hace evidente la problemática de la educación, en este caso en Estados Unidos. Es un documento doloroso, que pega pero refleja de manera muy vivida y dramática el problema tan serio que hay en la educación-ciencia.

Les comparto dos citas que he rescatado de este documento, la primera dice que " Entre los diferentes países que han sido evaluados recientemente en cuanto a su estado del desarrollo de la educación en ciencias, Estados Unidos cae muy abajo", imagínense entonces el estado en el que se encuentran otros países que no tienen los recursos.

La segunda cita dice que "las naciones deben preparar mejor a las personas de hoy en día que van a ser quienes en un futuro muy cercano, van a tener que tomar las responsabilidades". Eso requiere acción, y tiene que ver con la educación de la ciencia y hacer que la sociedad esté alfabetizada en este mismo ámbito, eso es esencial para la prosperidad de la sociedad. Prácticamente cualquier aspecto de la vida, cualquier faceta de la vida moderna, contemporánea, tiene que ver con la ciencia, de manera que la necesitamos en el ámbito educativo.

Permitiéndome usar dos citas que aparecen en los Indicadores de Ciencia e Ingeniería publicados por la Fundación Nacional de Ciencia de Estados Unidos (*NSF*, 2006); la primera de ellas dice que "es verdaderamente critico incrementar el conocimiento y aprecio por parte del público, de la importancia de la Ciencia y la Tecnología en el contexto de la calidad de vida, la prosperidad económica y la seguridad nacional." Y el segundo componente dice que "los ciudadanos informados que entienden los aspectos básicos de la ciencia y su vocabulario, van a estar mejor preparados para participar

en el discurso social de cara al futuro con todo lo que tiene que ver con Ciencia y Tecnología" y la sobrevivencia en general.

Creo que la acción fundamental requerida, dada la situación demográfica de muchos países, es que a medida que los niños de hoy en día están avanzando a la siguiente categoría demográfica, en muy pocos años van a ser ellos quienes deban tomar las decisiones para el funcionamiento de la sociedad; es necesario se afronten los desafíos de la educación de los niños desde la base.

Volviendo a este análisis realizado en Estados Unidos que muestra la problemática tan profunda de la educación en la ciencia, una respuesta que ha surgido en relación a ello es la formulación del documento que les presento a continuación (Figura 1)

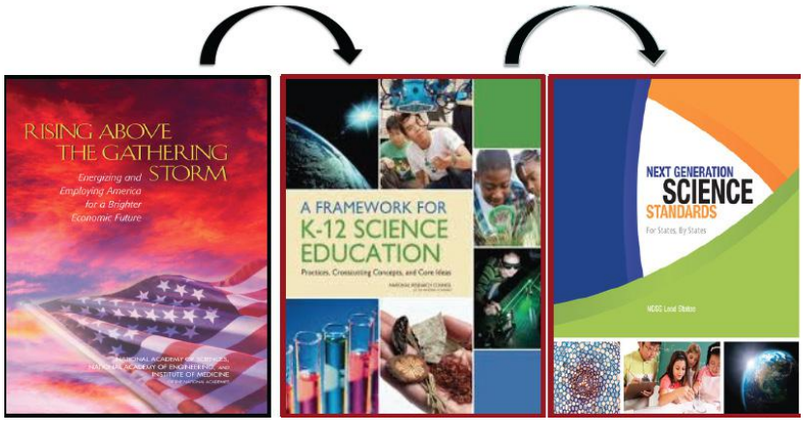


Figura 1: *Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica*

Es un marco de referencia de cómo cambiar la educación científica hoy en día. Un documento que todos los que estamos inmersos en la educación seguramente habremos visto y los que no, está disponible en línea en la página de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos. Ese documento hace referencia a cerca de lo que deberíamos hacer de cara al futuro, y finalmente el siguiente volumen trata sobre cómo implementar esa visión nueva de la ciencia.

Desde la perspectiva del análisis de este Marco para educar en ciencia, se requiere tener una ciencia orientada y motivada por la indagación, y como característica principal que los estudiantes participen en las actividades del aprendizaje de la ciencia (*Hands-on experiences*) y que estén ligadas a un contenido relevante. Otra cuestión importante que resalta este documento, es la necesidad de permitir o favorecer que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento, lo que quiere decir, aprender a aprender, no aprender a memorizar. Y desde luego eso debe venir acompañado del lenguaje académico.

Esto a su vez se relaciona con un punto expuesto por nuestros colegas y es la receta básica de este Marco compuesto por tres dimensiones. La primera se refiere a la práctica; cómo se hace la Ciencia, cómo podemos transmitir a los niños y jóvenes la práctica de la ciencia incluyendo el aspecto básico de plantearse preguntas, resolverlas, debatirlas y regresar a ellas las veces que sea necesario.

Por otra parte encontramos los conceptos transversales, la idea referente a la existencia de patrones no importa cuál sea la ciencia que se estudie, la idea de las relaciones de causa y efecto, la idea de las relaciones de escala; esos conceptos transversales son fundamentales y desde luego la selección de las ideas principales por disciplina. No aprenderse de memoria todos los elementos de cada disciplina, sino los elementos fundamentales en el contexto de las ideas transversales y de cómo se hace la práctica de la ciencia.

Volviendo a mi motivación principal de esta presentación, con los dos temas centrales. Primeramente, la educación de la ciencia está en problemas serios en muchas partes del mundo, incluyendo Estados Unidos. El segundo tema, la necesidad de apreciar el valor de la ciencia en el contexto de asuntos que nos son directamente relevantes, asuntos que deberíamos sentir y que nos impactan de manera directa. Como les mencionaba al inicio el ejemplo que he seleccionado es la situación de nuestro ambiente, porque como ustedes saben está siendo afectado probablemente ahora más que nunca.

A continuación les muestro una imagen que trata de representar de manera simple la situación que afrontamos hoy en día. Vemos una persona que trata de impedir la caída del planeta y además, la caída de ese planeta está en un punto tal que pudiera resultar en una situación de irreversibilidad. Existe un análisis que se llama "El consenso de los sistemas que mantienen la vida en el planeta" en el cual se plantea que si no impedimos en pocas decádas que la "bola" de la imagen caiga, podemos caer en una situación verdaderamente irreversible con consecuencias profundas para la humanidad y para el resto de los seres vivos en el planeta.

Los temas que sustentan esta problemática tan profunda son las grandes amenazas ambientales, en secuencia son: 1) El cambio climático, como sabemos es más intenso y rápido desde que hemos aparecido como especie, el cambio climático ha ocurrido siempre pero la tasa a la que ocurre es la más rápida registrada desde nuestra aparición como especie. 2) El cambio en el uso del terreno, básicamente se refiere a la destrucción de los ecosistemas. Sabemos que por lo menos 40% de la superficie de la tierra ha sido alterada de manera dramática, incluyendo los pisos oceánicos. 3) La Contaminación, contaminantes a niveles y cifras record, con sucesos inesperados, encontrando por ejemplo, contaminantes en la grasa de las ballenas y en el cordón umbilical de las mujeres en algunas localidades del planeta. Un problema verdaderamente serio. 4) La población, no es solamente el número de personas sino cómo los recursos se distribuyen de manera tan desigual. 5) La extinción biológica, es la más grande que estamos viviendo desde la extinción más famosa que ocurrió unos 75 millones de años atrás con la extinción de los dinosaurios. Hoy en día hemos puesto nuestra diversidad natural en un pulso de extinción que pudiera fácilmente convertirse en el sexto punto de extinción en los últimos 500 millones de años en la historia del planeta.

Toda esta problemática ambiental, debe atenderse con la perspectiva de los niños que vienen detrás de nosotros y que deberán afrontar esta problemática tan formidable. Es imposible imaginarse no poner atención a la educación científica en el ámbito de las Ciencias Naturales. Para los maestros y los jóvenes que se encuentran en la escuela diariamente, esto puede parecer apabullante, resulta demasiado como los maestros pueden afrontar la situación. Quiero decirles entonces que no deben perder la esperanza, hay acciones que podemos realizar localmente.

Mi ejemplo particular de cómo estoy tratando de hacer una contribución local, tiene tres elementos: el primero es apoyar a las escuelas locales, es decir, creo que los investigadores como yo tenemos una responsabilidad de apoyar a las escuelas y a los estudiantes locales desde el inicio, ilusionarlos y motivarlos desde el inicio. El segundo punto se refiere a la necesidad de poner atención especial en los grupos que no han tenido las suficientes oportunidades, grupos marginados social y económicamente. Dado los problemas de migración que hoy tenemos en diferentes partes del mundo, dada la población de inmigrantes en Estados Unidos principalmente, de México y Latinoamérica, es crucial poner atención a los grupos que no tienen las suficientes oportunidades.

El tercer punto, es crucial involucrarse en programas de educación científica pero desarrollados en proyectos de colaboración. Permítanme contarles uno de los proyectos colaborativos que llevo a cabo en un lugar en el cual no se imaginarían que existan problemas de educación. En Sillicon Valley, California, hay una gran cantidad de tecnología, ciencia y afluencia económica, sin embargo hay comunidades que no tienen acceso a la educación científica y son particularmente nuestras comunidades. Para ponerlo de manera directa a los compañeros mexicanos, es la "raza" quién está enfrentando estos problemas muy serios de falta de educación.

En este sitio hemos montado un proyecto de educación extra muros, involucrando a la comunidad, a los estudiantes. El programa se llama *REAL (Reedwood Enviromental Academy of Leadership)*, y se refiere a la escuela con la que trabajamos en *Redwood* en la que se desea crear una academia de líderes ambientales, estos líderes se pretende que sean los mismos estudiantes.

Las metas de este programa son: 1) Proveer a los estudiantes y a los maestros con recursos que les permitan enseñar y aprender Ecología; 2) Diseñar proyectos en los que se "ensucien las manos", es decir, que participen directamente e inspiren a los estudiantes a aprender Ecología. En esas comunidades, debo decirles que, si alguien se presenta frente a un pizarrón y expone conceptos aburridos por más de 15 minutos, los niños no ponen atención. Tienen que estar involucrados en el quehacer, lo cual nos da una oportunidad fantástica para mostrarles cómo es el quehacer científico. 3) Generar en los estudiantes la confianza de poder hacer bien las cosas, tienen la capacidad para desarrollarse satisfactoriamente en el ámbito de la ciencia. Si ustedes entrevistan a estudiantes de comunidades inmigrantes, ellos piensan que nunca podrán realizar un trabajo en el ámbito de la ciencia, sin embargo tienen toda la capacidad y debemos demostrarles e inculcarles la idea de que lo pueden lograr.

La aspiración e inspiración que estamos desarrollando en este programa es tratar de involucrar a los estudiantes, a los maestros de las escuelas y a las familias para que tengan un aprecio por el valor que tiene la ecología, intrínsecamente por lo fascinante que resulta la ciencia en sí y por la importancia para la sociedad en general. Para llevar esto a cabo hemos desarrollado un curriuculum específico en el ámbito de la ecología que tiene módulos para presentar el panorama general y posteriormente sesiones especificas. Nos hemos dado a la tarea de conseguir la infraestructura física básica, nada sofisticado, basta con un salón donde se pueda proyectar y tener uno o dos microscopios. Desde luego buscamos también el ambiente, este puede ser desde el jardín, el patio de la escuela, hasta un bosque, una pradera o un pastizal, en los casos de comunidades rurales para que sean aprovechados.

Lo siguiente que hacemos es involucrar a mis estudiantes y a otros profesores de la Universidad de Stanford con los profesores y directivos de la escuela en Reedwood, pensamos que enganchando a todos ellos pudiera ser un mecanismo apropiado de involucrarlos en la ciencia. Los estudiantes deben estar involucrados en la ejecución de los proyectos de ciencia y en la medida de lo posible complementar la enseñanza y formación a través de viajes, visitas a laboratorios, museos, o lugares similares.

En el panel del lado izquierdo en la siguiente lámina, les muestro algunas de las sesiones que hemos llevado a cabo con los estudiantes:

Me concentraré en presentarles la actividad número tres, *Fotosíntesis en tu jardín*. Ustedes imaginarán lo complejo, detallado y complicado que es transmitir y comunicar la idea de la fotosíntesis sobre todo a niños de esas edades. Lo que hacemos es verdaderamente simple y trivial; se les compra a los estudiantes con sólo $5.00 barniz transparente que utilizan las mujeres para pintarse las uñas y hago que lo coloquen en las hojas por la parte de arriba y abajo, después de esperar unos minutos a que seque el barniz, retiran la piel y la observan bajo el microscopio. Los niños observan los agujeros, llamados estomas, por donde se hace el intercambio gaseoso, cuentan cuántos hay por arriba y por debajo de la hoja, esto cambia totalmente la forma de ver la fotosíntesis. La manera, "trampas académicas" de ese estilo, ayudan a involucrar a los niños en la ciencia.

En la misma lámina, en la columna de la derecha les muestro los elementos que contiene cada una de las sesiones que realizamos

Examples of Curriculum Sessions
(Hands-on Activities)

- Ecological connections: Watershed to creek
- Invasion of exotic species in native ecosystems
- Photosynthesis in your garden
- Ecological analysis and global biodiversity data
- Art and Science: Hip-hop and fish conservation

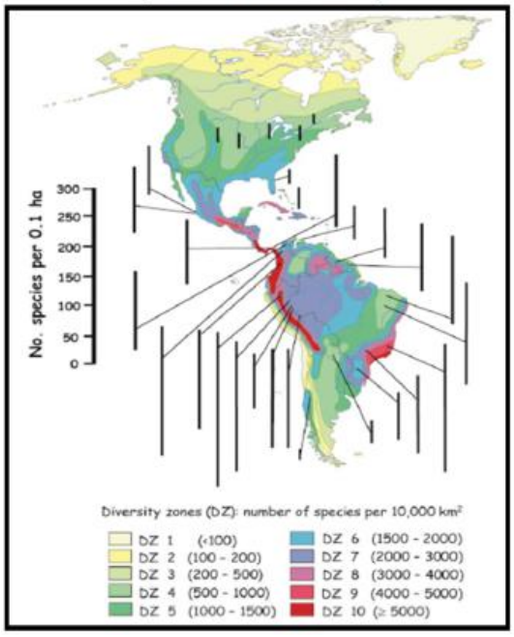
→

- Framework, conceptual introduction
- Hands-on activity: fieldwork execution
- Analysis of findings: Math, language
- Discussion and evidence-based debate
- Share, communicate
- Student journal

con los niños; primeramente les presentamos el marco de referencia conceptual, en segundo lugar realizamos la ejecución del proyecto, como un paso siguiente analizamos los datos en conjunto con matemáticas y el lenguaje apropiado y posteriormente con la evidencia que hemos obtenido generamos un debate entre ellos con el propósito de comunicar lo aprendido a otros compañeros y a otras escuelas. Y desde luego los estudiantes llevan el registro de su propio trabajo.

Por mostrarles un ejemplo, en la actividad referente al *Análisis Ecológico de la Biodiversidad*, quiero mostrarles cómo un tema tan complicado, como lo es la biodiversidad, se puede llevar a cabo en la escuela con la práctica que hemos discutido en esta conferencia. A los niños les presentamos preguntas de este tipo: ¿Cómo es que cambia la diversidad biológica en el mundo? ¿O será que es igual en todas partes?, si es que cambia, si sabemos que no es igual en todo el mundo, una pregunta que les surge de inmediato a los niños es ¿cómo es que los científicos saben eso? Y tercero, ¿porque eso es importante? Lo que hacemos es involucrar a los niños en la realización de un estudio ecológico a nivel local que tenga también un contexto global.

En el mapa que les muestro a continuación (Figura 2), se observa la riqueza de especies de plantas, es decir la biodiversidad de plantas en nuestro hemisferio. Los colores rojo y azul indican las zonas donde hay mayor riqueza biológica mientras que los colores verdes y amarillos indican la zona con menor riqueza de especies. Mientras más cerca estamos del Ecuador más riqueza biológica hay y a medida que nos alejamos al norte o al sur, la riqueza disminuye.



(Dirzo & Raven 2003)

Figura 2: *Biodiversidad de plantas en el continente americano*

Este es un planteamiento para los niños. En California, ¿cómo va a ser la diversidad biológica si la comparamos con otra parte del mundo?, imaginen la cara de los niños cuando se plantean que podrán contribuir a este enorme mapa conociendo la riqueza de plantas de su sitio. Les enseñamos un método que consiste en tomar una muestra (el concepto de muestreo), para posteriormente llevar a cabo un análisis científico, en este caso lo hacemos en una reserva cerca de la universidad. Les enseñamos cómo hacer una metodología que es repetible de sitio a sitio para que alguien más la pueda repetir o verificar, y después simplemente contamos las especies, analizamos y discutimos los resultados.

Es verdaderamente espectacular lo que se puede hacer con métodos tan simples y el nivel de respuesta de los estudiantes es increiblemente atractivo.

En el último ejemplo que quiero presentarles, en la actividad referente a *Arte y Ciencia* tratamos de combinar no solamente *STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)* sino *STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics)* como se mencionó en la presentación anterior. En esta actividad lo que hacemos es llevar un especialista en Hip hop que ayude a los estudiantes a realizar canciones y películas sobre los peces o la situación de la conservación del planeta.

Cuando hemos hecho las evaluaciones de este programa, como pueden ver en la lámina (Figura 3), en verde se muestran las percepciones iniciales de los niños y en rojo su percepción dos años después. Como ha cambiado

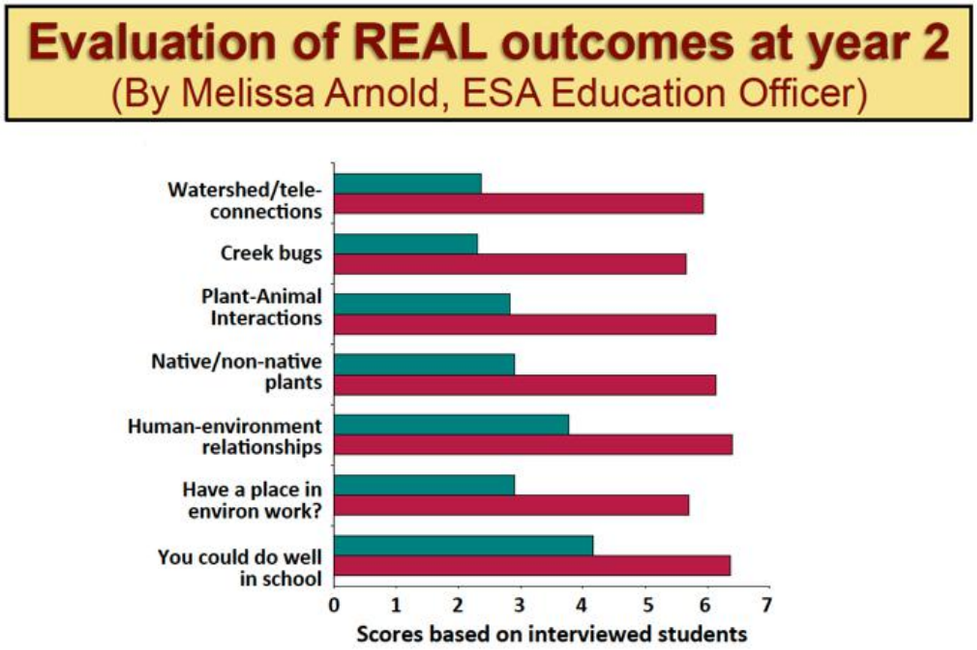


Figura 3: *Resultados de la evaluación del Programa REAL*

su confianza, como ha cambiado su conocimiento de diferentes temas de ciencia y en la barra inferior que nos muestra cómo creen que sería su desempeño si desearan seguir estudiando.

Este programa que llevamos a cabo con niños de comunidades inmigrantes en California, ahora los vamos a ligar a través de la tecnología con niños de la Ciudad de México. Haremos una expedición en California, y otra con los niños en el Pedregal de San Ángel en México. Con ayuda de la tecnología, hay un programa que se llama inaturalist (*www.inaturalist.org*), toman una fotografía de una planta o de un animal y obtienen la identificación y ecología de esa planta o animal, así los niños de California podrán discutir con los niños en México, intercambiándose e internacionalizándose el conocimiento de la ciencia.

Este tipo de programas, como el Programa *REAL* que se basa en aprender al ir haciendo, nos ha resultado de lo más atractivo y alentador. Es un programa que no se puede llevar a cabo si no es un programa colaborativo, en nuestro caso es una escuela que nos apoya con dejar que llevemos el proyecto a sus niños y maestros; desde luego es un proyecto apoyado por la universidad de Stanford, por los estudiantes de mi laboratorio y otras universidades que participan en este tipo de programas.

Este tipo de cosas me hace sentir esperanzado que ante la problemática de la ciencia y el ambiente, hay mucha esperanza si enfocamos nuestra atención e interés en promover la ciencia en las comunidades que no están privilegiadas.*

** Transcription*

Panellist:

Mauricio Duque

Pequeños Científicos Program

Uzkanga, Izaskun
Fundación propagas, Pequeños Científicos, Centro Greta STEAM, república Dominicana
Duque, Mauricio
Universidad de los Andes, Programa Pequeños Científicos, Colombia

Introducción

La educación *STEM* ha adquirido cada vez más relevancia en las últimas dos décadas. Las razones son sencillas: cerca del 4% de los profesionales *STEM* tienen de alguna forma, sobre sus hombros, la generación de capacidad tecnológica y de puestos de trabajo para el restante 96% (*OECD*, 2011b). De hecho, se pueden mencionar dos grandes razones para una mejor educación *STEM*:

- El ciudadano requiere de una formación *STEM* para el siglo XXI
  – Para su propio bienestar, para su empleabilidad
  – Para participar en una democracia del siglo XXI
- La sociedad requiere de individuos con formación *STEM*
  – Para ser productiva y competitiva
  – Para lidiar con los problemas contemporáneos
  – Para contar con más científicos e ingenieros

A continuación, se presenta brevemente una visión STEM, así como lo que en dos países, República Dominicana y Colombia, están realizando.

Una visión curricular STEM/STEAM

La abundante literatura sobre *STEM*, o más recientemente *STEAM*, muestra el interés que en el mundo ha despertado lo que está tras estas letras. Sin embargo, la lectura de muchos documentos sobre la materia no termina de aterrizar en sentido en el aula de *STEM* o *STEAM*.

A menudo basta que se trabaje con uno sólo de sus componentes para que se hable de *STEM*, lo cuál ha sucedido a menudo con los programas en ciencias, donde, basados en que hacer ciencias tiene que ver con tecnología, matemáticas y obviamente en ingeniería, se le certifica como una iniciativa *STEM*.

Desde la perspectiva del programa de Pequeños Científicos en su desarrollo en Colombia y en República Dominicana se ha preferido una versión más completa del término, partiendo de que se quiere algo o mucho más que simplemente educación en ciencias. Las característica que se han definido en el marco de este programa binacional son:

Se requiere un abordaje integral de la alfabetización en matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería

- Estas áreas se conectan, se enriquecen, se refuerzan
- Las matemáticas continúan siendo el gran obstáculo en este conjunto de disciplinas escolares.
- La tecnología, la ingeniería no son simplemente ciencia aplicada

Pero integral no significa mezclado–no trivializar

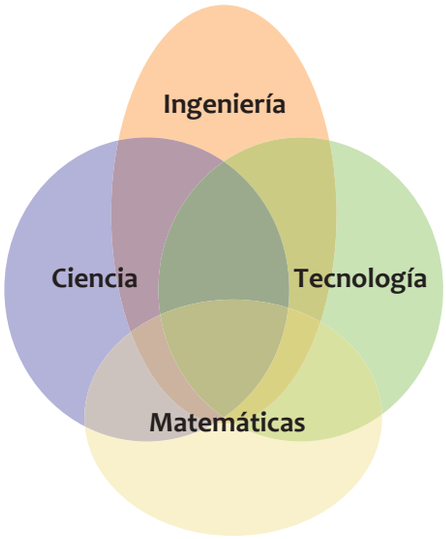
- Cada disciplina tiene sus

particularidades como objeto de estudio y como objeto a enseñar
- Requiere de sus estrategias propias de aprendizaje si bien son múltiples las conexiones

Tampoco significa separado:
- Cada área encuentra en los otros, contextos de aprendizaje genuinos y llamativos
- Son disciplinas profundamente conectadas con grandes interdependencias

Desde esta perspectiva la propuesta con la que viene trabajando este programa binacional es fomentar mejoras en el aprendizaje de cada una de las disciplinas, haciendo evidente sus relaciones al interior de la enseñanza-aprendizaje de cada una de ellas, incluyendo la lectura y las habilidades de comunicar. Igualmente cerrar el proceso con algunos proyectos transversales que permitan consolidad la conexión entre las disciplinas.

Finalmente una visión *STEM* debe llegar a políticas públicas en currículo donde, por ahora, ningún país de alto desempeño se ha lanzado en la aventura de proponer un currículo integrado y prefieren continuar con descripciones y prescripciones en cada disciplina, si bien ejemplos como el *NGSS* (2013) trazan conexiones, por ejemplo, con ingeniería. Una buena razón para no terminar haciendo una mezcla de todas las disciplinas es que las propuestas curriculares transversales tienden a funcionar mal en los sistemas educativos (Hattie, 2009). La razón posiblemente se deba a la capacidad que deberían tener los docentes para manejar algo integrado.



Claramente si este tipo de integración no sucede en los países de alto desempeño, donde la profesión docente es de las más exigentes, menos podrá pensarse en una aproximación de esta naturaleza en los países latinoamericanos.

La producción de una política pública en currículo implica responder a preguntas como:
- ¿Qué se debe aprender, ¿Qué se debe aprender a hacer? ¿para qué?
- ¿Cuáles son las grandes comprensiones?
- ¿Cuáles serían las grandes preguntas que deben guiar la indagación en el aula?
- ¿Cuáles deben ser los aprendizajes que deben perdurar para la vida?
- ¿Existen materiales educativos de calidad para esta visión?
- ¿Cómo preparar a los docentes para esta visión?
- ¿Cómo preparar a los estudiantes para esta visión?
- ¿Cómo preparar a la sociedad para el cambio?

A menudo los desarrollos de currículo a nivel nacional responden sólo algunas de estas preguntas.

Por lo pronto, países como Colombia y República Dominicana tienen propuesta curriculares muy diferentes:
- Colombia: estándares por grupos de grado, de difícil comprensión por parte de los docentes.
- República Dominicana: Programas nacionales por grado con un alto nivel de saturación de conocimientos declarativos.

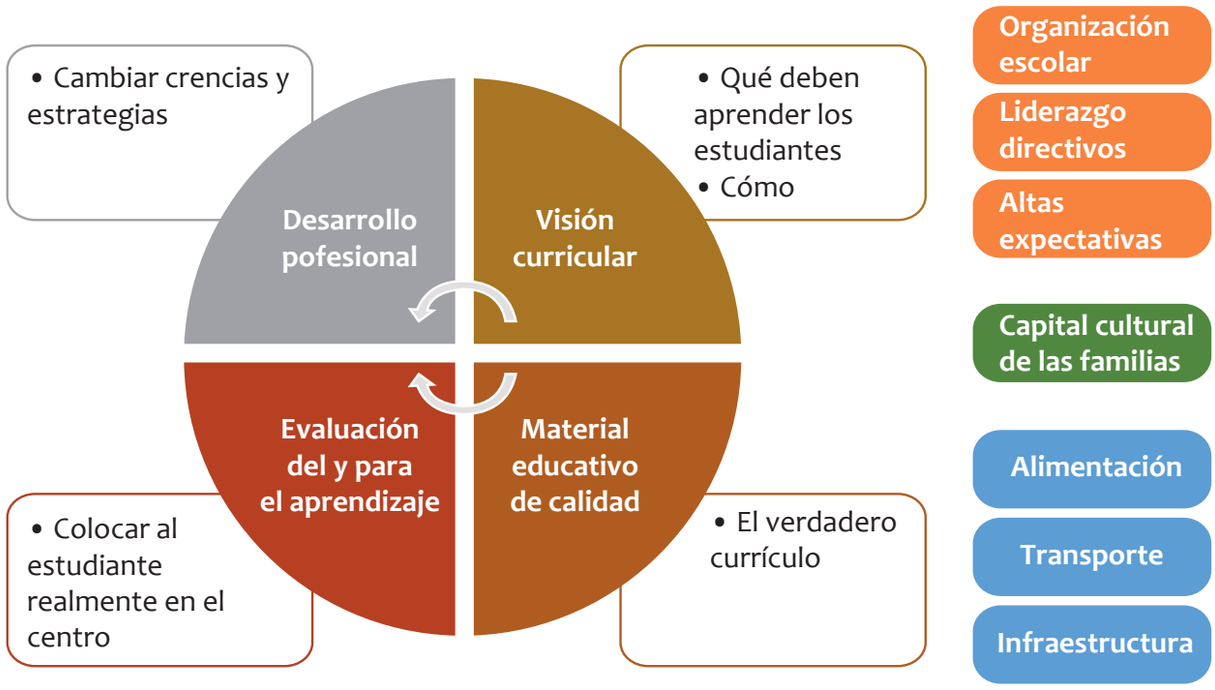
Ambos se pretenden constructivistas y orientados por competencias, pero un examen con respecto a programas nacionales de países de alto desempeño muestra en los dos casos documentos excesivamente complejos que finalmente no han resultado funcionales para el mejoramiento de la calidad de la educación en ambos países.

Mejoramiento de la calidad en la educación: ¿qué implica?

Mejorar la calidad de la educación requiere una intervención profunda que implica manejar diversas variables.

En particular resulta claro que la calidad de un sistema educativo se encuentra a la altura de los docentes de que dispone el sistema (Mckinsey, 2007).

Mejorar la calidad de la educación incluye al menos 4 grandes dimensiones:
- **Desarrollo profesional con el poder de cambiar concepciones en educación.** Infortunadamente, la mala interpretación de las teorías constructivistas como una pedagogía de enseñanza ha llevado a fomentar en las últimas décadas prácticas de aula contrarias a la investigación científica en la materia (Darling-Hammond & Richardson, 2009; Hattie, 2016;



Kirschner, Sweller, & Clark, 2010; Richardson, 2003). No sólo hay que cambiar a los docentes sino el enfoque de la formación inicial, aun fuertemente moldeada por las pedagogías derivadas de esta mala interpretación del constructivismo.

• **Definición clara de los aprendizajes.** Los factores que más afectan los logros educativos se asocian a claridad en los aprendizajes y altas expectativas sobre estos aprendizajes de docentes, familias y estudiantes (Australian Society for Evidence Based teaching, 2015; Hattie, 2012; Martinic, Huespe, & Madrid, 2008). Una evaluación formativa es imposible sin una clara definición de aprendizajes. De hecho países desarrollados como Inglaterra han promovido simplificar y aclarar los programas nacionales (Department of education, 2011).

• **Material educativo de calidad.** Ante las debilidades de los docentes y la falta de herramientas contundentes para una buena ejecución en el aula, se requiere material educativo de alta calidad que le ayude a aprender y a enseñar (Davis & Krajcik, 2005).

• **Finalmente, la evaluación.** En sus diferentes formas, la evaluación es fundamental. Sólo en el marco de la rendición de cuentas la autonomía de los establecimientos es positiva (Hattie, 2015; OECD, 2011a). Igualmente, sólo un diagnóstico de lo que saben o no saben los estudiantes, puede ayudar al desarrollo de las competencias faltantes.

Obviamente otros factores afectan la calidad de la educación, pero los cuatro anteriores están en la base del proceso de mejoramiento. Ello implica que se requiere desarrollar las 4 dimensiones para una propuesta *STEM* seria.

En un esfuerzo conjunto entre República Dominicana y Colombia, con el apoyo de Canadá, se desarrollaron materiales educativos para matemáticas compatibles, con una aproximación por indagación semejante a la aplicada en ciencias.

Los grandes obstáculos

Son múltiples los obstáculos a salvar para mejorar la educación en nuestros países:

Lectura comprensiva: Uno de los mayores retos de estos países, en los que métodos de enseñanza de los años 70, ampliamente desvirtuados por la investigación, siguen siendo utilizados (Dehaene, 2015; Fisher, Frey, & Hattie, 2016).

Seguimos en un paradigma denominado constructivista y de la educación por competencias, con prácticas erróneamente derivadas de estos dos conceptos que en su base son poderosos.

En este sentido, el sector educativo permanece relativamente impermeable a la investigación científica sobre el aprendizaje.

Se sigue exigiendo a docentes mal preparados en nuestros países lo que no se les pide a docentes de países de alto desempeño, seleccionados entre los mejores: diseños curriculares, diseños de materiales, innovación, investigación.

En estricto sentido, un estudiante en su aula de clases es sometido a las denominadas innovaciones educativas con menos controles éticos que los que se colocan a la experimentación con animales en laboratorios, lo cual no deja de plantear un interrogante ético central: la docencia parecería no pegarse a los estándares éticos de otras profesiones, donde la improvisación es duramente castigada y la innovación requiere antes que nada un estudio juicioso del estado del arte en la materia, pruebas intensivas antes de llevar "soluciones" a los seres humanos y agremiaciones profesionales que dictan estándares de la profesión (Celis, Duque, & Diaz, 2013).

Cierre

Mejorar la educación en nuestros países implica:

- una acción integral de múltiples actores basada en las evidencias y en la mejor información disponible. Es necesario que la ciencia entre en la educación y que los docentes entren en los códigos de ética profesionales de todas las otras profesiones;
- la educación es suficientemente importante como para dejarla en manos de un solo actor de la sociedad.*

** Document for the presentation*

REFERENCES

- Australian Society for Evidence Based teaching. (2015). How to give feedback to students: the advanced guide.

- Celis, J., Duque, M., & Diaz, B. (2013). La enseñanza como profesión: un factor fundamental para promover el tránsito entre la Educación Media y la Superior. Revista Internacional del Magisterio, 64(Septiembre-octubre), 28-33.

- Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Research/teacher learning: what matters? How teacher learn, 66(5), 46-53.

-Davis, E., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. Educational researcher, 34(3), 3-14.

- Dehaene, S. (2015). Aprender a leer; de las ciencias cognitivas al aula. Buenos Aires: Siglo XXI editores.

- Department of education. (2011). The Framework for the National Curriculum: A report by the expert Panel for the National Curriculum review. Retrieved from London:

- Fisher, D., Frey, N., & Hattie, J. (2016). Visible learning for literacy K-12: implementing practices that work best to accelerate student learning. London: Corwin Literacy.

- Hattie, J. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

- Hattie, J. (2012). Visible learning for teachers: maximazing impact on learning. New York: Routledge.

- Hattie, J. (2015). What doesn't work in education: the politics of distraction: Pearson.

- Hattie, J. (2016). Hattie Ranking: 195 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement. Retrieved from http://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/

- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2010). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. Educational psychologist, 41(2), 75-86.

- Martinic, S., Huespe, D., & Madrid, A. (2008). Jornada escolar completa en Chile. Representaciones de los profesores sobre sus efectos en los aprendizajes. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 1(1).

- Mckinsey. (2007). How the worlds´s best-performing school systems come out on top. Retrieved from

- NGSS. (2013). The next generation science standards: for states, By states. Washington: National Academy Press.

- OECD. (2011a). Autonomía y rendición de cuentas en los centros educativos: ¿están relacionadas con el rendimiento de los estudiantes? Retrieved from

- OECD. (2011b, 23-24 May). Education for innovation: the role of arts and STEM education: Workshop summary report. Paper presented at the Workshop OECD, Paris.

- Richardson, V. (2003). Constructivist pedagogy. Teachers college record, 105(9), 1623-1640. doi: 10.1046/j.1467-9620.2003.00303.x

Panellist:

Karen Worth

Wheelock College

Estas notas se refieren al reto de desarrollar currículos que tomen en cuenta los cambios en el papel que la ciencia desempeña en el mundo y los cambios en la experiencia de los niños, así como los papeles que desempeñan los profesores y el contexto de éstos últimos.

Hay varios documentos recientes procedentes de diversos países que abordan la importancia de la ciencia hoy día y que definen contenido básico a grandes rasgos. "*Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias*" es uno de ellos. Me gustaría difundir este trabajo en los Estados Unidos de América, no porque piense que es un modelo a seguir sino porque creo que es valioso estudiar este tipo de trabajos y, especialmente, el razonamiento subyacente a ellos. En Estados Unidos de América, la Academia Nacional de Ciencias ha contribuido mucho desde los noventas, cuando se desarrollaron los primeros estándares nacionales, al igual que la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia con sus referentes sobre la alfabetización científica. Recientemente, en un intento por actualizar los estándares desarrollados en los noventas, el Consejo Nacional de Investigación desarrolló el *Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica: Prácticas, conceptos transversales e ideas clave*. Es de particular interés que en este documento se hayan incluido la tecnología, la ingeniería y las aplicaciones de la ciencia. Al incorporar la E y la T de *STEM*, así como la idea del aprendizaje progresivo de conceptos científicos, este nuevo documento trata de preparar el terreno para el desarrollo de estándares y para decidir lo que debe incorporar el currículo.

En 2013 se desarrolló un conjunto de estándares (los Estándares de Ciencias de la Próxima Generación, *NGSS* por sus siglas en inglés) a partir de dicho marco. Estos estándares tratan de reflejar de manera más específica lo que se entiende como aprendizaje progresivo, al definir estándares para cada grado a nivel elemental y por asignatura a nivel medio. Están organizados tanto por ideas centrales como por tema. Además, están redactados de manera que quede clara la necesidad de actividades concretas, con la idea de relacionar teoría y práctica. No es un currículo como tal, pero proporciona una guía mucho más firme que las disponibles anteriormente, especialmente en lo que se refiere a la organización por temas. Actualmente tenemos también dos programas simultáneos que se esfuerzan por desarrollar evaluaciones fijas adecuadas para dichos estándares.

Dado que constituimos un sistema educativo descentralizado, los documentos a nivel nacional son sólo sugerencias. Lo que importa en términos de estándares y evaluación es lo que sucede a nivel estatal. Aunque muchos estados (40) sólo expresaron interés, 14 han adoptado

los estándares con resultados muy variados.

Es realmente poco claro el alcance de esta visión nueva, pero será interesante observar el impacto, si es que lo hay, en los estados que adopten los estándares y las evaluaciones, y comparar dichos estados con aquéllos que no los hayan adoptado. En cierta forma, es un experimento natural. Este sería el escenario en los Estados Unidos de América, pero debido a los controles locales a nivel estatal y a nivel distrital, se trata realmente de un escenario más que de una realidad.

Me gustaría tratar los currículos desde una perspectiva ligeramente diferente a la que tomó Pierre Léna en su presentación, y compartir algunas ideas/retos relacionados con el desarrollo de planes de estudios en la escuela y en el aula. Creo que el material del currículo para escuelas y docentes es esencial al implementar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, y que si pensamos cuidadosamente en ideas nuevas y tecnologías de información recientes, podemos mejorar nuestro desempeño actual.

No quiero alejarme demasiado del tema de esta sesión, pero es difícil hablar de currículos sin hablar de los profesores y del entorno en el que trabajan. El desarrollo de material de alta calidad para los docentes debe tomar esto en consideración.

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación es difícil de implementar y requiere una gran habilidad y mucho conocimiento en cinco áreas (o tal vez más) que se traslapan. Algunas de ellas son específicas de la ciencia; otras son más generales y tienen relación con varios campos del conocimiento.

Contenido científico

Para aplicar correctamente la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, los docentes deben tener una comprensión básica de la naturaleza de la ciencia, así como de las grandes ideas o conceptos. En la escuela primaria, donde un solo profesor enseña todo el currículo, este requiere conocimientos en muchas ramas de la ciencia. El nivel de comprensión no es claro. Si añadimos la T y la E de *STEM*, además de la informática y los asuntos claves que trató Pierre Léna, estamos hablando de una cantidad enorme de conocimiento.

Conocimiento de la ciencia pedagógica

Conocer los contenidos no es suficiente. Para enseñar un contenido, el docente debe comprender y ser capaz de utilizar la pedagogía de la indagación científica, y saber cómo presentar ideas y experiencias a los niños de manera que les brinden oportunidades de construir una base sólida para un aprendizaje y una comprensión mayores. También debe mantener el placer y la curiosidad de los alumnos al explorar su mundo. Aunque tengamos cierta idea de esto a partir de las ideas básicas descritas en Grandes Ideas, cuando nos adentramos en currículos integrales nos encontramos en un punto ciertamente complejo.

Conocimiento pedagógico

No es privativo de la enseñanza de la ciencia el conocimiento que deben tener los profesores de las estrategias de instrucción que conforman la base de la enseñanza y el aprendizaje: manejo de grupo, evaluación, la forma de construir una cultura del aprendizaje en el aula. Sin embargo, la ciencia tiene requerimientos específicos, como el manejo de materiales, el desarrollo del discurso de los niños y la investigación por equipos efectiva.

Desarrollo del niño

Para entender los conocimientos y el razonamiento de los niños, y para poder construir a partir de eso, los docentes deben saber la manera en que se crean y modifican las ideas en la mente del niño, así como el valor de los conceptos ingenuos. También es importante que conozcan el tipo de enseñanza apropiada para diferentes momentos del desarrollo infantil y que estén atentos a las necesidades especiales de cada niño.

Contexto

En cualquier aula, los niños proceden de distintos entornos socioculturales, que pueden manejar visiones de la ciencia diferentes a las que se describen aquí. También tienen su propio sistema de valores y creencias en lo que respecta a la educación. Además, los niños han tenido sus propias experiencias dentro y fuera de la escuela. Para enseñar de manera efectiva, los profesores deben manejar estrategias para trabajar con las familias, identificar y conocer dichas diferencias e integrarlas en su propia instrucción.

Otro reto para el currículo es el hecho de que los profesores generalmente operan en un centro educativo grande y complejo, en comunidades, así como con los elementos del contexto nacional que pueden influir su enseñanza y la manera en que deben impartirla. Si bien los currículos no deben sucumbir ante estos elementos, los docentes necesitan apoyo para navegarlos. A continuación, menciono algunos:

Un currículo sobresturado, donde se da prioridad a algunas asignaturas sobre otras

Aunque hay una cantidad enorme de temas que es importante enseñar, cuando menos en los Estados Unidos de América las matemáticas y la lengua tienen prioridad sobre otras ramas del conocimiento, así que su enseñanza consume una gran parte del tiempo de instrucción. Se suele considerar que la Ciencia es menos importante, por lo que se le otorga menos tiempo por día y por semana. Sin embargo, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación requiere mucho tiempo para que los niños construyan su comprensión.

Progresión

Cada vez entendemos mejor la manera en que los niños construyen la comprensión de las grandes ideas. Con el transcurso de los años, esta comprensión se vuelve más profunda y son capaces de establecer relaciones más sofisticadas. Sin embargo, muchos currículos organizados por grados no toman esto en cuenta.

Diferencias filosóficas y pedagógicas

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación se basa tanto en una filosofía constructivista (y de constructivismo social) como en estrategias de instrucción que incluyen experimentación, tomar riesgos, argumentar y colaborar. Si la filosofía en boga apoya la enseñanza vertical y la adquisición de información mediante la memoria, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación y las estrategias de aprendizaje probablemente vaya contra esa visión. Esto hace que el profesor y sus alumnos deban trabajar siguiendo métodos que restan utilidad a la enseñanza basada en la indagación.

Propósito de la educación escolarizada

Relacionado con las diferencias en el enfoque filosófico, puede haber distintos valores y creencias acerca del propósito de la educación escolarizada. No es raro en los Estados Unidos de América, que en los niveles estatal y distrital, se considerare que el principal propósito de la educación escolarizada es la adquisición de información y habilidades básicas, y no el desarrollo del pensamiento crítico e independiente. Los exámenes estandarizados tienden a acentuar este problema.

Me gustaría hacer notar un último punto, que es de gran importancia en el desarrollo del currículo: los profesores de una comunidad dada, de cualquier tamaño, están en distintos niveles de desarrollo como docentes. Cualquier cambio en la forma de enseñar un tema se da de

forma continua. Los profesores que están preparándose para aplicar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación están menos preparados que aquéllos que ya lo hacen, así que necesitan otro tipo de apoyo. Ellos también tienen un aprendizaje progresivo, del cual necesitamos aprender mucho. Debemos desarrollar currículos que sirvan tanto para el docente novato como para el experto. En esencia, debemos construir el avión en pleno vuelo.

Dados los conocimientos, las habilidades y la disposición necesarios a enseñar ciencia de manera efectiva en diversos contextos, y el hecho de que proporcionar una senda que conduzca a los profesores novatos hasta convertirlos en expertos es en sí una progresión, el papel que desempeña el currículo no es enorme pero sí significativo. Es mucho más importante el desarrollo de los docentes, no sólo en cuanto a ciencia sino también en lo que se refiere a pedagogía constructivista y el aprendizaje, así como crear contextos a niveles local y nacional que permitan este tipo de enseñanza.

Entonces el currículo es extremadamente importante, y me refiero al currículo que llega a manos del profesor. *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias* proporciona un mapa que sirve como base para el desarrollo de currículos. Sin embargo, el desarrollo de un currículo también debe considerar los conocimientos y habilidades que los docentes deben poseer, además de las restricciones que impone el contexto. Esto es de importancia crucial al diseñar unidades de estudio y también para un grado y para amplios programas curriculares de las escuelas.

El desarrollo de currículos es un trabajo de equipo donde participan científicos, docentes expertos y educadores de la ciencia. Los currículos de alta calidad pueden guiar a los profesores para que impartan enseñanza de la ciencia basada en la indagación sólo si están construidos de acuerdo con las siguientes bases.

Contenido

El currículo debe reflejar la mejor definición del contenido clave (conceptos y práctica). Una definición dada será muy similar en la mayoría de los textos serios. Sin embargo, tenemos mucho que aprender sobre la manera de integrar efectivamente el contenido y de manejar varios asuntos delicados, como los que describió Pierre Léna en su trabajo. También debemos tener en mente que la progresión lógica del razonamiento puede no corresponder exactamente con la

progresión de las ideas de los niños, y que sus intereses a veces pueden excluir asuntos que a nosotros nos parecen muy importantes. Estas precauciones deben tomarse muy en serio. Sentimos la necesidad de tratar temas como el cambio climático, la disminución en la biodiversidad y la destrucción del medio ambiente, y queremos hacerlo de acuerdo con nuestra concepción incipiente de las progresiones. Debemos tener cuidado de mantener vivos la emoción y la curiosidad de los niños, así como de fomentar el reto que experimentan para encontrarle sentido a su entorno inmediato. Si no aprecian el mundo natural y los caminos que marca la ciencia, no les interesarán esos problemas.

Desarrollo infantil

El plan de estudios debe reflejar el conocimiento que tenemos sobre desarrollo infantil y las estrategias que poseemos para descubrir el conocimiento y la forma de pensar de los niños (evaluación formativa). Al trabajar con niños pequeños, puedo apreciar la enorme pérdida de tiempo que hay cuando tiene lugar cualquiera de las tres situaciones siguientes: 1) Se les pide a los niños que trabajen con las grandes ideas antes de que hayan entendido y experimentado con las pequeñas; las grandes ideas pueden ser demasiado abstractas o pueden requerir conocimientos de los que carecen los alumnos. 2) No se les da a los estudiantes tiempo suficiente para reflexionar, pensar y razonar. 3) Se hace trabajar a los niños en temas como las especies en peligro de extinción o el cambio climático, antes de que estén listos en términos de interés y conocimiento.

Conocimiento de la ciencia pedagógica

Es claro que el currículo debe reflejar nuestro conocimiento acerca de la manera en que deben presentarse las ideas a los niños. Esto involucra tomar en cuenta sus nociones típicamente ingenuas, así como teorías y estrategias de razonamiento.

Estrategias de instrucción

Relacionado estrechamente con el punto anterior, los currículos deben guiar con claridad a los docentes en el uso de estrategias de instrucción que apoyen la enseñanza basada en la indagación. Algunas de éstas son: hacer preguntas, facilitar la discusión y la argumentación, requerir el uso de cuadernos de ciencia, estructurar investigaciones efectivas, identificar el material necesario e incorporar varias estrategias de evaluación formativa, con guías sobre la forma de analizar dichas evaluaciones.

Progresiones

El currículo debe reflejar lo que sabemos sobre las progresiones que suelen tener lugar en una unidad individual, en un programa anual dentro del aula y en un programa escolar en general. Al mismo tiempo, debe dar lugar para la variación que inevitablemente existe.

Evaluación

Finalmente, el currículo debe incluir una gran variedad de estrategias de evaluación, tanto formativa como sumativa. Aunque dichas evaluaciones no vayan a reemplazar a corto plazo los exámenes nacionales y estatales, ayudarán a los profesores a enseñar y proporcionarán información sobre el aprendizaje que les permitirá mejorar su propio desempeño.

Lo que el currículo no puede hacer (y donde puede, de hecho, constituir una influencia negativa) es predecir e incluir las decisiones y respuestas cotidianas que constituyen la base de una buena enseñanza. Son los conocimientos y la experiencia del docente los responsables de que funcione el currículo; no las unidades ni ningún tipo de instrucciones. Se trata de las decisiones que los profesores toman en diversas situaciones, como una pregunta, un diálogo entre alumnos o resultados novedosos. Son las decisiones de lo que sucederá mañana y la próxima semana, a partir de la forma en que han estado trabajando los alumnos y no sobre un currículo escrito. Lo importante en este proceso son el desarrollo profesional y el acompañamiento, no el currículo. Conforme los profesores siguen el currículo, deben tomar estas decisiones de acuerdo con diversos aspectos, algunos de los cuales se exponen a continuación.

El contexto individual de cada niño

¿Cómo es su entorno? ¿Qué tipo de experiencias ha tenido? ¿Qué experiencia individual trae a la escuela? ¿Qué tipo de asuntos comunitarios pueden resultarle de interés? ¿Qué experiencias adicionales es probable que tenga en un futuro?

Necesidades de desarrollo

Cada grupo de niños tiene individuos con distintas capacidades, intereses y retos, así como sus propias teorías ingenuas. Ningún currículo puede cubrir eso. ¿Cómo evaluar a cada niño? ¿Qué nivel de comprensión se espera para el grupo y a nivel individual? ¿De qué manera puede adaptarse una lección para que satisfaga diversas necesidades especiales?

Preguntas de los niños

¿Cómo pueden responderse las preguntas de los niños? ¿Qué hacer si no se puede responder una pregunta?

Adaptación a necesidades externas

¿Qué compromisos son necesarios de asumir dadas las prioridades, el tiempo y los valores locales? ¿Cómo puede hacerse compatible la demanda de las pruebas locales sin restar efectividad al currículo? Esto último es un asunto serio en los Estados Unidos de América.

Es interesante pensar sobre la manera en que los nuevos currículos digitales pueden ayudar realmente, al poner a disponibilidad del profesor guías con estrategias alternativas, información y sugerencias para manejar distintas situaciones, contenido que deben manejar, así como estrategias pedagógicas. También pueden tomar en cuenta entornos variados, modificaciones para niños con necesidades especiales y variaciones de acuerdo con la experiencia del profesor.

En resumen, los docentes requieren currículos de alta de calidad que puedan guiarlos en las áreas correspondientes, además de ayudarlos a desarrollar sus conocimientos y habilidades: en otras palabras que sea educativo. Debe estar integrado con *STEM*, así como con el uso del lenguaje y con otras áreas. Es importante que se encuentre en el justo medio entre la prescripción, para profesores al inicio de la progresión, y flexibilidad, que permita la apertura en el caso de docentes experimentados.

No puedo terminar mi presentación sin mencionar a los más jóvenes (tres a cinco años), a quienes se dirige parte de mi trabajo. Actualmente, hay mucha más investigación y, en Estados Unidos de América, también más retórica sobre la importancia del Preescolar. Aunque estamos atrasados respecto a muchos países en lo que respecta a la cobertura universal en Preescolar, se ha observado un gran aumento en el interés que despierta *STEM* en edades tempranas. La investigación sugiere que solemos subestimar lo que los niños pequeños pueden pensar y hacer, así como la naturalidad de su interés y su motivación para encontrarle sentido al mundo. Trabajar con ellos puede sentar las bases para una educación escolarizada más formal, pero tendremos que dejar este tema para otra ocasión.*

** Document for the presentation*

Panel III

The teacher as a trigger for change: characteristics, strategies and resources for an effective science teaching

Key note speaker:
Hubert Dyasi

Panellists:
Rosendo Pelayo Valdés
Prasad Ram
Shelley Peers

Moderator:
Marinela Servitje

Key note speaker:

Hubert Dyasi

Especialista en Educación en Ciencias

"El profesor desempeñó el papel de organizador. Como guía, escuchaba las ideas de los niños y los animaba a que expresaran otras. Los condujo a que discutieran sus preguntas e indicó algunas maneras de encontrar las respuestas. Se ocupó de que hubiera material suficiente y de pedir a los niños que llevaran más cuando era necesario. No les dijo nada acerca de la hormiga león, pero les dio una pista: pregúntenle a la hormiga león."

Jos Eltgeest en Ask the Ant Lion, publicado por Centro de Desarrollo Educativo (*Education Development Center*), (sin fecha), Newton, Massachusetts, Estados Unidos de América.

Introducción

En la cita que aparece arriba, el fallecido educador holandés Jos Elstgeest resume algunos aspectos del profesor como figura "detonante" en las clases de ciencia basadas en la indagación. Ilustra un aula animada donde profesor, estudiantes y fenómenos naturales trabajan juntos para que los niños aprendan ciencia. En este caso, los niños están involucrados investigando científicamente de primera mano a la hormiga león, un estado larvario de una especie de la familia Myrmeleontidae, que son insectos. Las hormigas león depredan sobre las hormigas, a las que atrapan en huecos bien camuflados que excavan en arena o arcilla sueltas. Como señala Elstgeest, el profesor "no les dijo nada acerca de la hormiga león", sino que fungió como guía, organizador y facilitador, permitiendo que los niños encontraran por sí solos las respuestas a sus preguntas, al interactuar con la hormiga león.

Dicha cita es una formulación temprana de lo que la comunidad de la educación en ciencias en muchos países, incluyendo la de Innovación en la Enseñanza de la Ciencia (INNOVEC) en México, ha ido paulatinamente reconociendo como los objetivos de una metodología basada en la indagación los siguientes: (a) fomentar que los niños alcancen una comprensión de ideas claves de la ciencia, (b) conducir a los niños para que desarrollen maneras científicas de crear y verificar conocimientos y teorías científicas, (c) utilizar la curiosidad natural de los niños y el aprendizaje activo en contextos reales para conseguir los dos objetivos anteriores. En una buena clase de ciencias, los tres objetivos están relacionados estrechamente entre sí.

¿Qué es la indagación científica?

En palabras a los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de América (*NSES*, por sus siglas en inglés), la indagación científica involucra "las diversas maneras en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia que resulta de su trabajo" (*National Research Council*, 1996, p 23). Además, los *NSES* aseveran que los científicos utilizan habilidades necesarias para la indagación científica, como proponer explicaciones que concuerden con sus observaciones y que puedan ponerse a prueba, planear investigaciones considerando la evidencia experimental existente, así como recopilar, analizar e interpretar datos que obtienen mediante herramientas científicas. A partir de los datos y de su análisis, proponen respuestas posibles, explicaciones basadas en la evidencia y predicciones, que comunican y defienden de manera profesional.

Las habilidades necesarias para involucrarse en indagación científica son sólo una dimensión de la ciencia basada en la indagación. En la práctica, se integran con otras dos dimensiones: conceptos y procesos unificadores de la ciencia, e ideas clave de cada disciplina científica. Estas tres dimensiones han sido llamadas prácticas científicas, conceptos interdisciplinarios e ideas disciplinares clave, respectivamente (*National Research Council*, 2012).

A partir de las tres dimensiones de la ciencia basada en la indagación, surgen preguntas relacionadas con la educación científica: ¿cuáles son los puntos esenciales para una enseñanza de la ciencia basada en la indagación que sea exitosa? ¿Qué estrategias y recursos son necesarios para implementar dicha estrategia de manera exitosa en el aula?

Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación

De acuerdo con los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos, la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación consiste en "actividades que permitan a los estudiantes desarrollar conocimiento y comprensión de las ideas científicas, así como comprensión de la manera en que los científicos estudian el mundo natural" (*National Research Council*, 1996, p 23). El Panel Interacadémico (*IAP*, por sus siglas en inglés) ha expresado un punto de vista similar, describiendo la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación como "los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas clave, mediante el aprendizaje de la forma de investigar, y así construyen su conocimiento y su comprensión del mundo que los rodea" (Wynne Harlen, 2013, p 12).

El libro Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias elabora sobre esta definición, añadiendo lo siguiente: los estudiantes desarrollan comprensión a través de su propia actividad mental y física, partiendo de las ideas que tengan y desarrollando ideas científicas más poderosas que permitan explicar fenómenos nuevos, mediante la recolección, el análisis y la interpretación de evidencia" (Harlen, 2015a, p 4). Bruce Alberts, quien fuera presidente de las Academias Nacionales de Estados Unidos de América, afirma que la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación ayuda a que los estudiantes desarrollen los valores científicos de "honestidad, basarse en la evidencia y la lógica para juzgar, un deseo por explorar ideas nuevas, una actitud escéptica hacia respuestas sencillas a problemas complejos" (Alberts, 2009, pp 77-80).

Tanto en el consenso como en los fundamentos sobre la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación, reconocen que la indagación científica concuerda con diversos aspectos de la ciencia: su historia, sus prácticas, sus ideas clave y los conceptos que son comunes a todas las disciplinas científicas.

Elementos básicos para enseñar y aprender ciencia a través de la indagación

La enseñanza es una guía para el aprendizaje en el aula. Es la guía lo que relaciona, de manera física, intelectual y emocional, al estudiante con lo que ha de aprender, con la forma en que lo aprende y con los contextos de dicho aprendizaje. El profesor de ciencias actúa entonces para que los niños puedan aprender ciencia, en un aula de enseñanza básica donde hay muchos recursos interesantes de educación científica. Estos cuatro elementos dinámicos: el profesor, el estudiante de ciencia basada en la indagación, el aula en sí y los recursos apropiados, son básicos para la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (Figura 1).

Estos elementos proporcionan una base profesional y un marco de referencia para juzgar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia basados en la indagación en la educación básica.

Figura 1: *Elementos para aprender ciencia a través de la indagación*

Dentro del aula activa de Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación

Niños

En la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación de alta calidad, el *énfasis se pone en que los estudiantes desarrollen progresivamente una comprensión y un gusto* por la ciencia, y en que adquieran habilidades prácticas y conceptuales para involucrarse en la indagación científica de manera exitosa. Los resultados de la investigación acerca de las capacidades de los niños, han establecido que a los cinco años de edad la mente del niño está lo suficientemente desarrollada como para tener "una gran capacidad para aprender en general, así como para el aprendizaje científico, y que son capaces de un razonamiento científico sorprendentemente sofisticado" (*NRC*, 2007, p 69). Para esa edad, los niños poseen requisitos importantes para involucrarse en la ciencia basada en la indagación, como curiosidad por los fenómenos naturales, habilidad para identificar y entender fuentes de conocimiento, habilidad para distinguir entre creencias y evidencia, capacidad para investigar y buscar explicaciones, un alto nivel para identificar patrones y para hacer abstracciones a partir de observaciones y experiencias. Aunque en la mayoría de los casos dichos requisitos se limitan a áreas y experiencias específicas, los profesores pueden guiar al grupo de manera que todos los niños las utilicen durante la clase de ciencias basada en la indagación.

Otros estudios muestran que los estudiantes de educación básica son capaces de aprender estrategias que les permitan monitorear y ser críticos con su propia comprensión de las ideas científicas, así como examinar y evaluar su propio progreso en todos los aspectos de la investigación científica (*NRC*, 1999). Por ejemplo, pueden aprender a evaluar su propio progreso al: hacer preguntas indagatorias; hacer predicciones que puedan ponerse a prueba; planear, realizar e interpretar investigaciones científicas; comunicar y argumentar en todos los aspectos de la indagación científica. Conforme evalúan su progreso en todos estos aspectos, y comunican y argumentan respecto a su trabajo durante la clase de ciencias, los niños hacen visible su aprendizaje y su razonamiento. Como resultado, ellos y sus compañeros, así como el profesor, pueden examinar y refinar su conocimiento científico abiertamente. De esta manera, su trabajo llega a parecerse mucho al de los científicos profesionales. Sin embargo, nada de esto puede suceder sin la guía de un profesor capacitado.

Recursos

Un recurso es cualquier cosa que ayude a progresar hacia algún objetivo; constituye un medio para alcanzar el objetivo. En esta presentación, sólo puedo mencionar algunos recursos para aprender ciencia mediante la indagación, la forma de usarlos y las características que deben tener. Los recursos para la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación en la escuela primaria, incluyen **fenómenos naturales y artificiales** (agua, sombras, espejos, animales, plantas, productos químicos comunes, edificios, nosotros mismos), gente (profesores, alumnos, padres de familia, científicos, ingenieros), localidades (patio de la escuela, aula, ríos y estanques, caminos y carreteras, centros científicos, museos, zoológicos, parques), equipamiento (juguetes, juegos de parque, aparatos científicos, tecnología, herramientas comunes), **fuentes de información y de ideas** (materiales de enseñanza, materiales de aprendizaje, libros, páginas web, gente, industrias) (Bell, 2015).

Características de los recursos adecuados para la ciencia basada en la indagación:

- Deben ser seguros, accesibles y adecuados para niños de la edad correspondiente.
- Deben despertar el interés y estimular la curiosidad.
- Deben tener mucho potencial para inducir preguntas en los niños.
- Deben confrontar las ideas que tengan los niños y conducir al deseo de poner a prueba tales ideas.
- Deben ser útiles para alcanzar el objetivo propuesto.

La efectividad de un recurso adecuado no sólo depende del propósito por el que sea utilizado, sino también de la manera en que se utilice. En el aprendizaje de la ciencia basado en la indagación, los recursos suelen servir para capturar la atención de los estudiantes, así como para activar su imaginación y su creatividad. A veces ayudan a compaginar de manera armoniosa las necesidades de los estudiantes y la indagación científica. De interés particular son recursos que puedan refinar la indagación y proporcionar evidencia a los estudiantes (por ejemplo, microscopios y telescopios). Un recurso que sea muy bueno puede utilizarse para alentar a los estudiantes a buscar distintas maneras de pensar acerca de un problema, lo que enriquece su aprendizaje al introducir otras rutas de indagación posibles.

Sin embargo, los tres recursos más importantes en el aula de aprendizaje científico son: el profesor y sus herramientas; los estudiantes; los fenómenos naturales.

El docente como facilitador del aprendizaje de los niños

La enseñanza de la ciencia a través de la indagación puede resultar en un aprendizaje de alta calidad si los profesores entienden y utilizan el conocimiento, basado tanto en la investigación como en su propia experiencia, de las capacidades y los intereses de los niños, como se describió arriba. Dicho conocimiento debe reflejarse en el hecho de que el docente adopte de manera consistente los estándares profesionales aceptados para la práctica en el aula de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación.

Los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de América hicieron énfasis en los siguientes estándares profesionales de enseñanza: (a) planear un programa basado en la indagación para los estudiantes; (b) guiar y facilitar el aprendizaje mediante la indagación; (c) evaluar continuamente la propia enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes; (d) diseñar y manejar entornos de aprendizaje apropiados, de manera que los estudiantes tengan el tiempo, el espacio y los recursos necesarios para aprender ciencia a través de la indagación; (e) cultivar comunidades de estudiantes de ciencia en el aula; (f) participar activamente en la planeación y el desarrollo de un programa de ciencias escolar (*NRC*, 2000).

Implementar dichos estándares requiere que los docentes entiendan profundamente y utilicen activamente modelos y estrategias de enseñanza apropiados, basados en la investigación. Tales modelos parten de una comprensión profunda de la ciencia basada en la indagación y de la manera en que puede enseñarse exitosamente; del conocimiento de la forma en que los niños aprenden ciencia y de la manera de apoyar sus esfuerzos; de saber utilizar correctamente recursos de enseñanza y aprendizaje adecuados para el aprendizaje basado en la indagación. Sin embargo, un buen modelo de enseñanza de la ciencia no es suficiente por sí solo para aprender ciencia a través de la indagación: la clave es cómo ponerlo en práctica dentro del aula. Nuevamente, para que una estrategia de enseñanza de la ciencia funcione bien, debe concordar con la investigación sobre la manera en que aprenden los niños, con las ideas y la práctica científicas, con las prácticas en el aula que favorecen que los niños aprendan ciencia mediante la indagación y con la manera en que los profesionales resuelven problemas de enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Debe crearse una cultura en el aula que aliente un aprendizaje de la ciencia productivo y regocijante, basado en la indagación.

Un modelo básico para enseñar ciencia a través de la indagación

La Figura 2 representa un modelo básico para aprender ciencia a través de la indagación en el aula. Parte de la siguiente premisa: el aprendizaje de alta calidad de la ciencia basada en la indagación por parte de alumnos de educación básica, involucra que el profesor, los niños y los recursos de aprendizaje científico tengan una relación fuerte y armoniosa. Trabajando en equipos pequeños, los niños observan o consideran un fenómeno mostrado o propuesto por el profesor. El fenómeno les resulta familiar e interesante, así que surgen preguntas acerca de él. En el ejemplo de Elstgeest que aparece al principio del texto, el fenómeno en cuestión era una hormiga león: un animal muy común en la vida cotidiana de sus estudiantes. Algunas de las preguntas que surgieron son las siguientes:

"¿Qué es? ¿Qué hace? ¿Cómo se mueve? ¿Qué come? ¿Cómo atrapa su alimento? ¿Por qué vive en esos pequeños huecos de arena? ¿Cómo come? ¿Cómo hace los huecos de arena? ¿Puede hacer un hueco parecido en otro tipo de material, como grava, harina, azúcar o cenizas? ¿Prefiere la arena a la grava? ¿Cómo saca cosas de su hueco? ¿Qué es lo más grande que puede sacar de su hueco? ¿Puede ver hacia dónde lo saca?" (*Education Development Center*, 1969, *Ask the Ant Lion*, p 4).

Sin embargo, el fenómeno de interés puede no tener lugar físicamente, sino tratarse de una idea científica o una serie de datos.

Darse cuenta de las cosas es uno de los ingredientes de la curiosidad ("curiosidad "en la Figura 2), que conduce a formular preguntas de interés acerca de un fenómeno y a buscar las respuestas a dichas preguntas. Al principio, las preguntas pueden carecer de un sistema o espíritu científicos. Estas ideas iniciales son estimaciones a partir de la información que tienen los estudiantes ("predicciones" en la Figura 2), y pueden ser reformuladas de manera que sean sujetas a la indagación científica ("indagación de primera mano "en la Figura 2). Dicha indagación debe diseñarse y planearse con cuidado, de manera que los datos obtenidos sean confiables desde el punto de vista científico y puedan organizarse ("representación" en la Figura 2) de manera científica. Esto también conduce a formular conclusiones científicas que puedan ponerse a prueba, a partir de la evidencia obtenida ("resultados" en la Figura 2).

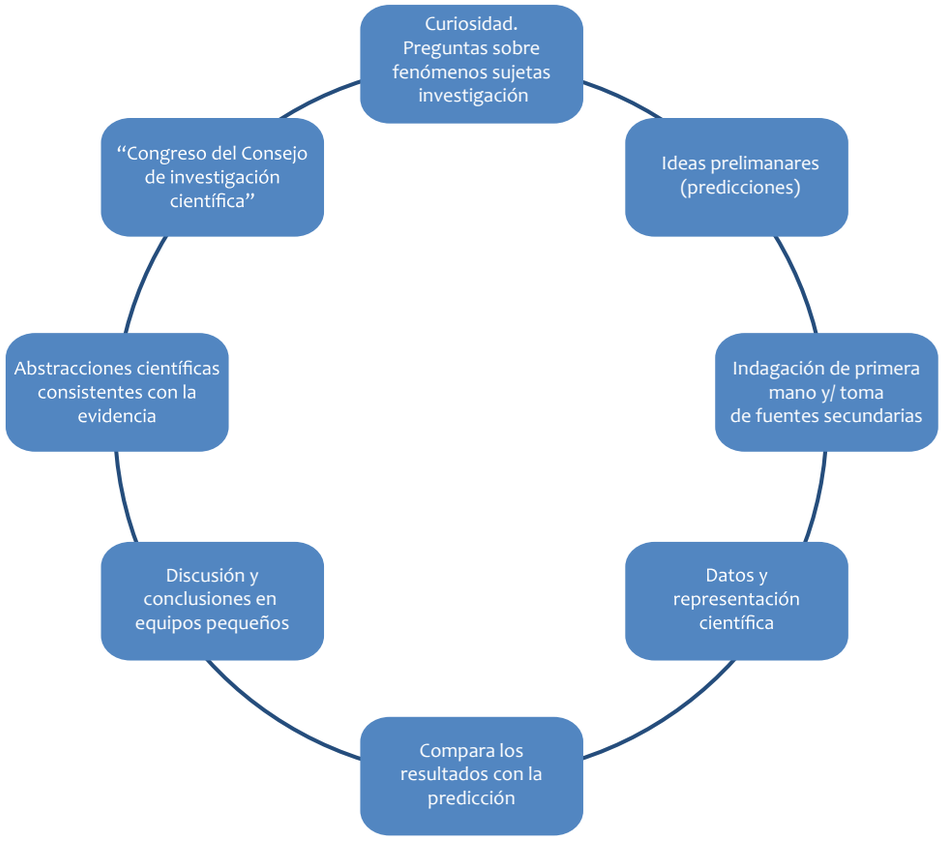


Figura 2: *Elementos para aprender ciencia a través de la indagación*

Es una buena práctica que los estudiantes comparen sus resultados científicos con sus predicciones, y decidan si concuerdan o no, para después explicar su decisión ("comparar resultados" en la Figura 2). En el aula, los niños pueden involucrarse en esta reflexión en equipos pequeños (ver Figura 2) y llegar a conclusiones científicas a partir de su experiencia ("abstracción" en la Figura 2). Por ejemplo, si el fenómeno de interés fueran los espejos, la pregunta inicial podría ser: "Pueden ver una imagen de su cara en un espejo colgado en la pared, ¿qué tanto de ustedes podrán ver en el espejo si se alejan de él? ¿Qué tanto de ustedes podrán ver en el espejo si se acercan a él? Este ejemplo, proporcionado por el Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos de América, ilustra preguntas sujetas a investigación que conducen a resultados claros. En un principio, los estudiantes podrían predecir que verán más de sí mismos si se alejan del espejo, y menos si se acercan. Después de poner a prueba las predicciones, concluirán si la distancia que los separa del espejo es relevante o no. Esto constituye un dato científico que puede fungir como base para construir otras ideas. Otras preguntas ("curiosidad" en la Figura 2) a partir de la experiencia con el espejo descrita arriba podrían ser: ¿Se cumple el resultado para todos los espejos planos? ¿Qué explicación científica podemos generar a partir de este resultado?

Para consolidar la ciencia basada en la indagación, el profesor da oportunidad a los niños de

presentar y argumentar todos los aspectos de su trabajo ante todo el grupo ("Congreso del Consejo de Investigación" en la Figura 2). Los otros estudiantes fungen como amigos con una posición crítica. Las presentaciones y argumentaciones son muy similares a un congreso de un consejo de investigación científica, pero la argumentación de los niños tiene un enfoque de apoyo más que de confrontación. El profesor participa en el congreso y puede contribuir haciendo preguntas como dónde encontramos espejos en la vida cotidiana, así como puntualizando relaciones entre las ideas y el trabajo de los niños, por un lado, con ideas científicas importantes, por el otro.

Los resultados del "Congreso del Consejo de Investigación Científica" constituyen una parte importante en el progreso del conocimiento y las ideas de los estudiantes. Los niños pueden utilizar su conocimiento y comprensión enriquecidos para realizar otras investigaciones científicas que conduzcan a ideas más grandes. En el ejemplo de los espejos, ideas "más grandes de la ciencia" podrían ser que la luz viaja en línea recta, la forma en que se refleja o los efectos de la refracción. También se les puede guiar para que resuelvan problemas como el siguiente: ¿cómo podemos utilizar espejos para observar lo que sucede a la vuelta de una esquina?

Estrategias

Hay una gran cantidad de estrategias para enseñar ciencia en el aula. Hay estrategias generales, que aplican a todos los componentes del modelo, y estrategias específicas, que se enfocan sólo en algunos componentes. En esta presentación, sólo hablaré de las estrategias generales.

Las estrategias generales aplican a los aspectos generales de aprender ciencia a través de la indagación. Para esta presentación, escogí las siguientes estrategias para enseñar en el aula: convertir al salón de clases en una comunidad que tiene el fin de aprender ciencia a través de la indagación; guiar al grupo para que genere conocimiento y comprensión; preguntas por parte del profesor; tomar decisiones a partir de la evaluación formativa.

El salón de clases como comunidad de aprendizaje de la ciencia a través la indagación

Si se implementa hábilmente en un aula con buenos recursos, la indagación como enfoque para aprender ciencia puede crear una comunidad donde los estudiantes se involucren de manera colectiva, directa e intelectualmente, en la práctica de la ciencia. Se trata de una comunidad que valora la cultura científica. En particular, la comprensión de ideas científicas y de la manera en que influyen en nuestra vida cotidiana, el uso productivo de habilidades para alcanzar ideas científicas cada vez más grandes y más profundas a través de la indagación, la adquisición de los hábitos mentales asociados con la ciencia. Hablamos de una cultura de compañerismo que valora la autonomía del estudiante y ayuda a establecer relaciones de respeto mutuo; de un entorno de aprendizaje psicológicamente seguro, donde la evolución de las ideas tiene lugar sin miedo al ridículo. Uno de los beneficios de dicha comunidad es la identidad que otorga a sus miembros, caracterizada por considerar problemas y cuestiones de una manera científica. El profesor siempre funge como figura "detonante" en la formación y el crecimiento de un grupo como comunidad de indagación científica.

Guía generadora como estrategia

La guía del profesor es uno de los elementos más poderosos en todo el aprendizaje que tiene lugar en el aula, particularmente en el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación. No deben subestimarse las estrategias del profesor como guía, facilitador, asesor y compañero del aprendizaje científico de los niños. Como guía, el profesor marca el camino, confronta y alienta el aprendizaje de los estudiantes, según lo considere necesario. Se trata de una estrategia clave si los estudiantes van a involucrarse en actividades de manera clara, de forma que conduzca a una reflexión significativa. Como guías, los profesores son "...hábiles observadores de los estudiantes (...) adaptan sus acciones a las necesidades particulares de los estudiantes, decidiendo cuándo y cómo guiarlos, cuándo pedirles que sean más rigurosos, cuándo proporcionar información, cuándo poner a su disposición determinada herramienta, cuándo remitirlos a otras fuentes" (*NRC*, 1996, p 33). Como defensores interesados y entusiastas, así como modelos del poder y el regocijo, de la comprensión científica a través de la indagación, los profesores inspiran a los estudiantes para que adopten un punto de vista científico del mundo, una postura que muestre curiosidad, apertura a ideas nuevas y un escepticismo saludable. Responden de manera constructiva a la diversidad de estudiantes, alentando a todos los miembros del grupo para que participen en, y sean responsables de, su propio aprendizaje.

Uso de preguntas como estrategia

Los profesores hacen preguntas y utilizan las preguntas de los estudiantes como estrategia para impulsar el aprendizaje de la

ciencia a través de la indagación. Desde hace tiempo, Wynne Harlen ha manejado esta estrategia, y la describe claramente en su último libro, publicado este mismo año: *Teaching Science for Understanding in Elementary and Middle Schools* (Harlen, 2015b). Los profesores hacen preguntas por razones y con propósitos muy diversos. El enfoque principal debe ponerse en preguntas que impulsen el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación. En su libro, Harlen habla sobre diferentes tipos de preguntas, mencionados por primera vez en el trabajo de Elstgeest y Jelly: preguntas que llaman la atención sobre algo ("¿Viste sus ojos?"), preguntas de comparación ("¿En qué se parecen y en qué se diferencian esos cubos de madera y esos cubos de acrílico?"), preguntas relacionadas con medir y contar ("¿Qué tan grande es el aula?"), preguntas de acción ("¿Qué sucede si calentamos agua en esta olla durante 10 minutos?"), preguntas que plantean problemas ("¿Pueden encontrar la manera de hacer que un motor eléctrico gire primero en el sentido de las manecillas del reloj y después en sentido contrario?").

Las preguntas del profesor también pueden cumplir otras funciones. Por ejemplo, averiguar las ideas que tienen los estudiantes ("¿Qué crees que coma?", en el caso de un organismo vivo); desarrollar la comprensión de los estudiantes ("¿Cómo explicas que la distancia al espejo no influya en la parte de ti que se refleja en él?"); alentar el uso de habilidades involucradas con la indagación científica ("¿Cómo puedes mostrar que son ciertas tus afirmaciones?"); alentar la colaboración y el intercambio de ideas por equipos ("¿Qué ideas surgieron en tu equipo?", "¿Qué idea consideraron mejor como equipo?"); cultivar el hábito de la reflexión ("¿Cómo han cambiado tus ideas a partir de los descubrimientos que hicieron?").

La evaluación formativa como estrategia

La evaluación formativa como estrategia para aprender ciencia a través de la indagación, requiere que los profesores y sus estudiantes recopilen y utilicen datos para decidir sobre los siguientes pasos que deben tomarse para alcanzar los objetivos de una lección dada. Los datos pueden proceder de observar a los estudiantes mientras trabajan y de los diversos mecanismos que utilizan los estudiantes como respuesta a preguntas productivas, tanto orales como escritas. Pueden obtenerse datos a partir de diagramas, descripciones por escrito, gráficas, mapas conceptuales, diagramas de Venn, etc. producidos por los estudiantes. Lo ideal es que el profesor y sus alumnos decidan juntos la manera de dar el siguiente paso. Esto implica que tanto el profesor como los estudiantes tienen claros el propósito específico y la calidad esperada de su trabajo, así como los objetivos a corto y a largo plazo.

La efectividad de la evaluación formativa también depende de la calidad de la retroalimentación que proporcione el profesor a los alumnos, a partir de la evidencia disponible. La retroalimentación del profesor a los estudiantes debe ser específica y brindar sugerencias de lo que pueden hacer para desarrollar su aprendizaje. La retroalimentación hacia el profesor le permite ajustar los requerimientos cognitivos, físicos y emocionales de las lecciones para que se adapten a las capacidades de los estudiantes; también le ayuda a determinar el tipo de estructura necesaria para apoyar su aprendizaje. Si tanto el profesor como los estudiantes tienen claros el propósito, la calidad de trabajo y las reacciones apropiadas que son inherentes a la evaluación formativa, esto impulsará el espíritu de comunidad colaborativo descrito arriba y conducirá a que los estudiantes entiendan progresivamente ideas científicas "más grandes" (Harlen, 2013).

Conclusión

En virtud de su educación profesional y su experiencia, el profesor es el elemento clave en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en la educación básica. Una escuela puede tener niños con ganas de aprender ciencia, así como suficiente material de calidad para enseñarla adecuadamente, pero no conseguirá desarrollar la comprensión progresiva de los niños acerca de la ciencia, ni actitudes saludables respecto a ella, a menos que tenga también profesores capaces de involucrar a los niños en el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación con éxito y regocijo. Esta presentación intentó mostrar un retrato del aula como una comunidad de indagación científica, y el papel del profesor como guía en dicha aula. Un ejemplo de ese tipo de docentes y aulas es el Centro de Atención Múltiple en Toluca.*

** Document for the presentation*

REFERENCES

- Alberts, B. (2009). Restoring science to science education. The University of Texas at Dallas, Richardson, TX: Issues in science and technology, Summer 2009, p. 77-80

- Bell, D. (2015). The importance of high quality resources to support inquiry-based science education. Presentación en 2015 International Symposium on Science Education, Nanjing, China 8 June, 2015

- Education Development Center (sin fecha). Ask the Ant Lion. Newton, MA

- Harlen, W. (2013). Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice. Trieste, Italy: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP)

- Harlen, W. (2015a). Working with big ideas of science education. Trieste, Italy: The Science Education Programme of The Network of Science Academies

- Harlen, W. (2015b). Teaching science for understanding in elementary and middle schools. Portsmouth, NH: Heinemann

- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press

- National Research Council. (1999). How people learn: Bridging research and practice. Washington, DC: National Academy Press

- National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide to teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press

- National Research Council. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academy Press

- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academy Press

Panellist:

Rosendo Pelayo

Subsecretaría de Educación Básica, Veracruz

Hace algunos años que fui profesor de educación primaria en el Estado de Veracruz conocí muchos niños que tenían conocimientos detallados, mucho mejores que los míos, sobre la naturaleza, la flora, la fauna, el clima enfocados a temporadas especificas para la siembra de distintos alimentos característicos en la región. Donde yo me desempeñé, por lo regular se siembra piña, chile y tomate; ellos podían identificar perfectamente por ejemplo, plantas medicinales, comestibles e incluso las tóxicas. Los estudiantes de la zona respetan, valoran e incluso incorporan a su vida cotidiana los conocimientos avanzados de su entorno. Llamó mi atención porque estos niños con tantos conocimientos de índole científico no se convierten en hombres y mujeres de ciencia.

¿Cómo los niños pueden aprovechar su conocimiento científico? Fue la gran interrogante que yo tuve en su momento.

Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial? UNESCO, 2015

Tomo del libro "Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial?", publicado en el presente año por la UNESCO, y que con toda seguridad se convertirá en un referente del desarrollo educativo mundial. Este esquema representa los niveles de conocimiento, desde el más básico que es la **Utilización**, hasta el más complejo que es la **Creación**.

Cómo verán aquí hay una explicación a la falta de capacidad para construir conocimiento científico de muchos niños y jóvenes. Los niños y los adultos deben transitar de los niveles de simple **Utilización** del conocimiento hasta llegar a la **Creación**. Esa es la esencia del pensamiento científico.

La búsqueda incesante de nuevas y mejores explicaciones del mundo que nos rodea. Lograr que este proceso ocurra

en las aulas, requiere la participación de toda la comunidad escolar y un plan de acción que aproveche el cúmulo de aprendizaje que hemos desarrollado sobre este tema.

Deseo ahora compartirles las experiencias que en Veracruz hemos tenido acerca de cómo lograr que los maestros sean líderes para dirigir a sus alumnos en este trayecto formativo. Desde 2006 hemos aprendido con el programa *PASEVIC (Programa de Aplicación de los Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de las Ciencias)* como podemos llevar a los niños en este proceso con una perspectiva vivencial.

Una de las principales conclusiones a las que hemos llegado en Educación Básica a través de esta experiencia es que, los maestros son un elemento fundamental dentro del aprendizaje de los estudiantes porque tienen la posibilidad de generar oportunidades para que promuevan el mantenimiento de la imaginación, la curiosidad y la creatividad; orientándolas a la resolución de situaciones que tengan que ver con aspectos de la explicación del mundo y que reafirmen el gusto por la Ciencia.

El doctor Hubert atinadamente menciona la curiosidad natural para el aprendizaje pues es la que permite que se concentren en la tarea que ellos mismos deciden emprender. Aunque no basta con la curiosidad como ya se mencionó. Hay que ayudar a los alumnos a construir, reconocer y movilizar otros recursos que permitan el registro de lo que se observa; replicar los fenómenos o procedimientos, formular hipótesis o conclusiones.

El *PASEVIC* ha permitido enseñar con un modelo que promueve la generación de la ciencia en la escuela, uno de los retos fundamentales es convencerlos de las bondades de aplicar una forma de trabajo que cambia sustancialmente muchas de sus prácticas, y concede mucho mayor espacio al aprendizaje autónomo. Por ejemplo, se trata de lograr que los maestros dejen que sucedan procesos en el aula de los que no tiene control, que los alumnos experimenten sus propias soluciones, que se equivoquen, que aprendan de otros, sí que se copien, que compartan y lleguen a soluciones diferentes aun siendo los mismos procedimientos.

Una de las propuestas interesantes que hemos fomentado en este sentido en la Entidad, es un proyecto al que denominados *Educación Mobile*, el proyecto implementa una propuesta pedagógica que combina 3 elementos tecnológicos: las *Tecnologías móviles* (tabletas digitales), *Capacidad de aprendizaje de los estudiantes* e *Interacción social*. Del aspecto pedagógico, se deriva un modelo de equipamiento tecnológico para el aula, una propuesta de formación continua, basada en los procesos de aprendizaje creativo y enseñanza para la comprensión.

Esta perspectiva de trabajo ha permitido a los docentes consolidar su liderazgo educativo incentivando a los alumnos a través de cuestionamientos que los hagan transitar por procesos de comprensión, investigación, colaboración y reflexión, invitándolos a trabajar de manera conjunta y compartir la responsabilidad de su propio aprendizaje. Las situaciones de aprendizaje que presentan los docentes se convierten en retos, para que los estudiantes sean promotores de su propio conocimiento a partir de la experiencia de educación móvil y de *PASEVIC*; hemos tenido acercamientos con distintas instituciones que nos presentan muchas propuestas atractivas, por ejemplo, el Instituto de Ecología en Veracruz quien con el Instituto Tecnológico Superior de Jalapa, se encuentran diseñando aplicaciones que permitan a sus estudiantes vivenciar la labor científica de una forma sencilla.

Les permite también analizar, recolectar e interpretar información de fenómenos naturales a través de dispositivos móviles, complementando con mayor solidez sus saberes y experiencias científicas.

En Veracruz, otro proyecto colaborativo del cual también nos sentimos orgullosos, es el denominado ***Aulas Hermanas***. Consiste en un espacio lúdico e interactivo que fomenta el interés de los estudiantes para que a través de temas concretos de investigación compartan conocimientos, experiencias y aprendan a trabajar junto con otros por medio del internet. Lo anterior, potencializa a los estudiantes, pues les permite compartir sus proyectos, ideas y creaciones en general al mundo entero.

El proyecto colaborativo promueve y fomenta contactos educativos a través de la interacción y la construcción colectiva mediante plataformas tecnológicas e internet, promoviendo la alfabetización tecnológica y el intercambio científico entre los niños. ***Aulas Hermanas*** fortalece la formación del maestro y del alumno en la

participación, liderazgo y trabajo colaborativo, logrando borrar barreras geográficas y permitiendo crear y compartir visiones del futuro. Este proyecto se inicia en este ciclo escolar, en algunos planteles de educación básica, correspondiente a la región del centro y sur del estado.

Aquí va mi cierre de por qué presenté estos 3 proyectos, nadie hace o ha hecho ciencia de manera solitaria, la ciencia es resultado del trabajo colectivo. Esa misma característica del trabajo científico es la que queremos ver reflejada en las aulas en Veracruz, tanto en ***PASEVIC*** como ***Aulas Hermanas*** y ***Proyecto Mobile***, hemos aprendido que la comunidad científica está muy dispuesta a compartir tiempo, conocimientos y hallazgos con alumnos desde preescolar hasta educación secundaria. Para que esto ocurra, los maestros deben estar dispuestos a abandonar el rol de dispersadores de conocimiento, de fuentes de información, de instructores, para convertirse en líderes del conocimiento, en generadores de espacio para el aprendizaje, y sobre todo, en promotores de redes sociales del conocimiento en las que participan por igual científicos, artistas, artesanos, expertos, por citar algunos.

Debo reconocer que este trabajo no se puede hacer solo, y en este espacio se encuentra el equipo base del proyecto *PASEVIC* en el Estado de Veracruz. Una vez que he compartido con ustedes nuestras experiencias y aprendizajes con respecto a la enseñanza indagatoria de la Cciencia, considero pertinente rescatar algunos aspectos como parte final de mi intervención. Considerando las exigencias de un mundo globalizado, es urgente la implementación de actividades de capacitación a docentes en servicio, respecto al fortalecimiento de sus competencias profesionales, con la finalidad de que se diseñen estrategias didácticas innovadoras que ofrezcan a los alumnos un enfoque creativo, colaborativo y diversificado del conocimiento científico.

Es indispensable incorporar tecnologías en las aulas como herramienta, para potenciar las posibilidades de aprender de los alumnos, usar sus posibilidades, su plasticidad, su capacidad de transformarse en múltiples objetos para modelar, ensayar, experimentar y verificar datos. En el caso de nuestro estado, sin dejar ese gran laboratorio que tenemos al cruzar la puerta del salón, nosotros les pedimos a nuestros alumnos que toda investigación se haga con las plantas en vivo, no en la tableta, es sólo una herramienta.

Es necesario tender puentes permanentes que comuniquen las escuelas con la comunidad científica. Cierro mi participación con una nota de alto optimismo, en las condiciones de marginación, pobreza y carencia donde están ubicadas algunas de las escuelas públicas de nuestro país, muchos pensarían que pedir que se interesen por la ciencia es una idea superflua o innecesaria. En Veracruz hemos demostrado lo contrario, que precisamente en esas comunidades se encuentran las soluciones más ingeniosas, las propuestas más arriesgadas, las ideas más innovadoras, porque la necesidad material muchas veces posibilita la riqueza en imaginación. Ahí pueden estar los semilleros de científicos esperando buena tierra, y esos jardineros pacientes que sin duda son nuestros maestros en todo el mundo.*

** Transcription*

Panellist:

Shelley Peers

Directora del Programa *Primary Connections*

¿Cómo se ven la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación cuando son efectivos?

Mucha gente relacionada con la educación en ciencias cree actualmente que los enfoques basados en la indagación para la enseñanza y el aprendizaje son los más efectivos. Hay un volumen cada vez mayor de investigación que nos muestra la manera en que aprenden los estudiantes, y los educadores se han basado en eso para sugerir que el docente debe construir un repertorio de respuestas adecuadas para los esfuerzos de los alumnos por comprender la ciencia. Sin embargo, hay ideas muy distintas sobre cómo debe tener lugar dicha enseñanza en el aula.

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación no es una simple serie de actividades, aunque haya actividades participativas involucradas. El término "basada en la indagación" significa que los estudiantes hacen preguntas y aprenden a encontrar explicaciones de la manera en que funciona el mundo, a partir de evidencia concreta.

La Tabla 1: *Escala sobre la enseñanza de la ciencia basada en la argumentación* identifica algunas características de distintos entornos educativos. Para que la enseñanza basada en la indagación sea de calidad, los profesores necesitan apoyo para transformar su práctica recorriendo el camino hacia la construcción de argumentos.

Basada en actividades	Basada en la investigación	Basada en la evidencia	Basada en argumentos
Actividades prácticas divertidas, diseñadas para motivar a los estudiantes mediante la acción física	Habilidades para realizar una indagación; hacer preguntas que puedan responderse mediante experimentos y planear experimentos adecuados; enfocarse en recolectar datos	Necesidad de apoyar las afirmaciones con evidencia; no se cuestiona la evidencia en términos de calidad, coherencia, etc.	La construcción de argumentos es crucial; coordinar evidencia y afirmaciones se considera importante; surge la idea de tomar en cuenta alternativas

Tabla 1: *Escala sobre la enseñanza de la ciencia basada en la argumentación. Zembal-Saul, C. (2009).*

¿Qué es *Primary Connections*?

Primary Connections es un programa basado en la indagación dirigido a la educación básica. Fue iniciado por la Academia Australiana de Ciencias (*AAS*, por sus siglas en inglés) y relaciona la enseñanza de la ciencia con enseñar a los estudiantes sobre el "leguaje científico". *Primary Connections* empezó en 2004 y tiene tres componentes principales: un programa de aprendizaje profesional; fuentes para apoyar los temas del programa; investigación y evaluación continuas. *https://primaryconnections.org.au/*

En este artículo compartimos lo que hemos aprendido al trabajar con docentes y escuelas.

El profesor como detonante del cambio: ¿cómo y por qué?

De las causas relacionadas con la escuela que influyen en el aprendizaje de los estudiantes, el profesor es el más importante (Hattie, J.A.C, 2009). Al mejorar la calidad de la enseñanza observaremos un cambio positivo en cuanto al aprendizaje de la ciencia. Pero, ¿cómo apoyar a los docentes para que se conviertan en un detonante del cambio? A partir de la investigación realizada en *Primary Connections* (Skamp, K., 2012) y de nuestro trabajo de campo, hemos identificado algunas sugerencias que podemos agrupar bajo las siguientes categorías:

1. Recursos de apoyo al Currículo
2. Aprendizaje profesional
3. Estrategias para enseñar en el aula

1. Recursos de apoyo al Currículo

Hay una cantidad enorme de recursos disponibles para apoyar la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación, como Internet, visitas a lugares, el medio ambiente local, científicos y material pedagógico. Sin embargo, un reto clave para el profesor de educación elemental es tener el tiempo y la capacidad para utilizar, criticar y seleccionar material que le permita diseñar programas adecuados para su salón de clase. Además, transformar los hallazgos y recomendaciones de la investigación en programas educativos requiere tiempo y esfuerzo.

Por lo tanto, en este proyecto hemos tratado de salvar esa brecha desarrollando material de apoyo con "características educativas", es decir, que enseña a enseñar. Las estrategias de enseñanza están al alcance de los docentes más novatos y el equipo concreto requerido es fácil de conseguir. Esto hace que el programa sea operativo y sustentable. Las unidades del programa están organizadas de manera sencilla, pero engloban una síntesis de la investigación realizada en ese campo, incluyendo lo que sabemos sobre enseñanza práctica.

Nuestras unidades curriculares incorporan varios recursos, como el modelo de enseñanza 5Es, información científica específica para el profesor de las unidades, información científica general en nuestro sitio web (*https://primaryconnections.org.au/science-background-resources/data/*), tablas que vinculan su contenido con el programa educativo a nivel nacional, aprendizajes esperados sobre ciencia y lenguaje, listas de materiales necesarias e información preparatoria para la enseñanza, "recuadros informativos" en las lecciones, hojas de trabajo para los estudiantes, y una sección de anexos llamados "Cómo se hace", que explican estrategias clave de enseñanza.

En este artículo observaremos con cuidado tres de estos recursos:

a) El modelo de enseñanza 5Es
b) "Recuadros informativos " e integración del "lenguaje científico"
c) "Cómo se hace" que aparece en la sección de anexos de cada unidad

a) El modelo de enseñanza 5Es

Hay varios modelos de enseñanza que poseen características similares. Nuestros docentes han encontrado que el modelo 5Es es muy efectivo. Las cinco fases que plantea son: enganchar, explorar, explicar, elaborar y evaluar. Algunas recomendaciones clave para utilizar dicho modelo es dedicar más tiempo a explorar que a explicar, y siempre explorar antes de explicar.

Hemos expandido el modelo 5Es para incluir "lenguaje científico" y evaluaciones en distintas fases para que sean una prioridad del profesor en lugar de dejarlo al azar (*https://primaryconnections.org.au/about/teaching/*). Hemos descubierto que utilizar un modelo de instrucción claro y saber por qué es efectivo representa uno de los factores más importantes al mejorar la práctica del docente.

b) "Recuadros informativos" e integración del "lenguaje científico"

El programa Primary Connections incorpora bajo el apartado "lenguaje científico"diversos temas relacionados con el lenguaje. Este apartado aborda procesos, prácticas y productos que los estudiantes utilizan para representar su comprensión. Además de ser capaces de describir lo que observan y lo que pueden hacer, los estudiantes deben poder representar su comprensión con otros recursos. Su capacidad para ello se desarrolla paulatinamente, de manera cada vez más científica, construyendo y analizando gráficas, tablas, diagramas con anotaciones y diagramas de flujo.

Cuando los "recuadros informativos" aparecen por primera vez en una unidad, se destina un momento específico de la lección donde el grupo discute el propósito y las características correspondientes. Las notas para el profesor incluyen un recuadro. Por ejemplo, véase la Figura 1: Recuadro informativo para el uso de un diagrama con anotaciones como recurso de apoyo para la enseñanza de un tema específico.

Recuadros informativos
¿Por qué utilizamos un diagrama con anotaciones?
Utilizamos los diagramas con anotaciones para mostrar la forma, el tamaño y las características de un objeto.

¿Qué elementos contiene un diagrama con anotaciones?
Un diagrama con anotaciones puede incluir un título, un dibujo preciso, una escala para mostrar el tamaño del objeto y anotaciones con información sobre sus características principales. Una línea o una flecha conecta cada anotación con la característica referida.

Figura 1: Recuadro informativo para el uso de un diagrama con anotaciones

La representación del pensamiento de los estudiantes puede realizarse por escrito o de otras maneras, como la construcción de modelos, explicando o diseñando animaciones (por ejemplo, para los ciclos de vida de plantas y animales). La Tabla 2 muestra otros "recuadros informativos" que aparecen en unidades del programa Primary Connections.

- esquema	- mapa conceptual	- juego de representación
- corte transversal	- reporte informativo	- bitácora científica
- corte en sección	- entrevista	- guión
- portafolio de diseño	- diagrama con anotaciones	- síntesis
- dibujo	- mapa	- tabla
- recuento de hechos	- escrito	- línea de tiempo
- narración	- presentación oral	- diagrama en T
- diagrama de flujo	- mapa gráfico	- diagrama ramificado (árbol)
- vectores	- cartel	- diagrama de Venn
- glosario	- diagrama radial	- periódico mural
- gráfica	- reporte	

Tabla 2: *Recuadros informativos en unidades curriculares de Primary Connections*

c) "Cómo se hace" que aparece en la sección de anexos de cada unidad
La sección de anexos "Cómo se hace" presenta explicaciones breves del propósito y las características principales de cada estrategia pedagógica. Algunos ejemplos son: "Cómo organizar grupos de aprendizaje", "Cómo utilizar un periódico mural", "Cómo utilizar una bitácora científica", "Cómo diseñar un experimento", "Cómo trazar y utilizar una gráfica", "Cómo facilitar discusiones basadas en la evidencia" y "Cómo formular preguntas para la investigación". Los "Cómo se hace" relevantes para una unidad aparecen en su anexo.

La unidad de quinto año "La luz muestra" (***http://www.scootle.edu.au/ec/viewing/S7084/Light-shows-2012/resources/light_shows_comp_150.pdf***) presenta algunas de estas características de instrucción. De manera alternativa, si buscamos en Google "*light shows Primary Connections*", la primera opción que aparece es "*Year 5 pdf*".

2. Aprendizaje profesional
El aprendizaje profesional de calidad explora la manera en que aprenden los estudiantes. Ayuda a los profesores a ampliar su repertorio de respuestas a las inquietudes de los alumnos, en lugar de presentar "pistas" o series de actividades.

Nuestro programa de aprendizaje profesional capacita a profesores en servicio y profesores en formación para que comprendan los roles que el docente desempeña en un aula, los principios pedagógicos subyacentes al programa y la manera de utilizar estrategias de enseñanza en las distintas unidades. Por ejemplo, se proporcionan estrategias y herramientas como los "detonadores de preguntas", que ayudan a los estudiantes a razonar cómo se relacionan distintas ideas con la evidencia (es decir, construcción de argumentos). Estas herramientas ayudan a los profesores a establecer un entorno en el aula donde se valora el aprendizaje y donde evidencia nueva puede generar un cambio en la concepción del mundo que tienen los estudiantes. De eso se trata el aprendizaje de la ciencia, no de memorizar una cantidad enorme de datos.

3. Estrategias de enseñanza en el aula
Las estrategias de enseñanza efectivas son las que mejoran el aprendizaje. Los profesores de enseñanza básica son muy hábiles con varias estrategias de indagación. Por ejemplo: involucrando a los estudiantes, generando interés y realizando evaluaciones formativas. Necesitan apoyo para mejorar sus habilidades para:

- involucrarse en el pensamiento de los estudiantes
- ayudar a los estudiantes a formular preguntas para la indagación
- ayudar a los estudiantes a presentar evidencia de su razonamiento
- ayudar a los estudiantes a comparar sus explicaciones con las de otros
- ayudar a los estudiantes a modificar sus ideas a la luz de la evidencia

Otros elementos que ayudan a desarrollar un entorno de enseñanza efectivo en el aula son (Skamp, K., 2012):

- no acelerar el ritmo, limitándose a realizar las actividades de la lección
- asegurarse de que los estudiantes tengan tiempo para pensar, discutir y razonar
- dar tiempo al final de la lección para que los estudiantes reflexionen y discutan lo que han aprendido y la

razón de que cambiaran sus ideas respecto a la ciencia
- asistir a los estudiantes para que comparen sus explicaciones con las de otros
- desarrollar varias habilidades relacionadas con la indagación científica, como predecir, investigar, analizar datos y comunicarse
- introducir explícitamente el concepto de "evidencia" y la forma en que se relaciona con el proceso de investigación, especialmente con estudiantes de los últimos años de enseñanza básica

Entonces, ¿cuáles son los retos?

En general, los resultados de nuestra investigación y nuestra evaluación han sido muy positivos. Estadísticamente, muestran un avance significativo en el aprendizaje conceptual, las actitudes, el lenguaje científico, los procesos científicos y el tiempo empleado en enseñar ciencia.

Según lo que hemos observado, los retos principales a los que se enfrentan los docentes al implementar la enseñanza basada en la indagación son "tiempo" y "conocimiento del profesor". El tiempo representa uno de los mayores retos: tiempo para planear, para diseñar una unidad coherente, para preparar los materiales necesarios, para resolver las propias dudas sobre el tema e identificar las ideas conceptuales más importantes, para encontrar un contexto que sea significativo, para facilitar el aprendizaje profundo y, tiempo para modificar su propia práctica docente.

Es importante que los directores de escuela y autoridades educativas sean conscientes de que toma mucho tiempo implementar estrategias de enseñanza nuevas. La investigación muestra que puede ser necesario más de un año para que los docentes adopten de manera efectiva métodos de enseñanza basada en la indagación (Marek, 2009), y que un profesor requiere entre 40 y 80 horas de aprendizaje profesional para modificar sus creencias y sus hábitos de enseñanza.

Sin embargo, cuando los profesores persisten en la enseñanza basada en la indagación, descubren que los satisface más, y que sus estudiantes están más interesados, se divierten más, aprenden más.

Los conocimientos del profesor son sólo un aspecto de su experiencia: en particular, el conocimiento relacionado con la teoría del aprendizaje y las estrategias de enseñanza. Nos dimos cuenta de que muchos docentes no entendían la teoría del aprendizaje subyacente a nuestro programa, y pensaban que las unidades eran simplemente una serie de actividades, como la mayor parte del material curricular disponible. Sin embargo, en 5Es cada unidad consiste en una secuencia sofisticada de aprendizaje, que ayuda a los estudiantes a construir significado para sucesos y fenómenos diversos, apoyándolos para que desarrollen una comprensión profunda.

También encontramos que la manera en que los profesores utilizaban las unidades estaba influida por sus creencias y su conocimiento. Muchos docentes creen que enseñar es "exponer" (relatar una gran cantidad de hechos sobre un tema) y que aprender es "recordar" (dichos hechos). Al aplicar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, el papel que desempeña el profesor en el aula es muy importante. Si el propósito de la enseñanza de la ciencia es que los estudiantes desarrollen una visión científica de la manera en que funciona el mundo (es decir, que conozcan las grandes ideas *de* y *acerca de* la ciencia), entonces el papel del profesor es entender la visión actual de los alumnos y la visión de los científicos, para ir aproximando poco a poco dichos puntos de vista. En general, el cambio no será instantáneo, pues las ideas no científicas de los estudiantes se resisten a ser modificadas. Sin embargo, con un repertorio adecuado de respuestas para el razonamiento de los estudiantes, los profesores pueden facilitar el cambio conceptual en ellos.

Conclusión

En resumen, hay una gran variedad de estrategias para enseñar de manera efectiva, y muchas de ellas están integradas en los materiales del programa *Primary Connections*. Sin embargo, es invirtiendo en la calidad de los docentes que podemos hacer una diferencia mayor en la enseñanza de la ciencia a nivel elemental. Los profesores necesitan apoyo constante durante largos periodos de tiempo; deben desarrollar una cultura de Desarrollo Profesional Continuo (*CPD*, por sus siglas en inglés), y requieren de iniciativas de apoyo que se adapten a sus propias necesidades. A menos que haya evidencia de que una estrategia o iniciativa mejora el aprendizaje de los estudiantes, debemos dejar de aplicarla y enfocarnos en lo que sabemos que hace una diferencia.

Sin la disposición para tratar de entender las cosas de manera crítica y creativa, nuestros estudiantes se volverán consumidores del conocimiento y las innovaciones de otros, en lugar de convertirse en los pensadores e innovadores de mañana. Claramente le haremos daño a los estudiantes si reducimos la educación científica básica a una serie de "actividades": "experimentos" divertidos y extravagantes, en lugar de encauzarlos en las formas de pensar que se utilizan en la ciencia.*

Agradecimiento: Primary Connections ha recibido apoyo del Departamento de Educación y Formación del gobierno australiano (14.7 millones de dólares australianos entre finales de 2004 y junio de 2018), así como de filántropos generosos como el profesor Brian Schmidt (Premio Nobel en 2011) y Sir David Attenborough, quien también es miembro del Patronato la Academia Australiana de Educación Científica y varios programas públicos de toma de conciencia.

** Document for the presentation*

REFERENCES

- *Hattie, J.A.C. (2009). Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. Londres: Routledge.*

- *Marek, E. (2009). Genesis and evolution of the learning cycle. En Roth, W & Tobin, K. (Eds.). Handbook of research in North America (pp. 141-156). Rotterdam: Sense Publishers.*

- *Skamp, K. (2012). Teaching primary science: Trial teacher feedback on the implementation of Primary Connections and the 5E model. Canberra: Australian Academy of Science.*

- *Zembal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. Science Education, 93(4), pp 687-719.*

Panel IV

The contribution of neuroscience to an effective learning

Key note speaker:
Wenming Zheng

Panellists:
Pablo Rudomín
Lucas Malaisi

Moderator:
Cimenna Chao Rebolledo

Key note speaker:

Wenming Zheng

Centro de Investigación para el Aprendizaje de la Ciencia

El desarrollo de la neuroeducación en China y su impacto en el proyecto "*Learning by Doing*" (Aprender haciendo)

En 2002, la profesora Yu Wei de la Universidad del Sureste (*Southeast University*) fundó un instituto llamado Centro de Investigación para el Aprendizaje de la Ciencia (*Research Center for Learning Science*), con la meta de realizar investigación traslacional en el desarrollo del niño y el aprendizaje de la ciencia. Fue el primer instituto en China que realizó investigación en neuroeducación. Cuatro años después, la profesora Yu Wei fundó un laboratorio clave en la Universidad del Sureste que depende del Ministerio de Educación. Dicho laboratorio se dedica al desarrollo del niño y al aprendizaje de la ciencia, a través de investigación traslacional multidisciplinaria en el área de la neuroeducación. Su objetivo es proporcionar estudios basados en evidencia concreta, que apoyen tanto el desarrollo del niño como una reforma en la educación básica, además de cultivar en los estudiantes chinos la habilidad de ser innovadores. Tras más de 10 años de trabajo, *RCLS* y el laboratorio han conseguido grandes logros en el proyecto "*Learning by Doing (LBD)*", la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI) [1] [2], la evaluación de las competencias sociales y emocionales del niño [3] y la evaluación del aprendizaje de conceptos científicos clave [4]. En este texto se hará un breve recuento de dichos logros.

El proyecto *LBD* fue iniciado conjuntamente por el Ministerio de Educación (*MOE*, por sus siglas en inglés) de la República Popular China y por la Asociación China de Ciencia y Tecnología (*CAST*, por sus siglas en inglés) en agosto de 2001. Es el resultado exitoso de un proyecto piloto de colaboración internacional, con el fin de promover la educación científica en los niños, así como su desarrollo holístico y su bienestar. *LBD* es un proyecto ECBI dirigido a niños de entre cinco y doce años, de preescolar y escuela primaria. A lo largo de 10 años, *LBD* se ha extendido por 22 provincias y ha beneficiado a más de 200,000 estudiantes, así como a miles de profesores. Se ha convertido en una base sólida para revisar los estándares nacionales de educación científica en la escuela primaria, y ha facilitado el cambio de política a nivel nacional en lo que se refiere al desarrollo de la infancia. El proyecto *LBD* recibió el premio *Purkwa* en 2006 y un reconocimiento de primera clase en investigación educativa por parte de *MOE* en 2010 [2].

El desarrollo de ECBI ha enfrentado varios retos nuevos en pedagogía, como los prejuicios, la construcción de conceptos, el papel de la interacción entre profesores y estudiantes, la elección de conceptos clave y la construcción de

modelos de aprendizaje científico. Al tener la investigación científica en mente, el cerebro y la educación pueden acceder a argumentos más confiables y claros, que resultan del proceso de implementar LBD. La investigación empieza a mostrar la manera en que aprenden los estudiantes, además de proporcionar apoyo para entender las preguntas controvertidas de la educación en ciencias. El hecho de que la capacidad de la memoria humana sea limitada, así como la investigación en el comportamiento y los mecanismos neurológicos, que muestran que los expertos utilizan conceptos nucleares, modelos y habilidades de indagación para resolver sus problemas, hablan en favor de la importancia de los conceptos clave en la ciencia [3-5]. La biología de la memoria a largo plazo enfatiza el aprendizaje basado en los conocimientos previos de los estudiantes y la evaluación de su progreso. Todas estas pedagogías son enfatizadas en *LBD*.

Además, en *LBD* hacemos hincapié en cultivar las competencias sociales y emocionales del niño [6]. Aunque se sepa que las competencias sociales y emocionales son lo que mejor predice el éxito y la felicidad de los niños en un futuro, los programas educativos actuales se enfocan en el desarrollo académico más que en cultivar las competencias sociales y emocionales del niño. A partir de nuestro conocimiento de la influencia de las emociones en el aprendizaje y el desarrollo, hemos incluido por primera vez el estándar de aprendizaje social-emocional en el programa *LBD* de educación en ciencias. Se espera que mejoren las habilidades sociales de los niños durante la práctica científica basada en la indagación. Tomando en cuenta la política de control

demográfico actualmente en vigor en la República Popular China, que permite un único hijo por pareja, se le da prioridad a la empatía, las competencias emocionales, la autoestima y la aceptación de las características personales propias. Los requerimientos y las fases de aprendizaje también se sugieren en el programa. La investigación ha mostrado que ECBI promueve efectivamente el desarrollo de las competencias sociales y emocionales de los estudiantes, particularmente la empatía y la cooperación.

Recientemente, investigación que captura imágenes del cerebro para descubrir la actividad neurológica que tiene lugar durante el aprendizaje de la ciencia, empieza a dilucidar los procesos mentales que se llevan a cabo cuando un estudiante adquiere un concepto científico nuevo [7-9]. A partir de este conocimiento, hemos diseñado y realizado investigación en educación en ciencias desde la perspectiva de la neuroeducación [10]. Presentamos fenómenos científicos consistentes o inconsistentes con el concepto clave que aparece en la pantalla de la computadora. Los estudiantes observan los fenómenos y realizan las tareas correspondientes de acuerdo con la instrucción experimental. Mientras tanto, se registran sus ondas cerebrales. Después examinamos las diferencias en los parámetros EEG y ERP relacionados con la comprensión de un concepto científico. Los resultados del experimento piloto reflejan los indicadores ERP potencialmente relevantes para la comprensión de conceptos científicos.

Además de apoyar la pedagogía de ECBI y cultivar las competencias sociales y emocionales del niño, la investigación interdisciplinaria en neuroeducación crea herramientas científicas que permiten medir el aprendizaje neto durante las prácticas en el aula. Actualmente, *RCLS* desarrolla cuatro series de instrumentos y software:

1. Un sistema de registro y evaluación para educación basada en la indagación, que permite varios usuarios al mismo tiempo. Puede proporcionar la capacidad

de respuesta de más de 40 estudiantes. El profesor puede registrar y analizar las respuestas de todos al mismo tiempo. Estos resultados muestran a los profesores los logros cognitivos y el progreso del aprendizaje, lo que les permite decidir el momento de aplicar métodos nuevos de educación basada en la indagación.

2. Un sistema de evaluación de competencias sociales y emocionales. El sistema se enfoca en evaluar la empatía y la comunicación. Además del cuestionario tradicional, el sistema utiliza análisis de aspectos psicológicos, del comportamiento y de la expresión facial. De esta manera, la evaluación de la empatía y de las competencias sociales y emocionales relacionadas es más confiable.

3. Un sistema de evaluación de ejecución de funciones. Se presentó a los estudiantes realidad virtual creada por computadoras y se registraron sus ondas cerebrales utilizando sensores EEG. Se estableció una base de datos con esta información.

4. Sistema para estimar la eficiencia en conceptos clave. Se presentó a los estudiantes realidad virtual creada por computadoras. Se combinó tecnología EEG y ERP para evaluar la comprensión que tiene cada estudiante de los conceptos científicos.

En resumen, nuestra investigación en neuroeducación durante los últimos 10 años ha promovido de manera significativa el desarrollo de la educación temprana y de la investigación en estrategias para la educación en ciencias en China. Continuaremos trabajando en esta investigación para seguir apoyando el desarrollo de la neuroeducación en China.*

REFERENCES

[1] Wei Y., The impact of neuroeducation on "learning by doing" project. International Conference of East-Asian Association for Science Education (EASE), 4-6 de julio de 2013.

[2] Wei Y., Lo que nos dicen diez años de práctica (original en chino), China Science and Technology Press, ISBN 978-7-5046-5975-0/G.570, enero 2012.

[3] Wan X, et al. The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts. Science, 2011, 331(6015): 341-346.

[4] Wan X, et al. Developing Intuition: Neural Correlates of Cognitive-Skill Learning in Caudate Nucleus. The Journal of Neuroscience, 2012, 32(48): 17492-17501.

[5] Dandan T, et al. Brain activity in using heuristic prototype to solve insightful problems. Behavioural brain research, 2013.

[6] Yang Y. Considering students empathy in inquiry based science education. Encuentro del EARLI SIG 22 (Neuroscience and Education), ETH Zürich, Suiza, 2010.

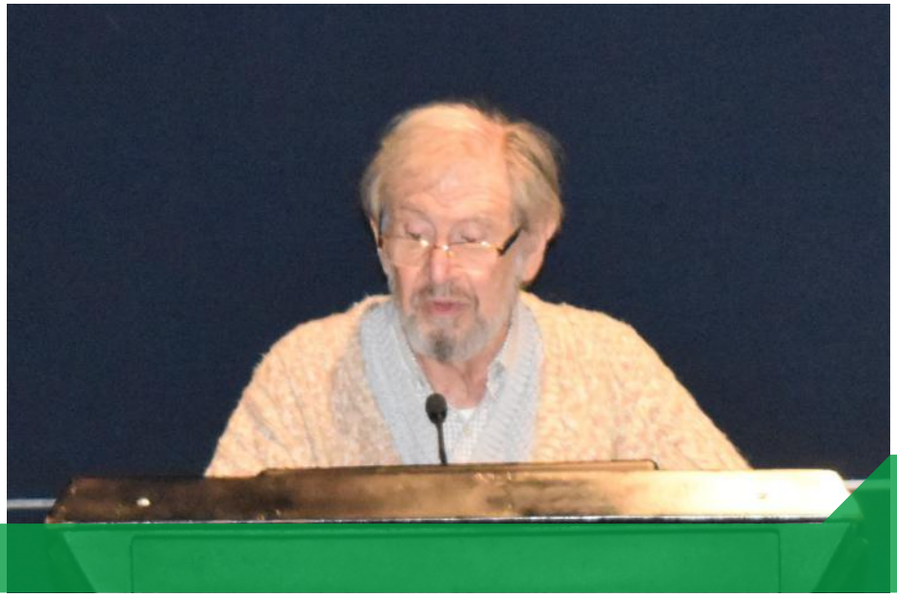
[7] Fugelsang J, Dunbar K. Brain-based mechanisms underlying complex causal thinking. Neuropsychologia, 2005, 43(8): 1204-13.

[8] Dunbar K. The Biology Of Physics: What The Brain Reveals About Our Understanding Of The Physical World, en 2009 Physics Education Research Conference. 2009: 15-18.

[9] Roser M, et al. Representations of physical plausibility revealed by event-related potentials. NeuroReport, 2009, 20(12): 1081-1086

[10] Zhu Y., Qian X., Yang Y., Leng Y. The influence of explicit conceptual knowledge on perception of physical motions: An ERP study. Neuroscience Letters, 2013(541): 253-257.

** Document for the presentation*



Panellist:

Pablo Rudomín

El Colegio Nacional

Yo les voy a hablar de neuronas, redes sociales y la diferencia entre información y conocimiento. Lo que ven ustedes en la imagen, son unas esculturas que estando juntas nos dan una impresión diferente que si las ven por separado en donde se aprecia su belleza. Eso pasa con las neuronas, interaccionan, entonces surge lo que se llama propiedades emergentes. En este caso cada una de ellas tiene una historia que podemos contar, obviamente estamos viviendo la Revolución de la Información y el desarrollo de la Biología, la Nanotecnología, la Computación, el Internet y la Comunicación han sido la base de esta Revolución.

La información generada por la investigación científica y tecnológica crece exponencialmente. El aumento en la información no necesariamente implica un aumento en conocimiento. La acumulación de información sin conocimiento conduce a la confusión, esto se ha llamado Síndrome de la Torre de Babel. Desde los textos bíblicos decían que cada quien hablaba su propio idioma y no se entendían, es un poco lo que nos está pasando ahora. Dentro de las mismas neurociencias cada grupo habla su propio idioma y es muy importante que si queremos relacionarlas con educación, debemos aprender a usar un lenguaje común, no es sencillo. Resulta un reto para los maestros el cómo integrar esta información y transformarla en conocimiento.

¿Cuál es la diferencia entre información y conocimiento?

Información es el conjunto de datos procesados que constituyen un mensaje, podríamos tener los mismos datos pero si no hay un decodificador que los entienda no significan nada para nosotros. Conocimiento, ¿qué entendemos por conocimiento? es la representación interna de un proceso cognoscitivo. La definición que a mí me gusta más es la que se refiere al conocimiento como el conjunto organizado de datos e información destinados a resolver un problema específico. Eso es lo que nos ha permitido en la escala evolutiva diferenciarnos un poco de otros parientes próximos que tenemos en la escala biológica. El proceso asociado a la generación de conocimiento requiere de:

- Información, si no hay información no hay conocimiento
- Procesamiento e integración de la información
- Aprendizaje, si no hay aprendizaje no podemos tener conocimiento
- Formulación de hipótesis (modelos), nuestro sistema nervioso genera modelos. Cuando yo quiero hacer un movimiento, en nuestra corteza cerebral se genera una representación de la intensión del movimiento
- Validación de las hipótesis

El conocimiento anticipado permite a los individuos (y a las sociedades) reaccionar de forma anticipada a los retos del entorno, aumentando con ello sus probabilidades de

supervivencia. Piensen en este momento en el cambio climático, tenemos conocimiento suficiente para anticiparlo, pero si no lo hacemos como sucede en algunos casos, sabemos cuáles pueden ser las consecuencias. Entonces, precisamente el conocimiento es el que nos permite a los individuos y a las sociedades aumentar nuestras probabilidades de sobrevivencia.

El reaccionar en forma anticipada requiere de la toma de decisiones; si hablo de un trapecista que va a brincar, éste tiene que decidir en qué momento se va a sujetar del columpio, un milisegundo antes o un milisegundosegundo después se acabó, no sería exitoso. Hay toda una serie de estudios neurofisiológicos de los procesos nerviosos, neuronales involucrados en la toma de decisiones. Aquí en México tenemos un especialista en eso, Ranulfo Romo miembro de El Colegio Nacional, que precisamente analiza en monos entenados cómo son los mecanismos neuronales de la toma de decisiones. Sería ideal que a nuestros diputados les pusiéramos electrodos para saber si tienen conciencia y son capaces de tomar decisiones y cuáles son las decisiones adecuadas, pero en fin.

Una decisión equivocada puede acarrear graves consecuencias, esta es la primera decisión que se registra en nuestra cultura occidental, ¿fue buena o mala la decisión de Adán y Eva de desobedecer?. Se equivocaron y nos sacaron del paraíso, existen dos versiones de este hecho, algunos dicen que los castigaron porque desobedecieron y otra interpretación es que los castigaron porque querían conocer la diferencia entre el bien y el mal, eso implicaba conocimiento. Los castigaron por querer conocer, por querer saber. Yo pienso que esa maldición bíblica fue manipulación de los sacerdotes de entonces que querían tener el conocimiento. Tenían el conocimiento de la agricultura, de los eclipses y lo usaban para lo que ustedes ya saben. En fin, eso ha seguido, acuérdense de la inquisición y lo que está pasando en este momento con las culturas islámicas en las que el conocimiento está penalizado. A veces eso se hace en forma consciente o a veces en forma subconsciente.

El miedo al conocimiento, les presentó una caricatura que me parece muy simpática que dice: mientras más sabes más difícil es actuar en forma decidida. Una vez que te informas empiezas a darte cuenta de las complejidades y claroscuros. Te das cuenta que nada es tan claro y simple como parece a simple vista, después de todo el conocimiento es paralizante. Siendo un hombre de acción no puedo darme el lujo de arriesgarme. Es uno ignorante pero al menos actúas.

Hay modelos para la toma de decisiones, tenemos el ***Modelo jerárquico***: se colapsa en ausencia de la más alta jerarquía. Tenemos muchos ejemplos en nuestra propia historia, acuérdense cuando llegó Cortés, ya estaba Moctezuma, el gran Tlatoani quitó la cabeza y todo se colapsó. El ***Modelo Distribuido*** permite la generación de acciones cooperativas, ya vimos algunos ejemplos de cuando hay acciones cooperativas el desempeño de las personas mejoran mucho. Esta es una cuestión muy importante para los procesos educativos.

La imitación de las acciones observadas es un elemento importante en la evolución dado que aumenta las probabilidades de sobrevivencia individual y poblacional. Hay experimentos muy interesantes que demuestran cómo nuestros parientes más próximos los primates, aprenden a alimentarse o a pescar. Aquí en México hay una historia muy interesante, hace muchos años Frank Ervin y Carlos Guzmán tenían una colonia de monos en la laguna de Catemaco, y entonces terminó el proyecto y dejaron a los monos ahí, varios años después aprendieron a pescar para sobrevivir, a través de la imitación. Entonces, la imitación de las acciones observadas en nuestros procesos educativos son fundamentales.

La pregunta es si este comportamiento ¿es determinado

genéticamente o está impreso durante los periodos críticos del desarrollo? Son ambos. Saben ustedes que los primeros años del crecimiento de los niños son fundamentales, es cuando aprendemos idiomas, sonidos y a movernos. Entonces es cuando esos 3-4 primeros años de un niño son fundamentales.

Les muestro un ejemplo en el siguiente video de Konrad Lorenz, uno de los grandes premios Nobel y quien realizó un trabajo acerca del comportamiento; en el video se pueden observar a unos pollitos que nacieron junto a él y lo identifican como su mamá, lo siguen a todas partes. También ha habido otros estudios que a mí me parecen igual de impactantes.

Hay otro experimento interesante con salmones. Ustedes saben que se dice que el salmón regresa a poner sus huevos al lugar en donde nació. Hicieron un experimento en el que tomaron a algunos salmones y en el sitio en el que nacieron colocaron una sustancia (producto derivado de la gasolina) que les gusta mucho a los salmones, los salmones crecen con esta sustancia y posteriormente sueltan a los salmones. Los salmones viajan y les ponen unos frascos con la misma sustancia que les gusta, entonces el salmón llega y se queda ahí por dicha sustancia. A los salmones que no les pusieron la sustancia en el lugar que nacieron, pasan los frascos y no reconocen la sustancia, a diferencia de los otros salmones que fueron expuestos a esta sustancia desde su nacimiento y en algunos momentos de su desarrollo sus neuronas registraron ese suceso. Lo interesante es ver el registro del electroencefalograma de los salmones que muestra que cuando estan en contacto con la sustancia se activa el cerebro. Es decir, asociado a lo que nos gusta y no nos gusta hay este proceso de memoria, en este caso memoria olfativa y memoria de gusto. Los sabores que aprendemos de recién nacidos y de muy jóvenes recordamos toda la vida.

En esto existe una base neurofisiológica, se han encontrado las neuronas espejo. Rizzolatti, un investigador italiano quien ha sido el pionero en estas ideas. ¿Qué es lo que han encontrado? Poblaciones de neuronas cerebrales que responden tanto cuando el mono realiza una acción determinada, como cuando este observa a otro individuo realizar la misma acción. Esto de observar es muy importante, esta propiedad neuronal promueve el aprendizaje por imitación, y es lo que se llama comportamiento resonante.

Las neuronas espejo se activan tanto al observar la ejecución de movimientos manuales como al inferir dichas acciones. El sistema de neuronas espejo permite al individuo detectar ciertos estados mentales de otros individuos. Esta capacidad permite anticipar las acciones futuras de otros individuos, que pueden ser cooperativas, no cooperativas o incluso amenazantes. Ello permite una mejor adecuación de la respuesta propia a las actitudes e intenciones de los otros, lo cual es fundamental para la interacción social y para el desarrollo del lenguaje.

Ya vimos algunos ejemplos de cómo están investigando en los laboratorios en China las cuestiones faciales.

Inclusive nosotros leemos expresiones faciales, lenguaje no hablado, el lenguaje corporal, y se usa para saber cuál es el desempeño de los niños en la escuela. Entender las acciones (conocer) las acciones o estados de ánimo de los otros es importante para la instrumentación de acciones anticipatorias. Por ejemplo en un combate de box, con la intensión del movimiento podemos ver cómo se esquiva un golpe.

Ello permite aprender a moverse al observar los movimientos realizados por otros individuos, por ejemplo en la cuestión de Artes Marciales, antes de que la persona este peleando en sí, tiene un tiempo en que está observando a los demás, y al observar hay evidencia de como se activan las mismas zonas cerebrales que si se estuviera haciendo ese movimiento.

En niños con desordenes autistas, presentan una disfunción de las neuronas espejo, se activan en menor cantidad. Los autistas con un nivel severo de comunicación verbal presentan un déficit marcado en la actividad magneto-encefálica de alta frecuencia (20Hz), sobre todo en el área de Broca.

Es un problema social, serio, que tiene que ver con la educación, un niño hiperactivo en mis tiempos se decía “este niño no hay quien lo discipline”, ahora sabemos que hay una serie de fenómenos neurológicos asociados a eso. Y es muy importante que los maestros lo sepan, cada niño es en sí una situación única, no se puede generalizar, lo que cada niño hace y sus limitaciones es diferente. Los niños autistas no desarrollan esta empatía social.

También se asocia a lesiones del sistema nervioso, el daño a la amígdala afecta el contacto visual. Los patrones de movimientos oculares en chimpancés son muy parecidos a los movimientos en humanos, hay factores genéticos heredados acerca de cómo exploramos el entorno.

Tanto en los antropoides como en los humanos el sistema de neuronas espejo se especializa no solo en el procesamiento de estímulos animados, sino específicamente en el procesamiento de estímulos con relevancia social. El temor adquirido indirectamente a través de observación social activa mecanismos neurales semejantes a los desenmascarados por el temor experimentado personalmente.

El nivel de actividad Dopaminérgica en el estriado es modificado por las características de la interacción social. Este es un experimento muy interesante; en una colonia de monos donde había un macho alfa, los hicieron drogadictos con cocaína y al mismo tiempo median en su cerebro la cantidad de dopamina que se liberaba en los grupos estriados. En un primer escenario se encontraban el macho alfa y los subordinados cada quien en su jaula, el macho alfa tenía un poco más de dopamina y los subordinados un poco menos, al momento de poner a los dos juntos (macho alfa y subordinados) aumenta la cantidad de dopamina en el macho alfa y en los otros se disminuye.

Este comportamiento se puede observar en la actualidad, el consumo de drogas, el comportamiento en grupo es muy diferente al comportamiento que tenemos cuando estamos solos. Esto es muy importante cuando se lidia con los jóvenes, muchas veces el profesor les puede decir que no, los padres les pueden decir que no, para ellos ir en contra de su grupo es muy difícil. Se requiere entonces una atención especial, cuando están juntos es otra psicología y ustedes lo conocen bien.

Realmente lo que somos depende en buen grado de con quién nos asociamos, a esto se le llama *león Argentino*, y es positivo en el sentido que uno no se está menospreciando, sino al contrario, es tener una buena imagen de sí.

En el video a continuación pueden ver como imitamos a los demás subconscientemente cuando estamos en grupo. En el video puede observarse la experiencia en un elevador, hay una persona dentro y entran más personas que son parte del estudio, estas personas se ponen de cara contra la pared y la otra persona termina imitándolos sin saber por qué.

Existen modelos de sociedades artificiales en los cuales se ponen algunos de esos parámetros. En el modelo distribuido de inteligencia social, el sistema puede adquirir una configuración estable y ordenada (por prioridades) cuando los agentes, es decir, los individuos de la sociedad, generan expectativas basadas en la actividad de otros agentes y cuentan con mecanismos de ***proliferación de información***, en este caso creado por la ***observación del comportamiento*** de los otros.

¿Cuáles son las conclusiones de todo esto?

El estudio del Sistema Nervioso ha aportado elementos fundamentales sobre los eventos neuronales asociados con la generación de movimientos voluntarios y procesos cognitivos. Este conocimiento permite conocernos más a nosotros mismos y la forma en que interaccionamos con el entorno. Cada vez es más claro que la interacción con el entorno y sobre todo con otros individuos de la misma especie influye en la integración de la autoconciencia y en los procesos cognoscitivos sobre todo en las etapas tempranas del desarrollo.

El comportamiento social no es necesariamente la suma de los comportamientos individuales. Es más bien una propiedad emergente consecuencia de la interacción entre los individuos que forman la población. Esta interacción puede ser positiva o negativa; la interacción positiva, por ejemplo incentivos, tiende a aumentar el conocimiento social disponible, mientras que la interacción negativa como factores históricos y culturales tiende a disminuirlo. El conocimiento científico y tecnológico, aunado a una ética social y biológica responsable, también puede constituirse en un instrumento idóneo para lidiar con una variedad de problemas sociales y ambientales. Y obviamente los maestros juegan un papel fundamental.

La pregunta es si tenemos la suficiente inteligencia colectiva para abordarlos exitosamente. Y por eso estamos aquí, tratando de generar esa conciencia colectiva a través de ustedes y de ustedes hacia todos los estudiantes. Si tenemos la capacidad de utilizar el conocimiento para anticipar riesgos, proponer soluciones y actuar en consecuencia. De utilizar el conocimiento para poder interaccionar en forma positiva con el entorno y usarlo para lograr una mayor convivencia entre individuos y sociedades.

Brevemente para concluir, ¿cuáles son algunos de los problemas que tenemos que vivir por falta de conocimiento?, analfabetismo, racismo y fundamentalismos ideológicos, terrorismo, drogadicción, violencia, deterioro

del medio ambiente, destrucción de ecosistemas, calentamiento global, salud y pobreza extrema, desnutrición y hambruna, enfermedades emergentes y el autismo social; las murallas que ponemos para separar países, comunidades e individuos.

Y la pregunta que debemos hacernos es ¿qué sigue? y sobre todo preguntarnos ¿y yo, por qué?, es algo que nos toca a todos, cada quien en su esfera y en sus limitaciones.*

** Transcription*

Panellist:

Lucas Malaisi

Emotional Education Foundation

ON THE REASONS TO APPLY EMOTIONAL EDUCATION IN THE CLASSROOM

¿Qué es la Educación Emocional?

Es una estrategia educativa de promoción de la salud que tiene por objetivo mejorar la calidad de vida de las personas a partir del desarrollo de habilidades emocionales.

¿Por qué hacer Educación Emocional ahora?

Porque tenemos una sociedad con claros síntomas de enfermedad: violencia, depresión, consumo de drogas, consumismo, culto de la imagen, delincuencia, etc.

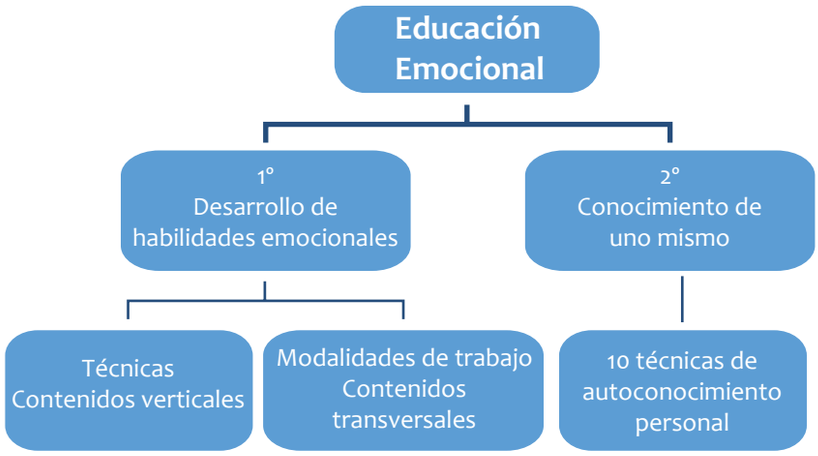
¿Quién sugiere hacerlo?

La OMS (Organización Mundial de la Salud) propone el desarrollo de las "Habilidades para la vida" (*life skills*) en 1986, luego en el 1993 elabora un nuevo documento centrado en la Educación (*Life Skills Education in School*) en el cual define dichas habilidades como "Capacidades para adoptar un comportamiento adaptativo y positivo que permita a los individuos abordar con eficacia las exigencias y desafíos de la vida cotidiana". Luego en 1998 en un Glosario sobre promoción de la salud especifica desarrollar en el ámbito educativo 10 habilidades para la vida, de las cuales al menos 6 son habilidades emocionales en forma específica[1].

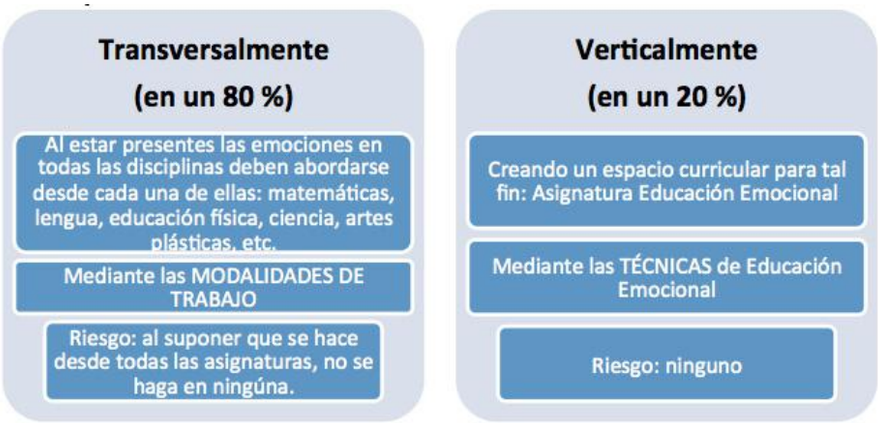
Estos documentos se basan en una contundente e incuestionable evidencia científica de los beneficios de hacer Educación Emocional.

[1] **Las habilidades para la vida propuestas por la OMS son: (las subrayadas son habilidades emocionales)**
1. Capacidad de tomar decisiones
2. Habilidad para resolver problemas
3. Capacidad de pensar en forma creativa
4. Capacidad de pensar en forma crítica
5. Habilidad para comunicarse en forma efectiva
6. Habilidad para establecer y mantener relaciones interpersonales
7. Conocimiento de sí mismo
8. Capacidad parar para establecer empatía
9. Capacidad para manejar las propias emociones
10. Habilidad para manejar las tensiones o estrés

¿En qué consiste la estrategia educativa de la Educación Emocional?
Consta de dos ejes troncales: Desarrollo de las habilidades emocionales (lo propuesto por la OMS) y el Autoconocimiento: es el descubrimiento y valoración de la propia unicidad.



¿Cómo implementarlo? Debe hacerse de dos formas:



¿A quiénes capacitar para desarrollar las habilidades emocionales?
Para llegar eficazmente a desarrollar la Inteligencia Emocional en niños, es necesario abordar los cuatro pilares de la Educación Emocional:

1. **Educación Emocional del Docente:** Desarrollo de habilidades emocionales en el educador, donde aprenda cómo manejar sus emociones y a automotivarse.
2. **Escuela para Padres:** Desarrollo de habilidades emocionales en tutores de los niños como conocimiento de claves para una crianza sana.
3. **Educación Emocional en las Relaciones Interpersonales:** Abordaje de las dificultades organizativas.
4. **Educación Emocional de niños:** Técnicas y modalidades de trabajo para aplicar con niños y adolescentes en el aula (como contenido curricular y en forma transversal).

¿A qué se debe el fracaso del sistema educativo actual?
Son prácticas anacrónicas que insisten en lo académico y en la transmisión de conocimientos, siendo que en el Siglo XXI las tecnologías hacen accesible la información a todos. Además pretenden la preparación de una pesrona para la "productividad".

Ambos enfoques no se condicen con las necesidades del mundo actual, considerando que el 80 % de los conocimientos que necesitarán los niños de hoy cuando tengan 18 años, aún no existe, aún no está siquiera pensado, dado que el conocimiento mundial se duplica cada 10 años.

¿Qué tipo de educación necesitamos en el Siglo XXI?

Además de lo realizado al momento (lo académico) es menester abordar una educación que favorezca el desarrollo de la resiliencia, salud emocional y satisfacción personal, dinamización de recursos y el entrar en acción, tolerancia a la frustración y automotivación, considerando que del 70 al 80 % del éxito que obtenemos en la vida depende de las habilidades emocionales.

HEMOS DE PROMOCIONAR LA SALUD PARA EVITAR A FUTURO LA PROLIFERACIÓN DE CONDUCTAS SINTOMÁTICAS.

Reflexiones finales:

En un delicado entramado de innumerables variables interconectadas e intervinientes que afectan a las sociedades, pululan nefastas e impensadas problemáticas de niños, adolescentes y adultos. Conductas violentas, delictivas, suicidas, promiscuas, adictivas, depresivas, evasivas, entre otras, proliferan entre todos, erigiéndose en una realidad que ya no es ajena a casi ningún rincón de este planta. La inhabilidad de algunos padres para educar; el agotamiento que sufren, el abuso, la fragmentación familiar, la desintegración de las redes de apoyo comunitario, la urbanización, la implacable inseguridad social, los cambios económicos, la inequidad, marginación y discriminación social, condiciones de hacinamiento, etc. se combinan con cambios valórico-culturales que fomentan el consumismo, individualismo, materialismo, hedonismo, relativismo, permisividad, masificación, frivolidad, búsqueda del placer inmediato, culto de la imagen, entre innumerables situaciones que influyen adversamente, haciendo cada vez más difícil llevar a cabo una clase en paz con los niños y mantener una buena relación con sus padres como con las autoridades del establecimiento educativo. Estos cambios sociales y culturales requieren de una preparación en los niños, docentes y padres que excede la practicada hasta el momento; se necesita de una Educación Emocional para que puedan afrontar situaciones sociales que no tienen precedentes.

Una política que pueda dar cuenta de la compleja red de actores y variables que influyen sobre los niños y familias, y que logre un cambio radical combatiendo el mercado de la enfermedad e inseguridad, sabemos, no se agota en un programa ni termina al implementarlo en algunas escuelas. Para asegurar los resultados que nos proponemos es necesaria una continuidad y mantenimiento en el tiempo de estas propuestas logrando llegar a todas las escuelas. Es por ello esencial el compromiso de autoridades políticas y gubernamentales para llevarlo a cabo a gran escala y mantenerlo en el tiempo, dado que si sus esfuerzos se concentran en los periodos electorales o bien buscan resultados inmediatos dentro del propio mandato, la solución es superficial y efímera, no alcanzando las raíces del problema, sino más bien, dejándolas intactas para que florezca posteriormente con aún más fuerzas. Si nos ocupamos de situaciones urgentes, y no de proyectos a futuro, procrastinamos el desarrollo y crecimiento de la sociedad. De este modo, las pululantes situaciones de precariedad imponen la emergencia de destinar recursos para lo urgente no dando la posibilidad de trabajar en lo estructural, arrojando como resultado una vulnerabilidad creciente, que justifica cada vez más las intervenciones de resultados efímeros, ante estas –curiosamente- más frecuentes situaciones "inesperadas".

Está comprobado que los patrones de comportamiento familiar en general se transmiten de generación en generación, donde si por ejemplo existió abuso, este tiende a repetirse.

Lo mismo ocurre con la violencia, física o verbal, abandono emocional, entre otras situaciones que, ya sea por un aumento demográfico o porque empeora el escenario, cada vez son más frecuentes y en su mayoría terminan judicializándose sin resolver el problema, muy por el contrario, a menudo empeorándolo. Estas intervenciones judiciales no despliegan en toda su extensión una función educativa que permita evitar el problema, pues llegan tarde, cuando el daño ya está causado. Es por ello menester llegar antes a aquellos en situación de riesgo y a aquellos que todavía no lo están también, asegurándonos que se mantendrán sanos y bajo control consciente de sus actos.

El fracaso del modelo educativo actual, basado en paradigmas obsoletos que no se condicen a las necesidades actuales, queda evidenciado por los constantes y perniciosos cambios y reformas que insisten en lo mismo: modificar una y otra vez proyectos y metodologías que se centran en lo cognitivo, ignorando la importancia de una sana vida emocional del niño y sus tutores (padres y docentes). Es por ello de vital importancia que al niño se le provean las herramientas para ser consciente de su situación, sentimientos y pensamientos. Porque si sólo percibe su realidad familiar, creerá que es la única realidad, la que indudablemente replicará en sus relaciones sociales, repitiéndose así esta funesta situación, entrampado en un círculo vicioso.*

** Document for the presentation*

Panel V

International Partnership for the Improvement of Science Education

Key note speaker:
Sharifah Maimunah

Panellists:
Juan Asenjo
Anders Hedberg
Guillermo Fernández

Moderator:
Guillermo Hernández Duque

Panellist:

Anders Hedberg

President, Hedberg Consulting, LLC

How can positive change be accelerated?

Considerable efforts are underway to strengthen science education in countries across the globe. Many of these have benefitted from international collaboration between individual and organizational leaders, and results are very encouraging. However, much more can and must be done to make it possible for all students to have access to effective science education.

Several facts can be cited to reflect how far we have come:
We agree that talent development in the areas of science, technology and innovation are critical for economic development in all countries and for global trade of goods and services.
We also have firm evidence that K-12 inquiry-based science education leads to increased student achievement (1, 2, 3, 4, 5, 6) and that a stronger performance in science, technology, engineering and math (STEM) education is important to achieve these economic goals.

The most powerful drivers include the active exchange of best practices, effective communication between education leaders and strategic partnerships that involve and engage all stakeholders.

As we review the opportunities to further accelerate positive change in this area, we need to carefully consider the meaning of the term STEM, which is at the center of this discussion.

While the acromyn STEM stands for four key subjects in education, the use of this term implies considerably more than merely an organizational principle for coordination of curriculum and instruction in these subject areas.

So, What is STEM?

Since its introduction in the first years of the new century, STEM has become one of the most powerful drivers of change in US K-12 education. Under President Obama's administration, multi-million dollar grant programs have been launched in support of STEM education in the US, and in large part as a consequence of that, vast numbers of new non- and for profit enterprises are now dedicated to promote, assist and improve this area of education. Most of these business entities direct their services to students and teachers. Some specialize in assisting corporations in their charitable education outreach, and some offer assistance to parents and other STEM education stakeholders. In order to support their particular business objectives, this multitude of organizations has introduced a wide range of definitions of the term STEM, contributing more to confusion than clarification of the actual meaning.

While these recent developments have occured in the education sector, it is intersesting to note that,

over the past 50 years, changes in the workplace sector of the economy have taken place driven by science, technology, engineering and math. This evolution of workplace behavior has largely been determined by forces of global competitive innovation, technical development, communication and economy. Interestingly, this powerful and sweeping change was never labeled by a specific collective term. However, now viewed in the light of the educational imperative, it can contribute an important new definition of the term STEM:

This is the generic organizational and individual, multidisciplinary behavior which leads to innovation and increased productivity, regardless of the final product or service. This definition is deliberately so broad and general that it describes the process used to transform early ideas into marketable products by all enterprises, from very small to extremely large, simple manufacturing and highly technical, widget producers and conceptual advisory service providers alike, privately operated, governmental and local as well as global business. Effective "STEM behavior"entails information transfer, use of tools, templates and technology, accumulation of experience as well as procedures for planning and coordination, evaluation and projection, trade, investment, management and administration. Defined this way, STEM is both omnipresent and invisible, specific and general, tangible and elusive. Yet, every workplace can describe it in their own terms. Most importantly, every employer can describe it in terms of what their employees must know and be able to do.

This leads to an inescapable conclusion, namely that the education and workplace sectors - the former preparing the talent that the latter needs and employs - stand to gain significant mutual benefits from a close collaboration and frequent communication. Yet, such collaboration is still a rare occurance, both in the US and abroad.

Who drives STEM in education?

Having acknowledged the importance of close communication and collaboration between the education and workplace sectors, it follows that this is equally important at the international level as at the national and regional levels.

This brings us back to the question of how to strengthen the outcomes of international exchange between educational leaders.

First, with a keen eye to the recent years' PISA reports and learnings from Singapore and Finland, among other leadership nations, the value of the teaching profession cannot be overestimated. Hence, it makes good sense from every perspective to invest in the leadership capacity of the classroom teacher.

This is the professional who is best positioned to translate the STEM-based workplace reality to the circumstances suited for student learning in the classroom environment.

He/she is also the person outside the home, responsible for laying down a foundation, on which students will build their readiness for global citizenry.

The idea of placing the teacher in focus of education improvement is anything but novel. It is in fact so commonplace that it rarely leads to an engaging debate among stakeholders. OECD reporting has convincingly concluded that quality teaching is closely correlated with the status of the profession, as perceived by both the teachers themselves and other education stakeholders. This, in turn is related to the degree of influence that the individual teacher has on his/her day to day work in the classroom, even if this is closely regulated by the national education plan, framworks and education standards. The teaching profession, with all its influential factors is no less komplex than any other, and equally dependent on talent.

Consider the three Rs of talent management. First Recruitment. Suffice it to say that any job, widely regarded as important and hence fairly compensated and well supported, will attract discerning candidates able to compete based on competence. Second, the Reward for a job well done must be proportional to the value to all stakeholders. Rewards are not only measured in monetary units. In fact, the millennial generation is often said to confer greater importance to other expressions, including opportuny for personal development, flexible working conditions and respect of the individual's need for family and life qualities. Finally, Retention of competent professionals depends on how they are valued as individual contributors, and the degree to which professional support and workplace circumstances reflect this value.

Several of these factors are regrettably out of reach for near term reform. However, it is possible to envision change that might be

implemented to further empower individual teachers in their day-to-day classroom work.

Why is STEM education important everywhere?

Each of the four STEM disciplines are globally recognized both in theory and practice, bridging over geographical borders as well as language and cultural barriers. This perspective is not obvious from the vantage point of the K-12 classroom, but it is important that teachers of STEM are able to effectively convey this to their students. There are several important reasons for this:
In today's world of people movement, both voluntary and forced, children are increasingly exposed to foreign languages and cultures early in life. They need to be able to learn together and collaborate with each other both in and out of school, and STEM offers unique opportunities both for building individual confidence and respect for others' skills and abilities. In preparing children for adult life in tomorrow's world we must absolutely introduce them early to the complexities of global citizenry.

Later in life, STEM knowledge, skills and behavior are powerful competencies that can help an individual gain competitive advantage in job applications, already from graduation. The importance of STEM knowledge transfer may be obvious for professionals seeking international opportunities. However, for young persons living in countries with uncertain futures, and whose ambitions may not include international careers, can also be greatly helped by having strong STEM skills.

The STEM teacher can be an exmplary role model in both scenarios. Skilled K-12 STEM teachers who themselves represent foreign cultures in the context of the classroom, can collaborate closely with "native" colleagues in modelling effective STEM problem solving across disciplinary lines. For a young, active learner nothing is more inspiring than engaging role models who bring relevance to the classroom experience.

Globalization is predominantly a function of international trade, which in turn is driven by business and industry. Hence, the network of international corporate connectivity offers a natural scaffold for international education initiatives. Corporate social responsibility (CSR) programs often have an education component, typically focused on the communities where they operate, but not infrequently also foster national and international leadership development. Multinational corporations have a stake in the global STEM talent pipeline since they employ people in several countries and rely of their staff's ability to collaborate across borders. These companies are organized as international networks, designed to make effective use of supply lines for R&D and manufacturing and to distribute products and services to all customers, all while operating on shared company values. Such international networks can be effective conduits of workplace-connected K-12 STEM learning.

Further, the network of engineering academies is an important link between education/academia and the corporate sector that can help advance public and private interests in innovation, engineering and manufacturing. Frequently, members of these academies are appointed from among the corporate roster of leaders. It is therefore no surprise that engineering academies are thoroughly familiar with the operational principles of large corporations. For this reason, these academies are highly valuable partners to the science academies that have traditionally carried the IBSE torch under the Inter-Academies Panel Science Education Programme. A strong partnership between the IAPSEP and the network of National Engineering Academies can help attract multinational corporations to STEM/IBSE initiatives, both at national and international levels.

What can we do to advance IBSE and STEM education further?

First, to summarize a few key issues:

- Science, technology and innovation, fostered by IBSE/STEM education are or vital importance for our future citizenry and economic growth everywhere.
- Teachers are at the most important drivers of IBSE and STEM education.
- STEM is firmly anchored in business and industry, and increased collaboration with education will result in mutual benefits.
- Strengthened collaboration over international IBSE/STEM education will befit all nations.

Building on this, I propose that that leaders in national IBSE/STEM education (regardless of country), corporate social responsibility programs and international academy networks collaborate to advance international IBSE/STEM teacher connection and exchange.
To break new ground in this area, we must clearly define the objectives and the challenges to overcome.

First, objectives:

- Increase teachers' insights into knowledge, skills and alternative effective classroom practices that be implemented in their own schools.
- Expose teachers to international and global issues that need to be considered in order to better prepare students for global citizenry.
- Explore how business/industry practices and organizational behaviors can be described and included in IBSE and STEM education in the classroom.
- Develop a sustainable professional international network of IBSE/STEM teachers.

Second, important challenges - and ways to address them:

Measurement of effectiveness. What constitutes success? Obviously, student achievement outcomes must be at the center of program evaluation. However, in the near term, program effectiveness may have to be measured in terms of how the participants' classroom practice is influenced. Over time, outcomes in terms of teacher and student attitudinal change to the understanding of STEM, innovation, international collaboration and global issues must be considered. A definition of Proof of Concept must be established, including but not limited to these parameters.

Language barriers. Within each of the three largest language groups, English, Spanish and French, partnerships can be formed that engage key leaders and teachers in public and private sectors of several countries. Over time, overarching global network communication and exchange can be established with a preferred language.

Leadership and administration. The IAP/SEP is well established as an international lead organization in the area of IBSE. By exploring an expanded partnership with leading engineering academies and multinational CSR programs an appropriate construct for administrative leadership can be identified. This will help achieve synergies with currently operating IAP programs.

Funding. During a pilot phase, private sector funding will be important. Hence, flexibility in program design will be necessary in order to build on currently operational corporate programs. Proof of Concept (see above) in hand, additional funding will be sought through independent, government and private foundations. Miscellaneous objections:

"First address IBSE/STEM education issues here at home!" - All countries have challenges to address on the home front, none of which will be finally resolved within the current decade. Meanwhile, global STEM challenges compete for our attention like never before. Climate change, cybersecurity, epidemiology, access to food and water, nuclear proliferation, etc. threaten our children's future and they need ever-improving education to get prepared to meet the threats NOW.

"Public education policy makes it difficult to fit new programs into the day of the teacher." - The program will not aim to add or replace current curriculum or student achievement goals. Through the broadening of perspectives and access to an expanded international community of learners, teachers are empowered to improve their own professional practice, using the time available.

"Program cost will be prohibitive to include teachers from all districts, much less every classroom!" - True. The program will therefor initially focus on including lead IBSE/STEM teachers who have demonstrated a desire to lead change within their communities. Their investment of time to travel for professional advancement will be rewarded by stipends and cost for travel and accommodation. Back home, they will be expected to lead regional International IBSE/STEM chapters including their colleagues. Scale-up will follow after a "critical mass" of trained teachers has been reached in a region.

"Business and industry are only interested in helping schools in their back yard." - Corporate donations to local communities make sense since this is where most of their employees live and where their kids go to school. Since it also important that these schools are as good as possible, CSR leaders are more inclined to leverage current grants if this helps strengthen teachers' skills. Further, corporate grant makers are more likely to provide funding alongside with other funders since this makes their grant monies go farther.

A sustainable Program for International IBSE/STEM Teacher Exchange should be initially designed as a demonstration project with a limited number of pilot partnerships between countries operating well-established IBSE programs. Examples are Mexico, Chile, France, Canada, UK, Germany, Sweden and USA. Within this cluster it is clearly feasible to identify three language-based partnerships for a small scale pilot demonstration project. There are examples of corporate education support and engineering academies in all these countries which are also active members of the IAP SEP network.

A pilot design might look as follows: A Program Partnership consists of two countries sharing one language. At least wo such Partnerships should be considered in Phase 1.

Two separate regions in each country will identify one corporate partner each with assistance of the National Engineering Academy, and with the help of the IBSE IAP member org. one school district partner each.

A minimum of two lead IBSE/STEM teachers from each district/region are appointed to spend one month abroad, working alongside hosting IBSE/STEM lead teachers. These teachers, in turn, are candidates for the following year's exchange.

Upon return to the home district, active IBSE/STEM partnership development will continue between the school district, corporate partner, community and Academy leaders. This activity will focus on ongoing STEM education using project based learning with involvement of workplace representatives in the classroom environment. The potential for teacher summer internships with the corporate partner will be explored and where feasible, implemented.

During and at the conclusion of the school year an in-depth evaluation will take place, involving all four teacher/participants, as well as corporate partners, education and academic partners from each country.

*Leadership in IBSE/STEM education takes on many forms and requires many competencies. Besides the ability to work effectively within the framework of national policies, budgetary and organizational constraints, it requires dogged determination, results orientation and a visionary dedication to improvement. When addressing the challenges of preparing students for a less well-defined future every-day reality which is directly influenced by global events, it will also require breaking new ground and engaging partners traditionally not called upon. It is my belief that this is now a necessary next step.**

** Document for the presentation*

REFERENCES

1. https://assetinc.org/publications/393

2. https://ssec.si.edu/laser-i3

3. Zoblotsky, T., Bertz, C. Gallagher, B. y Alberg, M. (2016). The LASER Model: A Systemic and Sustainable Approach for Achieving High Standards in Science Education: SSEC i3 Validation Final Report of Confirmatory and Exploratory Analyses. Memphis, TN: The University of Memphis, Center for Research in Educational Policy. Reporte sumativo preparado para Smithsonian Science Education Center, Washington, DC.

4. http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm

5. http://www.iea.nl/timss_2011.html

6. http://www.iea.nl/timss_2015.htm

Innovation for Science Education
San Francisco 1626-205
Del Valle, 03100. Benito Juárez. Mexico City
www.innovec.org.mx