



# DEBATES

DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

**ICT**

Instituto de Ciencia y Tecnología



Universidad  
**Ricardo Palma**





**Ausencia del Director  
Ver 2010 en el Instituto**

# CONTENIDO

**DEBATES**  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD  
N° 11 Junio 2011

Revista del  
Instituto de Ciencia y Tecnología  
Universidad Ricardo Palma

Rector  
Dr. Iván Rodríguez Chávez

Vicerrector Académico  
Dr. Leonardo Alcayhuamán Accostupa

Vicerrector Administrativo  
Dr. José Calderón Moquillaza

Director del ICT  
Dr. Víctor Latorre Aguilar

Editor de este Número  
Dr. Víctor Latorre Aguilar  
[latorre.victor5@gmail.com](mailto:latorre.victor5@gmail.com)

Suscripción y Canje  
Av. Benavides 540, Lima 33, Perú  
Telf.: 708 0000 Anexo 0270  
e.mail: [ict@urp.edu.pe](mailto:ict@urp.edu.pe)

Impresión  
Editorial Sofía SAC  
Telefax 426 5220  
[editorialsofiasac@hotmail.com](mailto:editorialsofiasac@hotmail.com)

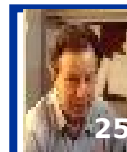
La Ciencia



Integración Energética  
Perú-Brasil



El ARN y el Origen de la Vida



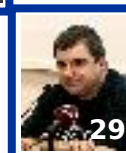
entre Disciplinas



Hacer Ciencia me dio la Libertad



de Física 2010



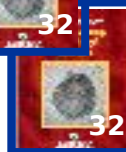
2010 en el Instituto



Noticias

32

Nuevas Publicaciones

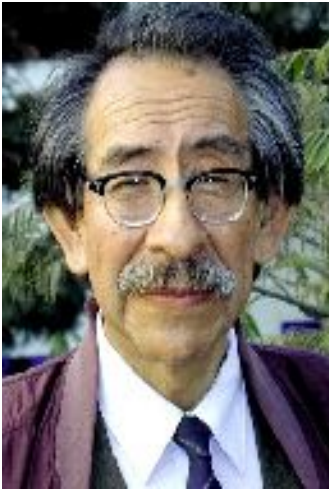


32

Nuevas Publicaciones

# LA CIENCIA

Víctor Latorre, Universidad Ricardo Palma  
[latorre.victor5@gmail.com](mailto:latorre.victor5@gmail.com)



## Resumen

*Se propone una definición práctica de la Ciencia a través del concepto de consenso y de la forma en que es publicada en las revistas indexadas. Se ilustra esta definición citando la clásica publicación de Feynman introduciendo su electrodinámica cuántica. Se comenta también el trabajo de cuatro científicos peruanos, algunos explicando resultados que se intuían verdaderos, pero que no pudieron ser probados por mucho tiempo. Otros dando explicaciones simples obtenidos con instrumentos recién inventados.*

## Las Disciplinas que estudia el Hombre

El estudio ordenado y razonado de ideas, seres, cosas y hechos semejantes, en el mismo ámbito, en el mismo tiempo o ligados por cualesquier circunstancias que los hermanan o relacionan, constituye lo que comúnmente se llama el estudio de una disciplina. Los razonamientos y resultados de dicho estudio son la disciplina propiamente dicha.

Disciplinas son la Historia, las Matemáticas, la Farmacología, la Teología y aún la Brujería si se quiere, entre otras muchas.

## Las Disciplinas Científicas. Ciencia y no Ciencia

Quienes estudian una disciplina inventan procedimientos y reglas, pero sobre todo escogen puntos de partida (principios). Partiendo de ellos la aplicación de las reglas conduce a conclusiones que son los resultados que, a su vez, son nuevos puntos de partida y así sucesivamente. El conjunto de los

resultados es el *Acervo* de la disciplina.

Si los sucesivos resultados no se contradicen entre sí y si, sobre todo, las ideas, seres, cosas y hechos, materia de la disciplina, son o se comportan como los resultados lo prevén, entonces la disciplina puede considerarse fructífera.

Algunas de las disciplinas se llaman *científicas*. ¿Qué distingue a las disciplinas científicas de las demás? Aparte de su materia, puntos de partida y reglas y procedimientos, que siempre son diferentes para diferentes disciplinas, las disciplinas científicas buscan el consenso entre quienes las cultivan. Los científicos tratan, por todos los medios, de alcanzar resultados consensuados. La discusión entre ellos, que es posiblemente la más frecuente y ardorosa que en todas las disciplinas, tiene la vocación de unificar pareceres.

Esta tendencia parecería impedir el surgimiento de nuevas ideas, prevenir el cambio y ahogar la disconformidad inexorablemente. Pero si bien es cierto que una nueva idea tiene que defenderse por ser nueva, la evidencia de que sus primeros frutos son mejores que los existentes en el *Acervo*, le otorgan una credibilidad que puede llevar a cambiar partes enteras del *Acervo*. La Ciencia es la disciplina que más frecuente y radicalmente ha cambiado su *Acervo* a lo largo de la historia.

Estas características, vocación por el consenso y facilidad de corregirse a sí misma, le han dado el vigor y el poder que ha alcanzado.

Si un conjunto de chamanes discute la Brujería, no llegará nunca a un consenso, por varias razones. Nadie expondrá todas sus ideas: son secretos profesionales que no se discuten y menos se someten a consenso. La Brujería no es Ciencia.

Disciplinas como la Psicología no son enteramente Ciencia tampoco. Es cierto que en ellas hay siempre una parte del *Acervo* aceptada por consenso. Es una base común que es Ciencia porque es Común a todas las escuelas psicológicas, Pero para cada escuela el resto del *Acervo* es diferente, pues no hay vocación de consenso completo. A veces no hay siquiera vocación de diálogo.

Pero hay otras, como la Economía, donde también hay escuelas diferentes, es cierto, pero donde la base común crece constantemente. Los Premios Nobel de Economía parecen creados para estimular este crecimiento, pues se otorgan principalmente a quienes ensanchan esa base común.

## La construcción de la Ciencia. El juicio de pares

La construcción de la Ciencia empieza con el trabajo del investigador que imagina cómo extender el Acervo o cómo cambiar una parte de él.

Este trabajo puede escribirse como una *ponencia* para discutirla con los *pares* (científicos de la misma especialidad o, mejor aún, de la misma sub especialidad o sub sub especialidad) en una conferencia o simposio, si es que el Comité Revisor de éste así lo acepta. La ponencia, en realidad, es el borrador del *artículo* que normalmente se enviará a una revista arbitrada. Este artículo, pulido con el beneficio de la discusión llega a manos del *árbitro*, un par anónimo escogido por su competencia en el Consejo Editorial de la revista, quien considera la novedad del artículo (la repetición de las conclusiones no pasa nunca), la corrección de los procedimientos, la lógica y la transparencia de la presentación, etc., y sugiere los cambios necesarios. Si el autor objeta los cambios el diálogo se extenderá por unas semanas, un par de años o se romperá definitivamente. El autor podrá recurrir a otra revista, pero quizás tampoco se ponga de acuerdo con el árbitro, pues éso es lo que la experiencia muestra.

La Ciencia es como un gran edificio en construcción con pabellones interconectados entre sí, donde la ambición de todo científico es intervenir ya sea demoliendo un pabellón para reemplazarlo por otro o ya sea, más común y modestamente, preparando un ladrillo para alguna pared que se esté levantando. El árbitro impone el primer control de calidad a este trabajo del investigador. Luego la revista que lo contiene llega a todos los pares del mundo y provoca confirmaciones o desacuerdos expresados en otros artículos. La confirmación puede consistir en que otro investigador construya de inmediato sobre el artículo: ponga un ladrillo encima de él. Este reconocimiento es la primera recompensa para cualquier científico.

En toda conferencia, al lado de las ponencias, hay *balances de avance* desde la conferencia anterior. Estos balances, por los más prestigiosos científicos de la especialidad, mencionan los artículos que resultaron más fructíferos en ese período. Ello confirma las extensiones o cambios en el Acervo (contribuciones al Acervo) y, de paso, en los libros y tratados que a partir de ese momento lo reflejan.

Comité Revisor de conferencia, Árbitro de revista, Lectores de las revistas indexadas, Revisores de avance, son todos pares. Su juicio da nombre a este proceso: *juicio de pares*.

Las contribuciones peruanas al Acervo, a partir

aproximadamente de 1955, están siendo ahora listadas, en su gran mayoría, en el Banco de Investigadores del Concytec en la siguiente página web: [www.concytec.gob.pe/investigadores/](http://www.concytec.gob.pe/investigadores/), donde figuran dentro de los currículos resumidos de sus respectivos autores. El Banco está dividido en 33 especialidades (algunas de las cuales son en realidad sub especialidades).

No están aquí todos los investigadores peruanos. Falta seguramente identificar a muchos, particularmente residentes fuera del Perú, de los cuales hay listados solamente algo más de 100. Por otra parte, hay distinguidos investigadores que nunca escribieron en revistas indexadas y cuyos trabajos consecuentemente no pasaron por el juicio de pares ni recibieron la difusión ni la crítica constructiva que podrían haber merecido.

No todos los investigadores listados son peruanos. Hay no peruanos residentes en el Perú y también no peruanos visitantes frecuentes del Perú.

El perfeccionamiento lógico de la división en especialidades y el incremento en el número de investigadores listados es una tarea que el Concytec podría realizar.

El hecho de que el juicio de pares sea enteramente conducido por quienes en el mundo conocen a fondo la sub especialidad respectiva, asegura una evaluación mucho más precisa y justa que la que podría realizarse dentro del país.

### Los disidentes en la Ciencia. Richard Feynman

A veces surgen científicos que desafían al *Establishment*. El estadounidense Richard Feynman fue uno de ellos. Con la mente y la decisión que tuvo, pudo reconstruir por su cuenta la Física de muy joven y, al hacerlo, naturalmente encontró puntos de partida y caminos nuevos que lo llevaron a conclusiones no alcanzadas aún en el Acervo.

Su reconstrucción de la Mecánica Cuántica le permitió crear la Electrodinámica Cuántica (en inglés Quantum Electrodynamics o QED) casi simultáneamente con Julian Schwinger y Sin-Itiro Tomonaga (los tres se llevaron el Premio Nobel de Física de 1963). La versión de Feynman siguió un camino no convencional que los mejores físicos del mundo, incluido Oppenheimer, no comprendieron por varios meses. Su artículo fue publicado sin que el árbitro lo entendiera completamente. Le dio pase porque intuyó que era importante y porque decidió entonces que todos los pares debían verlo para terminar de entenderlo. Fue el inglés Freeman Dyson quien finalmente lo entendió y explicó a todos en otro artículo.

Se dice que QED es la teoría más perfecta que

existe porque combina la Mecánica Cuántica con la Relatividad Especial para explicar el Electromagnetismo y la Electrodinámica y hacer predicciones usando los famosos diagramas de Feynman ([www2.slac.stanford.edu/vvc/theory/feynman.html](http://www2.slac.stanford.edu/vvc/theory/feynman.html)) con una precisión asombrosa de 7 a 9 cifras significativas. En 1983 Feynman creó una versión más de parte de QED para una literata, amiga de la infancia (R. P. Feynman: *QED*, Princeton University Press, Princeton New Jersey 1985). Esta versión es un ejemplo de cómo una teoría muy complicada puede ser explicada a quien no es especialista. QED entra a las profundidades de muchas cosas mundanas como la corriente eléctrica, las ondas electromagnéticas (incluyendo la radio, la TV, los rayos X y gamma), los imanes y de otras, como los láseres, que se dan en el microcosmos de los átomos.



Feynman (Dick para sus alumnos en Caltech, la poderosa escuela de ciencias e ingeniería de California), una leyenda del Siglo XX, fue uno de los primeros físicos estadounidenses que se formaron íntegramente en los Estados Unidos, sin ir a Europa. Para mayor información puede ver su página oficial [www.feynman.com/](http://www.feynman.com/) y su autobiografía informal Feynman, R. P. and Leighton, R: *Surely You're Joking Mr. Feynman*, W. W. Norton, 1997 New York. Para conexiones con páginas sobre él, ver [es.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Feynman](http://es.wikipedia.org/wiki/Richard_Feynman)

### **Las diferentes Ciencias según su material de estudio**

Básicamente hay dos clases de materiales: los

que forman seres animados u objetos inanimados del Universo, por una parte; y, los números y variables inventados por el Hombre, por otra. Los primeros son material de estudio de las Ciencias llamadas Naturales. Los segundos son el material de las Ciencias Matemáticas. La Ciencia Natural que estudia los seres animados, o vivos, es la Biología. Las Ciencias Naturales que estudian los objetos inanimados son la Física y la Química.

En el Siglo XIX se descubrió que algunas teorías físicas explicaban también fenómenos químicos y en el Siglo XX quedó en claro que Física y Química constituyen una sola ciencia: la Ciencia de los objetos inanimados, explicados en su estructura y funcionamiento por la Mecánica Cuántica. Los químicos abriendo este camino se llamaron físico químicos. La Química está a cargo del estudio de todas las posibles combinaciones de átomos y moléculas, que son los objetos constituyentes de todas las cosas materiales. La Física está a cargo de todo lo demás en el mundo inanimado.

Pero aún hay una unificación en ciernes más: al final del Siglo XX se observó que algunos fenómenos biológicos en el nivel molecular son aparentemente regidos también por la Mecánica Cuántica. Cabe entonces esperar que en los siglos por venir pueda descubrirse que todas las Ciencias Naturales tienen los mismos puntos de partida, vale decir, que obedecen a los mismo principios..

### **El mundo de Carlos Bustamante**

Un biofísico peruano, Carlos Bustamante, jugó un papel importante a fines del Siglo XX en el encuentro entre la Biología y la Física a escala molecular bajo circunstancias entonces imprevistas, concitando así la atención del mundo científico. Carlos Bustamante aplicó métodos insospechados para investigar proteínas, DNA y RNA, molécula por molécula. Sus herramientas principales fueron el microscopio de fuerza atómica y la pinza láser.

Proviene de familia arequipeña muy interesada en la Ciencia. Estudió Biología en Cayetano Heredia (Licenciatura, hasta 1973) y Bioquímica en San Marcos (Maestría, hasta 1975) antes de irse a los Estados Unidos con una beca Fulbright en busca de un doctorado. Lo obtuvo en Biofísica en la Universidad de California en Berkeley (1981), investigando y enseñando luego en la Universidad de Oregón, donde inició los trabajos que le darían fama a comienzos de los años 90. En 1998 retornó a Berkeley donde ahora es Profesor de Biología Molecular y Celular, Física y Química El sitio [alice.berkeley.edu/](http://alice.berkeley.edu/) está lleno de información sobre su gran laboratorio en Berkeley. Es miembro de la National Academy of Science de los Estados



Unidos y ha establecido una pequeña sucursal de su laboratorio de Berkeley en el campus de la Universidad Cayetano Heredia en Lima.

Su meta a largo plazo es construir una célula viva. Describiéndose a sí mismo, dice que vive en la frontera de su competencia con su incompetencia: "Si uno se siente siempre competente, no es un científico".

La microscopía de fuerza atómica utiliza una punta que puede explorar una superficie molecular de la misma manera que la aguja de un tocadiscos antiguo explora la cara de un disco para encontrar las sinuosidades del surco acústico. Pero en el caso de Bustamante la punta busca valles y promontorios en la superficie causados por los miles de átomos que forman una molécula. Encontrando tales valles y promontorios se determina la posición de los átomos, lo que ayuda enormemente a definir la estructura de la molécula (cromatina, complejos proteína-ácido nucleico, etc.), importante, a su vez, para determinar los mecanismos de control de la transcripción en procariotes.



Para aumentar la precisión de las mediciones la punta del instrumento es colocada cerca del extremo libre de un voladizo (semejante a un trampolín muy pequeño de  $100\mu\text{m}$  de longitud típicamente, con un extremo fijo y otro libre con una constante de resorte de  $0.1\text{N/m}$ .).

Otra manipulación de Bustamante consiste en conseguir que los extremos de una molécula larga aprisionen pedacitos magnéticos, los que después son jalados, por imanes, en direcciones opuestas. La molécula se tensa y se estira tanto más, cuanto más grandes sean las fuerzas que la jalen. Así midió la elasticidad de las moléculas de DNA.

Para mover moléculas individuales a voluntad aprendió a atraparlas con un haz altamente enfocado de luz: la pinza láser.

Estas técnicas nunca habían sido empleadas antes en el nivel molecular. Feynman en 1963 prometió dos mil dólares a quien construyera un motor eléctrico que funcionara en un espacio inferior al ocupado por la cabeza de un alfiler. Un ingeniero le llevó pronto un tal motor y cobró su premio. ¡Pero la cabeza de un alfiler es un Universo comparado con las dimensiones moleculares! Feynman ofreció el premio porque quería estimular un desarrollo cuya importancia previó sería muy grande, muy pronto.

Con esas técnicas Bustamante en 2000 describió por primera vez, y paso a paso, el proceso de cómo una enzima solitaria copia una secuencia DNA para convertirla en RNA.

Carlos Bustamante en 2002 fue elegido miembro pleno de la Academia Nacional de Ciencias de los EU. Viene frecuentemente al Perú (san isidrino), y es Presidente de iiiPerú, Instituto Internacional de promoción de la Investigación en el Perú que agrupa a investigadores peruanos preocupados por tal promoción, no importa dónde residan.

### ***Las Ciencias Naturales y las Matemáticas***

Las Ciencias Naturales y las Matemáticas cumplen la condición para ser Ciencias a plenitud, pero tienen diferentes materiales de estudio. Además las Matemáticas no tienen que dar cuenta de la Naturaleza, de la que forma parte el Hombre. Deben dar cuenta del número y de otras cosas, todas inventadas por el Hombre. Por otra parte, las Matemáticas son herramientas de las Ciencias Naturales. No son las únicas; la Lógica también lo es.

Veamos algunos detalles. Entre los resultados de las Ciencias Naturales, aquellos que entran al Acervo o, si se quiere, aquellos elementos para la construcción de los edificios de las Ciencias Naturales, hay predicciones sobre estructuras y comportamientos aún no observados en la Naturaleza. Estas predicciones tienen que ser cotejadas con la observación. Los astrónomos Le Verrier y Adams predijeron en el Siglo XIX que en tal punto del espacio y a tal hora se encontraría un nuevo planeta (al que después llamarían Neptuno) y los telescopios del mundo se enfocaron allí a la hora señalada y lo encontraron. La Astronomía es una Ciencia Natural, hermana de la Física y la Química.

Para esta predicción Adams y Le Verrier, ambos diestros en el manejo de las matemáticas, usaron entre otras cosas (principalmente la observación de las trayectorias de otros planetas), el Cálculo Infinitesimal inventado por Newton más de un siglo antes. De haber fallado la predicción, la Astronomía

hubiera recibido el golpe, no el Cálculo Infinitesimal. El Cálculo hacía tiempo que era parte sustancial del Acervo Matemático (y de la gloria de Newton). Las Ciencias Naturales son, en este sentido, esclavas de la Naturaleza. La tienen que racionalizar más y más exactamente partiendo del menor número de principios y reglas. Muchas teorías o partes de estas Ciencias son descartadas frecuentemente y reemplazadas por otras cuyas predicciones son más exactas o cuyos principios o reglas son más simples o menos numerosos. Los reemplazos más deseados son aquellos donde una nueva teoría, cubriendo una parte del Acervo reemplaza a dos o más teorías cubriendo otras partes del Acervo (unificación de teorías). La creencia popular sobre la solidez de la Ciencia, no es cierta para las Ciencias Naturales.

Hay una condición que todas las Ciencias deben cumplir y que, por parecer obvia, no se menciona. Es la necesidad de que no produzcan contradicción lógica. Por ejemplo, las Ciencias Naturales no pueden predecir hechos contradictorios, porque en la Naturaleza, bajo las mismas circunstancias, los hechos se dan (de una sola forma) o no se dan.

Los resultados de una teoría matemática tienen principalmente la forma de teoremas deducidos de los principios y las reglas inventados para la teoría. Los teoremas no pueden contradecirse entre sí ni contradecir los principios de los que derivan.

Resumiendo: la Ciencia, esto es todas las Ciencias (Naturales y Matemáticas) necesitan del consenso y no admiten la contradicción. Las Ciencias Naturales tienen, además, que predecir las estructuras y los comportamientos que se dan en la Naturaleza, porque para eso fueron inventadas.

Las Matemáticas tienen entonces más libertad, pues son independientes de la Naturaleza. Por otra parte, las Ciencias Naturales utilizan las Matemáticas como herramientas, principalmente de abreviación. Las teorías de la Física, por ejemplo, consisten de modelos, cada uno con sus correspondencias (entre objetos de la teoría y objetos de la realidad), principios o puntos de partida y reglas de operación. Entre correspondencias, principios y reglas, sólo las primeras están ligadas a la realidad. Los principios y reglas son inventos del Hombre: los inventos que más convengan para el caso. Las propiedades de los objetos de la teoría y los principios escogidos como puntos de partida se combinan (a veces muy trabajosamente) de acuerdo con las reglas inventadas para producir los resultados del modelo que, como llevamos dicho, son principalmente

predicciones. Si éstas se cumplen, el modelo funciona y la teoría es válida, tanto más cuanto más próxima esté la predicción de la realidad. Pues bien, el físico teórico conoce muchas teorías matemáticas y puede escoger aquella que en alguna forma se parezca al modelo; esto es, que tenga principios y reglas parecidos. Entonces el uso de esta teoría matemática (que produce resultados conocidos porque ya está hecha) puede ahorrar el trabajo que representa la combinación de propiedades de objetos, principios y reglas de la teoría. Ésta es la clase más simple de abreviación con que las Matemáticas sirven a la Ciencia Natural.

En todo lo que antecede, y sigue, empleamos el término "teoría" con la acepción que tiene en Ciencia y que es algo distinta de la que tiene en la vida corriente. En esta última, teoría es un ensayo de explicación, más bien ligero, de algo ocurrido. Si el ensayo es exitoso, deja de llamarse teoría. En Ciencia, teoría es igualmente un ensayo de explicación, pero mucho más formal y elaborado, que se sigue llamando teoría aún cuando el ensayo sea exitoso. El trabajo de Einstein, hace tiempo confirmado por los hechos, se sigue llamando Teoría de la Relatividad.

Otro aspecto que no hemos mencionado es la apreciación que el Hombre tiene de la Ciencia y que ahora origina una diferencia neta entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales. Para apreciar una cosa debemos entender por lo menos algunas otras cosas relativas al campo al que pertenece tal cosa.

Había un tiempo en el que los ciudadanos educados de Europa seguían la investigación matemática con mucho interés. Los matemáticos de entonces descubrían secretos de los números naturales (1, 2, 3, etc.), números con los que estaban familiarizados todos los que habían pasado por la escuela secundaria. Esos secretos se referían a cosas fáciles de entender como, por ejemplo, que no existen números naturales cuyos cubos sumados sea el cubo de otro número natural:  $a^3 + b^3 = c^3$  (en contraposición a lo que ocurre con los cuadrados:  $2^2 + 3^2 = 4^2$ ). Pero ahora la apreciación de las matemáticas ha cambiado. Por lo general sus objetos no son familiares como antes y sólo los matemáticos de la respectiva sub (o sub sub) especialidad los conocen bien como para interesarse en sus propiedades y vicisitudes. La matemática moderna es "abstracta" y el público está casi totalmente ignorante de lo que ocurre en ella.

Con las Ciencias Naturales, aún cuando no haya familiaridad con las teorías de ellas, los

resultados a menudo son apreciados por la población en general en el funcionamiento de artefactos de toda clase. Posiblemente la gente no sepa que la TV proviene de las observaciones de Faraday y las ecuaciones de Maxwell, pero entiende que la Física la hizo posible. En cambio sí cree que las computadoras son un prodigio de las matemáticas, cuando en realidad, aparte de las ideas básicas de un gran matemático como Von Neumann, que inventó las primeras reglas de la programación moderna, el desarrollo de las computadoras más ha tenido que ver con la miniaturización dependiente de los materiales y las técnicas para lograrla. Avances de la Biología posibilitando la curación de enfermedades o avances de la Física abriendo caminos en la exploración espacial o en el mundo del entretenimiento, no pasan desapercibidos. El papel de las Matemáticas como herramienta de abreviación de las teorías de las Ciencias Naturales no es muy conocido.

La apreciación de la belleza y la profundidad de los resultados de la Ciencia por parte de los propios científicos tiene que ver con la sencillez y simetría observadas y con la sorpresa con que se producen, respectivamente. Lo bello es siempre lo más sencillo, simple y simétrico. Lo profundo corresponde a lo que es sorpresivo por inesperado, no necesariamente a lo que es más difícil. En todo esto los científicos son más bien conservadores.

### Los primos de Julio Alcántara

No son parte de su familia real. Sin embargo le importan tanto como si lo fueran. Más precisamente, a Julio Alcántara le importa la Hipótesis de Riemann, el gran matemático alemán del Siglo XIX, quien trató de probar la existencia de una fórmula asintótica (un límite en el lenguaje matemático) para la distribución de los números primos. En el camino Riemann usó la función de Euler y formuló una hipótesis sobre el comportamiento de ésta que no pudo probar.

David Hilbert, un famoso matemático alemán hizo, a comienzos del Siglo XX, una lista de los problemas matemáticos más importantes aún sin solución ([en.wikipedia.org/wiki/Hilbert%27s\\_problems](http://en.wikipedia.org/wiki/Hilbert%27s_problems)) para instar a los matemáticos del nuevo siglo a resolverlos. El problema N°8 era la Hipótesis de Riemann. Pero ha pasado un siglo y el problema se resiste, a pesar de algunos avances. Ver [www.utm.edu/research/primes/notes/rh.html](http://www.utm.edu/research/primes/notes/rh.html).

Número primo es el que no tiene divisor, excepto 1 y sí mismo. 3 es primo, pero 4 no, porque tiene 2 como divisor. Los primeros primos no

muestran ninguna regularidad en su distribución:

```

.....
1 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37
.....
41 43 47 53 59 61 67 71 73

```

Lo único aparente son las parejas de primos separados por 2: 1-3, 3-5, 5-7, 11-13, 17-19, 29-31, etc., pero las distancias entre parejas parecen ser muy variables.

Sería muy interesante tener una función  $\pi(n)$  que, dado  $n = 60$ , por ejemplo, nos dé el número de primos inferiores a 60; esto es, nos dé  $\pi = 18$  (ver la distribución arriba). Si conociéramos tal función,  $\pi(m) - \pi(n)$  nos daría el número de primos entre  $m$  y  $n$  y nos permitiría así calcular la “densidad” de primos en cualquier zona de la sucesión de números naturales.

Gauss indicó que cuando  $n$  es muy grande,  $\pi(n)$  puede aproximarse por la fórmula asintótica  $n/\ln n$ , donde  $\ln n$  es el logaritmo natural de  $n$ , pero no lo probó. Riemann intentó probar la existencia de esta fórmula y para ello utilizó la función de Euler

$$\zeta(s) = 1 + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \frac{1}{4^s} + \frac{1}{5^s} + \dots = \prod_{p=1}^{\infty} \left( 1 + \frac{1}{p^s} \right)$$

para enteros  $s > 1$ .

Aquí las cosas se ponen complicadas porque  $s$  es un número complejo, con partes real e imaginaria. Riemann formuló su hipótesis en términos de una propiedad de esta función de Euler (más concretamente de los ceros de la continuación analítica de esta función).



Ver Julio Alcántara-Bode: *Génesis de la Hipótesis*



de Riemann, Pro Matemática XIII, 25-26: 5-9, 1999

(la revista de divulgación matemática de la PUCP) o su serie de artículos arbitrados en revistas internacionales (el último: Alcántara-Bode J: *An Integral Equation Formulation of the Riemann Hypothesis*, Integral Equations and Operator Theory, 17: 151-168, 1993).

Julio estudió Física en la UNI y la Universidad de Maryland pero, decidiéndose finalmente por las Matemáticas, se fue a estudiarlas en la Open University de Inglaterra y se doctoró trabajando en Análisis Funcional. Sucede que la hipótesis de Riemann se puede estudiar por cuatro lados diferentes: el Análisis Complejo, la Geometría Diferencial No Conmutativa, el Análisis Funcional y la Lógica Matemática. Conociendo bien el Análisis Funcional, Julio sintió el desafío de Riemann y lo sigue aún sintiendo en estos últimos 20 años. Reformuló la hipótesis en 1993 como una ecuación integral y encontró un método en 2001 para evaluar determinantes de Fredholm necesarios en el estudio de la hipótesis dentro del camino que sigue. Está ahora en IMCA, [www.imca.edu.pe](http://www.imca.edu.pe), el nuevo centro matemático peruano financiado por la UNI, la PUCP y varias instituciones extranjeras y funciona en un local construido con la plata del gran minero Benavides sobre un terreno del Ministerio de Educación en Monterrico. Los pares más activos de Julio (con su misma sub especialidad, ver 1.3) están en Bordeaux, Francia y los lidera Michel Balazard. La competencia con ellos es amigable. Estos resultados de Julio Alcántara simbolizan la matemática hecha en el Perú, pues desde 1982 Julio reside aquí. No cesa de ensayar demostraciones del teorema de Riemann. En las que ha propuesto ha encontrado fallas. Su último intento data del 2007. Si lo logra, será uno de los más famosos matemáticos del mundo, por lo menos algunos años.

Ahora casi cualquiera con una computadora puede ayudar en la verificación numérica de la hipótesis de Riemann, que es una tremenda tarea desde el lado numérico también. Ver [www.zeta-grid.net/](http://www.zeta-grid.net/). Zetagrid es una red de computadoras (más de 8 000 en este momento) que trabajan incesantemente en todo el mundo calculando los ceros de la función zeta de Riemann (continuación analítica de la función de Euler), ¡un juego donde todos ganan!. Se puede participar aún con la computadora dormida.

### **César Camacho en sus dos mundos**

Los mundos en los que vive César Camacho no son totalmente distintos: es ciudadano del Perú y

del Brasil. No pierde el tiempo respondiendo a cuál quiere más. Actúa en beneficio de los dos. Al comienzo de los años 60 su facilidad con las matemáticas lo llevó a la UNI, y la discusión pública sobre la explosión de la minería en los periódicos de la época, a la Facultad de Geología y Minas. Pero su interés por las matemáticas lo condujo inevitablemente al Instituto de Matemáticas Puras y Aplicadas (IMUNI). El IMUNI había sido la creación de José Tola, Gerardo Ramos y César Carranza, todos matemáticos, y de Mario Samamé y Francisco Miró Quesada, Rector de la UNI y Ministro de Educación, respectivamente. (Samamé creó la Facultad de Ciencias y dio cátedras en ella a los matemáticos del IMUNI. Miró Quesada donó fondos especiales del Ministerio para el local)

La cofradía matemática internacional es muy unida. Cuando el IMUNI decidió educar en serio a sus mejores muchachos, escogió enviarlos a los dos centros que en ese momento lideraban la investigación matemática en el mundo: París y Berkeley y los colegas ayudaron a colocarlos allí. Camacho fue a Berkeley, a manos de Smale, un matemático que hizo época, quien lo formó y pulió rigurosamente.

Mientras Camacho estaba en Berkeley, estalló el Gobierno en el Perú. La entrada militar al poder tuvo muchas repercusiones. Una de ellas fue la huelga de la UNI y, como secuela, la desaparición del IMUNI. Camacho en vez de regresar al Perú, se fue al Brasil (Instituto Nacional de Matemáticas Puras y Aplicadas, Rio de Janeiro, IMPA, [www.impa.br/](http://www.impa.br/)) por otro motivo más. Smale fue el líder de la Dinámica de Sistemas, una rama de las matemáticas que nació de las ecuaciones diferenciales de la Física. Brasil había empezado a formar un grupo en ese campo, el mismo que devendría en uno de los más poderosos del mundo en la especialidad. En el Brasil Camacho desarrolló su talento matemático y su personalidad. Sus artículos matemáticos le ganaron prestigio científico con el que recorrió todos los escenarios matemáticos de Europa y América. Sus libros fueron traducidos y pronto sus discípulos añadieron más lustre a su nombre. Sus colegas brasileños lo eligieron presidente de la Sociedad Brasileira de Matemáticas y miembro de las más importantes comisiones científicas. Recibió el *Premio Almirante Alvaro Alberto para Ciência e Tecnologia de 1996*, la máxima distinción del Gobierno Brasileiro en el área de la Ciencia. Ahora es el Director del instituto que lo acogió: el IMPA.

Pero nunca dejó de sentirse también peruano porque siempre vino a Lima trayendo apoyo para los jóvenes matemáticos. Se alió en 1990 con Abdus Salam, el Premio Nobel de Física de 1979, Director del Centro de Física de Trieste (ICTP), Italia, para establecer un programa de entrenamiento formal aquí y en el extranjero, que también pudiera sostener a los matemáticos peruanos ya productivos en el propio Perú. Su meta fue resucitar el IMUNI como centro no sólo de los matemáticos de la UNI, sino del Perú entero, bajo estándares internacionales de calidad. Empezó la materialización de todo ello en 1998. El nuevo centro matemático se llama IMCA, el Instituto de Matemáticas y Ciencias Afines ([imca.uni.edu.pe/](http://imca.uni.edu.pe/)) (afines como la Física Teórica, la Astronomía, etc) y es un programa conjunto de la UNI y la PUCP. Ver la sección anterior dedicada a Julio Alcántara.

El premio máximo que obtuvo en el Brasil le fue conferido por su trabajo de más de 20 años y, en particular, por probar (junto con su alumno de tesis Paulo Sad) un famoso teorema del Siglo XIX que dos matemáticos franceses (Charles Briot y Jean Claude Bouquet) intuyeron sin lograr demostrarlo. Francia ha sido por siglos un líder de las matemáticas y la dupla Briot-Bouquet fue en parte responsable del inicio del estudio de las Ecuaciones Diferenciales y Foliaciones Complejas (que es una sub-sub-especialidad de Camacho dentro de Sistemas Lineales Holomorfos que es su sub-especialidad). Briot (amigo y paisano de Louis Pasteur) fue también un físico matemático de primer orden.

La figura reproduce la primera página del artículo Camacho-Sad conteniendo dicha prueba. Puede servirnos para ilustrar lo que es un artículo arbitrado. La página proviene de la revista *Annals of Mathematics* (<http://annals.math.princeton.edu>) publicada por el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Princeton y el Instituto de Estudios Avanzados (ambos de los más fuertes del mundo) que cuenta con árbitros para muchas subespecialidades y está en Inglés, el idioma actual de la Ciencia. Este artículo vino en las páginas 579-595 del volumen 115 de la revista (hay dos volúmenes al año) en 1982. Antes de todo artículo hay un resumen de él, pero el de éste está en otra página. El artículo mismo está disponible para los suscriptores de la revista, ya sea en papel o en línea. El IMCA tiene una suscripción. Las matemáticas de este artículo de Camacho son clásicas (esto es, antiguas pero vigentes). Se refieren a las propiedades de ciertas familias de funciones

definidas por las ecuaciones diferenciales de las cuales son solución. Pero están planteadas en el plano complejo (donde se admiten números imaginarios).

El problema, para ponerlo en términos familiares, podría considerarse como uno de sobre vivencia de dos familias o especies que no se devoran



entre sí, sino que compiten por el mismo alimento. Falta, no más, encontrar entre ellas una línea de separación, la separatriz, en posición bien elegida, que asegure esa sobre vivencia. El teorema define tal separatriz, encontrada después de 100 años.



Dos pares franceses de Camacho en esta sub especialidad están en la Universidad de Bourgogne. Son los profesores J. F. Mattei y Robert Moussu (ellos le propusieron el problema). R. Moussu formó parte del Comité Científico de la Conferencia Internacional en Río (25-29 Agosto 2003) sobre Métodos Analíticos Complejos en Sistemas Dinámicos en honor de César Camacho con ocasión de su sexagésimo cumpleaños (la costumbre científica para celebrar a los más notables y más queridos).

Aquí también es bien querido. Es Doctor Honoris Causa de la UNI y de la PUCP y Profesor Honorario de la UNMSM. Ver su CV científico en <http://www.concytec.gob.pe/investigadores/> y su CV completo en [http://www.impa.br/opencms/en/pesquisa/pesquisa\\_pesquisadores/pesquisadores\\_cesar\\_camacho/](http://www.impa.br/opencms/en/pesquisa/pesquisa_pesquisadores/pesquisadores_cesar_camacho/)

### **Átomos a la vista**

Los físicos de fines del Siglo XIX crearon la teoría cinética de los gases usando la vieja idea atómica de los griegos sobre la materia, pero algunos lo hicieron sin sospechar que los átomos existían en realidad. Su dimensión era tan pequeña que los microscopios de la época no los podían mostrar, ni aún formando sólidos o líquidos, estados en que los átomos son normalmente muchísimo más numerosos para el mismo volumen. Los químicos desde Lavoisier sabían que la unión de átomos formaba moléculas, pero tampoco habían visto átomos o moléculas. Pero a pesar de que nadie hubiera visto átomos o moléculas, varias de esas teorías predecían cosas que realmente ocurrían.

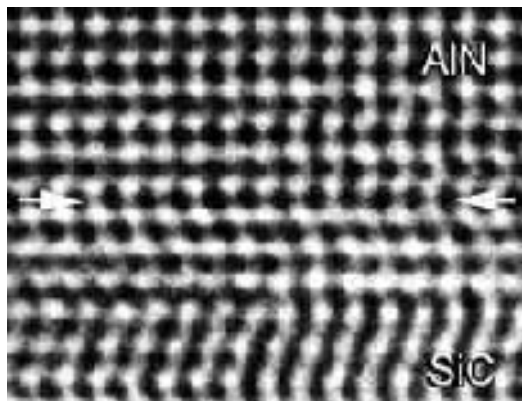
A comienzos del siglo XX la vibración constante de partículas suspendidas en líquidos observada por el botánico Brown el siglo anterior (movimiento browniano), condujo a una intervención de Einstein, quien supuso (correctamente, como se supo después) que esas partículas estaban siendo chocadas por moléculas que por su pequeñez no se veían. Los choques eran en una u otra dirección, produciendo desplazamientos visibles en las partículas. Einstein formuló una teoría y predijo cuál sería el desplazamiento total (después de un cierto tiempo) de una partícula chocada por todos los lados (la aparente simetría de la situación llevaría a sospechar un desplazamiento nulo, pero Einstein tenía razón).

El microscopio electrónico finalmente permitió ver átomos y moléculas en la segunda mitad del siglo pasado. Para ese tiempo se sabía que los átomos en los sólidos se encontraban formando redes (alineados como soldados de un batallón), cada átomo ocupando un sitio y vibrando alrededor de él ; que en los líquidos los átomos no tenían sitio sino se desplazaban chocando continuamente con otros átomos y, finalmente, que en los gases estaban muchísimo más libres: sus choques eran mucho menos frecuentes. El microscopio electrónico permitió verlos en los sólidos, en sus sitios, como unas manchas muy difusas, pero formando inequívocas redes.

Fernando Ponce, un peruano estudiando Física en la UNI a comienzos de los años 70 (y hoy uno de los científicos peruanos más productivos; ver [www.concytec.gob.pe/investigadores/](http://www.concytec.gob.pe/investigadores/)), se preguntaba lo que todo estudiante de Mecánica Cuántica se pregunta: este microcosmos invisible donde aparentemente se conocen todas las reglas de comportamiento, ¿existe realmente?. ¿Existen los actores principales, los átomos y moléculas que deben comportarse según las reglas? ¿O se trata de pura fantasía? Los estudios de Ponce en la Universidad de Maryland y luego en Stanford lo llevaron a ver átomos y moléculas en el microscopio electrónico de transmisión. Preparando muestras apropiadas para su tesis observó átomos individuales en movimiento. Es cierto que cada átomo tiene su sitio y que su movimiento es de vibración alrededor de su sitio. La vibración no puede observarse, pero la mancha difusa que se ve marca el sitio sobre la superficie del sólido (o cristal, como se llama un sólido formado por una red). Además pudo ver que algunas manchas difusas aparecían y se colocaban en fila para completar la red (el sólido, conteniendo átomos de una o varias clases, está rodeado por un gas difuso que contiene átomos de la mismas clases que se



evaporaron del sólido, pero que pueden volver a él, según los cambios de temperatura). Éste es el movimiento que Fernando y sus colegas filmaron en Stanford, por primera vez en la historia. Realizaron vídeos de la escena



**Átomos de SiC y AlN en la región donde se unen los dos materiales.**

para mostrar la novedad a toda la comunidad física (ver R. Sinclair, T. Yamashita, and F. A. Ponce: *Atomic motion on the surface of a cadmium telluride single crystal*. Nature, Vol. 290 (5805), 386-388 (1981).

1

El trabajo de Fernando Ponce con el microscopio electrónico lo llevó lejos, tanto por la caracterización de nuevos materiales cuanto por el refinamiento de sus técnicas de observación. Xerox, en cuyo centro de investigación de Palo Alto hizo carrera, lo dotó de un microscopio japonés construido bajo sus especificaciones (es posiblemente el científico peruano que más veces ha cruzado el Pacífico). Por otra parte, reconociendo la importancia de la comunicación en un campo de renovación constante (y medios económicos disponibles, por sus aplicaciones industriales) como es la Ciencia de Materiales, Ponce lideró y organizó sistemáticamente reuniones nacionales, regionales y mundiales.

Su trabajo de caracterización y búsqueda de nuevos materiales lo llevó al estudio sistemático de compuestos generadores de luz bajo la excitación de la corriente eléctrica. En un tubo fluorescente atravesado por la corriente, los átomos del gas en el tubo son bombardeados por los electrones que forman la corriente. Los átomos tienen electrones dentro de su propia estructura, algunos de los cuales son removidos de su sitio por el bombardeo. Los sitios vacíos son casi inmediatamente llenados por electrones más exteriores. Este movimiento electrónico de un sitio a otro más interior, origina la emisión de luz que da brillantez al tubo. El color de la luz depende de los sitios de llegada y de partida.

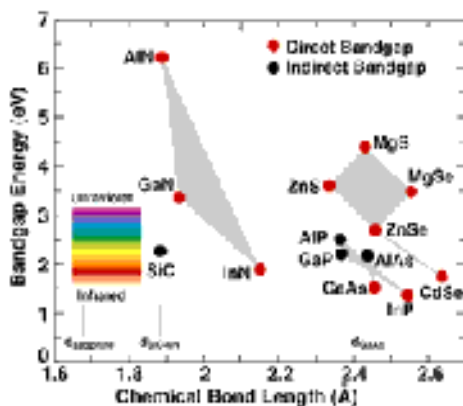


El tubo fluorescente es mucho más eficiente que el foco ordinario: con la misma energía eléctrica, el tubo produce mucha más luz que el foco.

Por la necesidad de producir indicadores luminosos para multitud de pequeños y grandes artefactos y dispositivos (por ejemplo para las calculadoras y las TV a colores), se buscó materiales (semiconductores principalmente, porque en ellos es posible controlar con facilidad el flujo de la corriente eléctrica) que produjeran luz de diversos colores con eficiencia razonable (el papel celofán de color envolviendo un foco de luz blanca es el peor ejemplo, pues aunque trasmite solamente luz de su color, tiene una eficiencia bajísima porque absorbe la luz de otros colores y también la propia y porque, además, parte de una luz ineficientemente producida: la del foco). Sucedió que algunos colores, como el rojo, podían ser eficientemente producidos por ciertos semiconductores conocidos que fueran atravesados por la corriente, mientras que para el azul, no había forma de obtenerlo. Hasta que a mediados de los años 90, se fabricaron semiconductores (nitruros principalmente) que generan luz con una eficiencia nunca antes vista. Esto ha alimentado una revolución en técnicas de iluminación que en pocos años se extenderá por todo el planeta (los semáforos actuales son en su gran mayoría, una combinación vidrio coloreado-foco con ineficiencia parecida a la de la combinación celofán-foco que debe cambiar).

Por los avances que Ponce realizó entre 1994 y 1996, y su liderazgo mundial en la especialidad, la revista inglesa Nature (reputadamente la mayor de las revistas científicas del mundo en circulación por su calidad y seriedad) le pidió que escribiera la historia de cómo se descubrieron los materiales

que finalmente generaron luz azul (ver F. A. Ponce and D. P. Bour: *Nitride-based semiconductors for blue and green light emitting devices*, Nature, 386, 1997: 351-359).



*Semiconductores emisores de luz*

## INTEGRACIÓN ENERGÉTICA PERÚ-BRASIL

Renzo Bustamante<sup>1</sup>

[rbustamante@urp.edu.pe](mailto:rbustamante@urp.edu.pe)



### Resumen

*El presente trabajo muestra el panorama actual del sector eléctrico peruano, con sus perspectivas a futuro, teniendo en cuenta una posible interconexión con el sistema eléctrico brasileiro. Hace un recuento de la matriz energética peruana, sus futuras complicaciones, los futuros emprendimientos hidroeléctricos a realizar en la Amazonía Peruana con miras a la exportación de energía a Brasil, y también nos muestra los principales obstáculos inherentes a estos proyectos, para finalmente darnos un punto de vista sobre cómo solucionar algunos problemas de*

*comunicación social desde la perspectiva de la academia.*

### Siglas

CCEE Cámara de Comercialización de Energía Eléctrica, Brasil

MINAM Ministerio del Medio Ambiente, Perú

OSINERGMIN Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, Perú

CNPE Consejo Nacional de Política Energética, Brasil

CMSE Comité de Monitoreo del Sector Eléctrico, Brasil

EPE Empresa de Pesquisas Energéticas, Brasil

MEM Ministerio de Energía y Minas, Perú

SEIN Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, Perú

CEER Consejo Europeo de Reguladores de Energía, UE

ERGEG Grupo de Reguladores Europeos para Electricidad y Gas, UE

ENRE Ente Nacional Regulador de la Electricidad, Argentina

COES Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, Perú

ONS Operador Nacional do Sistema Eléctrico, Brasil

ANEEL Agencia Nacional de Energía Eléctrica, Brasil

### I INTRODUCCIÓN

Es conocido desde hace décadas, el interés del Estado Peruano por desarrollar centrales hidroeléctricas que aprovechen el gran potencial hidroeléctrico con el cual el Perú cuenta. Sin embargo, al ser emprendimientos intensivos en capital y de gran impacto focalizado, a lo que sumó al hecho de una baja demanda de energía durante las décadas de los 80's y 90's, la construcción de grandes centrales hidroeléctricas quedó postergada hasta el presente. No es hasta 2008 que el Perú entra en negociaciones con el Brasil para la construcción de centrales hidroeléctricas en la amazonia peruana, las cuales en un principio atenderían las demandas eléctricas brasileira y peruana, para luego, después de cierto período, revertir al Estado Peruano. La población que sería afectada por estas hidroeléctricas alzó su voz de protesta al no tener mayores datos e informaciones y de escuchar varias tergiversaciones sobre este acuerdo energético y todos sus efectos. El objetivo de este artículo es ayudar a difundir cómo sería esta integración energética, sus beneficios, impactos y perspectivas a futuro, con el

fin de aclarar el panorama de este tema ante la población peruana en general.

## II MERCADO ELÉCTRICO PERUANO Y MUNDIAL

### A Situación Actual del Mercado Eléctrico Peruano

Actualmente la potencia instalada de generación eléctrica en el Perú es de 7,158 MW: 55% térmico y 45% hidráulico.

La máxima demanda del Sistema Eléctrico Peruano en 2009 fue 4,322 MW. La producción anual de energía: 62.91%, hidráulica y 37.09%, térmica.

En cuanto a infraestructura, la mayoría del sector eléctrico está conectada a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El resto sobre todo en las zonas rurales, está conectado a través de pequeños sistemas aislados (SSAA).

Generación Eléctrica 2009, Perú

TIPO	(GWh)	(%)
Térmica	11,065.58	37.09
Hidráulica	18,731.67	62.91
TOTAL	29,807.25	100.00

TABLA 1

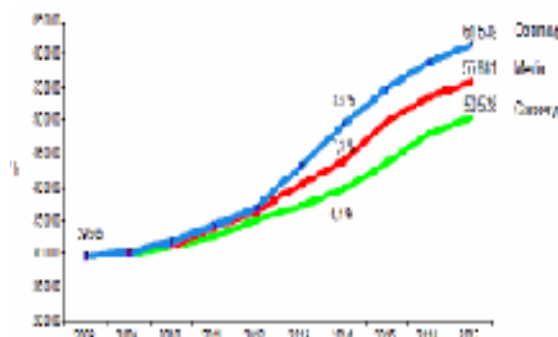
Fuente: MEM, Sector Eléctrico

El Sector, de acuerdo a la Ley de Concesiones Eléctricas del año 1993, está separado en actividades de generación, transmisión y distribución.

### B Demanda de Energía Eléctrica a Futuro de Mercado Eléctrico Peruano.

La economía peruana desde los últimos seis años viene experimentando un fuerte crecimiento, llegando a tener tasas de crecimiento de PBI de hasta 9.8% en el año 2008. Fue uno de los pocos

Fig1 Proyección del Consumo de Energía para 2017



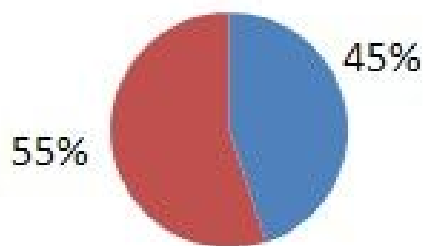
Fuente: MEM Perú Sector Eléctrico 2009

países a nivel mundial que logró crecer durante la crisis monetaria internacional del año 2009 y las proyecciones de crecimiento económico de este año llegaron al 5.5% del PBI. Todo eso sumado a una baja inflación, estabilidad de precios y prudencia fiscal, hace que las proyecciones de crecimiento del Perú a corto y mediano plazo sean muy favorables. Para el sector eléctrico en el futuro se proyecta una demanda de crecimiento de hasta 8,5% anual para el escenario optimista, 7,3% para un escenario medio, y un 6,1% para un escenario conservador.

### C Matriz de Generación Eléctrica Peruana.

Con la introducción del gas de Camisea a partir del año 2004 en generación eléctrica, la matriz energética de generación eléctrica peruana pasó de ser mayoritariamente hidráulica a térmica.

Fig 2 Tipos de Energía instalados en Perú, 2009



Térmica, Hidráulica

Fuente: MEM Perú, Sector Eléctrico

### D Diversos tipos de matrices de generación eléctrica en otros países

En Chile:

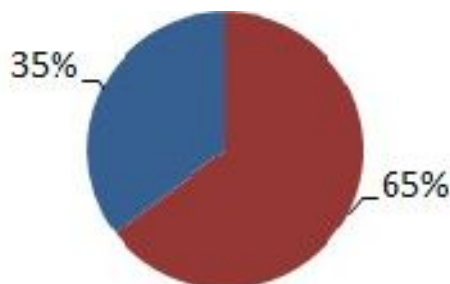
Generación Eléctrica 2008, Chile

TIPO:	CANTIDAD (MW)
Termoeléctrica	9,251
Hidráulica	5,046
Total	14,297

TABLA 2

Fuente: Balance Nac de Energía (Com Nac de Energía)

Fig 3 Tipos de Energía instalados en Chile, 2008





### **Térmica, Hidráulica**

Fuente: Balance Nac de Energía (Com Nac de Energía)

En Brasil:

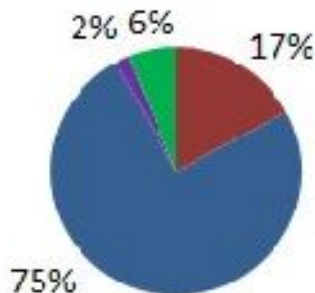
#### **Generación Eléctrica 2008, Brasil**

TIPO:	CANTIDAD (MW)
Termoeléctrica	19,320
Hidráulica	84,643
Nuclear	2,007
Renovables	6,906
Total:	112,876

**TABLA 3**

Fuente: Monitoreamiento del Sistema Eléctrico Brasileiro  
Boletín de Enero 2010, Min de Energía y Minas

**Fig 4 Tipos de Energía instalados en Brasil, 2010**



**Hidráulica, Nuclear, Renovables, Térmica**

Fuente: Monitoreamiento de Sector Eléctrico

En Estados Unidos:

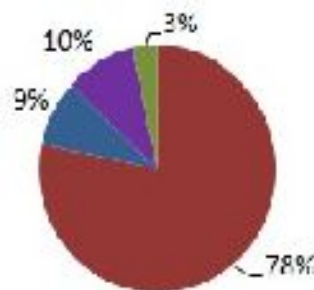
#### **Generación Eléctrica 2008, EU**

TIPO:	CANTIDAD (MW)
Térmica	865,558
Hidráulica	98,086
Nuclear	106,147
Renovables	34,696
Total	1,104,487

**TABLA 4**

Fuente: Reporte Anual de Generación Eléctrica, US Energy Administration

**Fig 5 Tipos de Energía instalados en EU, 2010**



**Hidráulica, Térmica, Nuclear, Renovables**

Fuente: US Energy Information Administration

Y actualmente cuenta con 29 miembros, 27 de los países de la Unión Europea mas Islandia y Noruega.

La principal meta del CEER es facilitar la creación de un único mercado interno de gas y electricidad en Europa, que sea competitivo, eficiente y sostenible.

En el 2003 también se creó el “Grupo de Reguladores Europeos para Electricidad y Gas” (ERGEG), el cual tiene como cargo asegurar la creación y el funcionamiento adecuado del mercado interno de energía.

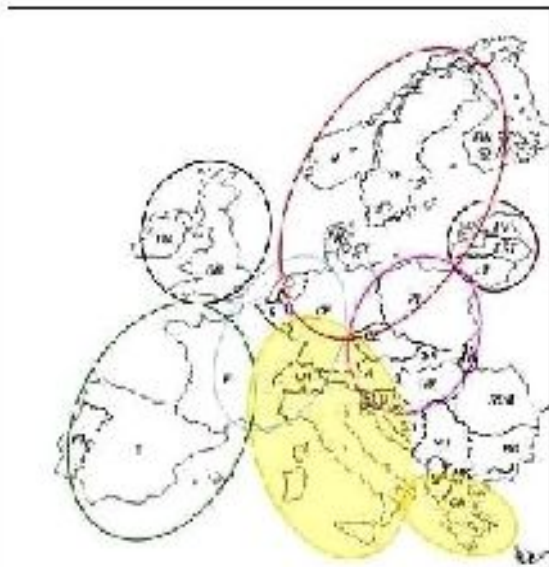
El ERGEG es el medio formal a través del cual los reguladores de energía de Europa asesoran a la Comisión Europea, mientras que el CEER actúa como el generador del marco para él

#### **E Integración energética en la Unión Europea**

En el año 2000 varios entes reguladores de países de la Unión Europea firmaron un memorándum de entendimiento para la creación de un “Consejo Europeo de Reguladores de Energía” (CEER). En el 2003 se estableció el estatuto trabajo de la ERGEG.

En el 2006 la ERGEG lanzó la iniciativa de creación de “Mercados Eléctricos Regionales”, siendo este el primer paso a una integración energética total Europea. Se crearon 7 mercados eléctricos, cada mercado identifica e implementa soluciones para superar barreras a la competencia

**Fig 6 Mercados Eléctricos Regionales en la UE**



y transacciones en la región. Los mercados regionales son: **Báltico:** (Estonia, Latvia Lituania) *PUC Latvia*; **Central Este:** (Austria, República Checa, Alemania, Hungría, Polonia, Eslovaquia, Eslovenia) *E-Control Austria*, **Central Sur:** (Austria, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Eslovenia) *AEEG -Italia*, **Central Oeste:** (Bélgica, Francia, Alemania, Luxemburgo, Holanda): *CREG Bélgica*, **Norte:** (Dinamarca, Finlandia, Alemania, Noruega, Polonia, Suecia), **Sur Oeste:** (Francia, Portugal, España), *CNE España*, **RU e Irlanda:** (Reino Unido e Irlanda) *OFGEM RU*, donde los entes reguladores están en cursiva.

## F Mercado Eléctrico e Integración Energética Brasileira

El Sector Eléctrico Brasileño, al igual que la mayoría de la región, sufrió cambios durante la década del 90. El principal cambio que se dio en Brasil fue mediante la Ley N° 9327, que privatizó gran parte de las empresas operadoras y creó un ente regulador del sistema eléctrico (ANEEL), así como el Operador Nacional del Sistema Eléctrico (ONS) y el Mercado Atacadista de Energía (MAE). Se creó el sistema de subastas mediante el cual las empresas privadas podrían participar en exploración de potenciales hidroeléctricos, ganando así la concesión aquella que ofreciera más dinero por la explotación del bien público, y se desverticalizó el sector en transmisión, generación y distribución. Se esperaba que el mercado resolviera los problemas y ampliara la oferta de energía eléctrica, procurando mantener la inversión del estado al mínimo.

Entre los principales objetivos del Modelo

tenemos:

- 1) Se creó la libre negociación en la compra y venta de energía
- 2) La tarifa dejó de depender del costo del servicio, sino resultado de una licitación.
- 3) Los contratos de concesiones se sujetaron a revisiones tarifarias.

Sin embargo ocurrió el racionamiento del año 2001, que evidenció las fallas del Modelo Eléctrico Brasileiro. Así, en el año 2004 se creó un Nuevo Modelo del Sector Eléctrico cuyos principales objetivos son:

- 1) Garantizar la seguridad y el abastecimiento
- 2) Promover el costo tarifario competitivo
- 3) Promover la inserción social

El planeamiento del Sector Eléctrico volvió a recaer en manos del estado, la MAE se convirtió en la Cámara de Comercialización de Energía Eléctrica (CCEE), se constituyó la Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) encargada del planeamiento del Sector Eléctrico.

El esquema actual del Nuevo Modelo del Sector Eléctrico tiene como principales componentes:

**CNPE** Consejo Nacional de Política Energética. Es un Órgano perteneciente al Ministerio de Minas y Energía cuya función es asesorar al Presidente de la Republica. Sus funciones son dar políticas orientadas a la promoción del aprovechamiento racional de los recursos energéticos del país, asegurar el abastecimiento de energía en las regiones más alejadas del país, revisar periódicamente las matrices energéticas de las diferentes regiones del país, emitir directrices con respecto al uso de energía nuclear, gas natural, biomasa, alcohol, y necesidades de importación o exportaciones de los recursos energéticos

Fig 7 Agentes del Sector Eléctrico Brasileiro



Fuente: ANEEL 2009

**CMSE** Comité de Monitoreamiento del Sector Eléctrico. Es un órgano perteneciente al Ministerio de Minas y Energía, cuya función es acompañar y evaluar permanentemente la continuidad y seguridad del abastecimiento de energía eléctrica en todo el país.

**EPE** Empresa de Investigación Energética. Tiene como finalidad prestar servicios en el área de estudios e investigación destinada a subsidiar el planeamiento del sector eléctrico en energía eléctrica, petróleo, gas natural, carbón y energías renovables buscando la eficiencia energética. EPE realiza también estudios de proyección de la Matriz Energética Brasileira, también en el área de generación y transmisión de energía a corto, mediano y largo plazo.

**ANEEL** Agencia Nacional de Energía Eléctrica. Es el ente regulador y fiscalizador del sector eléctrico brasileño en generación, transmisión, distribución y comercialización. Su misión es proporcionar condiciones favorables para que el mercado eléctrico se desarrolle en equilibrio entre los agentes y en beneficio para la sociedad. Con el nuevo marco regulatorio del 2004, ANEEL se encarga de las subastas de energía para la contratación de energía eléctrica por parte de los agentes del Sistema Interconectado Nacional.

**ONS** Operador Nacional del Sistema. Es un ente privado sin fines de lucro, creado en 1998, responsable de la coordinación y control de las operaciones de las instalaciones de generación y transmisión de energía eléctrica del Sistema Interligado Nacional, bajo fiscalización ANEEL.

**CCEE** La Cámara de Comercialización de Energía Eléctrica es una asociación civil integrada por los agentes de generación, distribución y comercialización, desempeñando el papel de viabilizar las operaciones de compra, venta de energía eléctrica, registrando y administrando contratos firmados entre generadores, comercializadores, distribuidores y clientes libres. Además efectúa la contabilidad y la liquidación financiera de operaciones realizadas en el mercado de corto plazo.

### III EL SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL BRASILEIRO

El Sistema Interligado Nacional Brasileiro comprende las regiones Sur, Sur-Este, Centro-Oeste, Nord-Este y parte del Norte. Cuenta con aproximadamente 900 líneas de transmisión y suma alrededor de 89,200 kilómetros de extensión en líneas de 230, 345, 440, 500 y 750 kV. Alberga casi

al 96% de la producción de energía eléctrica del país y también las exportaciones y/o importaciones de energía a, y de, los países vecinos: Argentina, Paraguay y Uruguay.

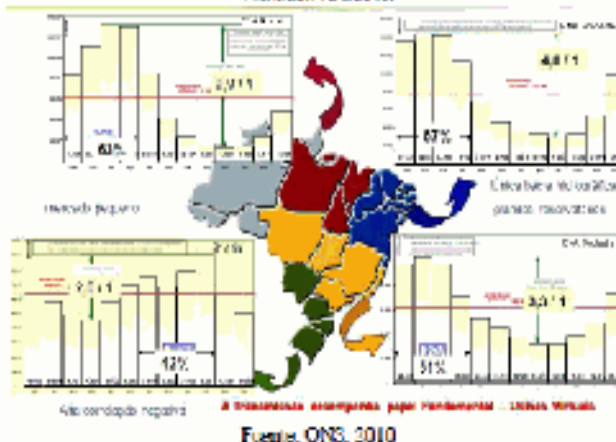
**Fig 8 Sistema Interconectado Brasileiro**



Fuente: ONS, 2010

Esta gran interconexión permite al sistema eléctrico brasileiro tener complementariedad estacional, es decir que mientras puede estar lloviendo en una región y los reservorios estén con un nivel óptimo, produciendo grandes cantidades de energía, otra región puede estar en estiaje, teniendo problemas para producir la cuota contratada de energía. Entonces el sistema permite transmitir energía de esa región a la otra, haciendo un uso eficiente de la capacidad instalada a nivel nacional. Esto es de suma importancia en un país donde predomina la hidroelectricidad.

**Fig 9 Complementariedad Hídrica entre las Regiones del Sistema Interligado Nacional Brasileiro**



Fuente: ONS, 2010

Así podemos apreciar que mientras en la región Sur la temporada de lluvias empieza en los meses de Septiembre a Octubre, la región Norte tiene estiaje durante esos meses del año. Al tener la



interconexión de ambos sistemas a través del Sistema Interconectado Nacional se tiene Centrales Virtuales.

#### IV LOS SISTEMAS AISLADOS DE ENERGIA

Están ubicados en la parte norte del país en los estados de Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, y Amapá donde hay predominio de centrales térmicas a gas o petróleo. Atienden a un 45% del territorio nacional y aproximadamente al 3% de la población nacional. Al contar con una matriz predominantemente térmica, el costo de la energía es más caro, además de las dificultades para abastecer de combustible a estas centrales. Por eso el gobierno brasileiro creó la Cuenta de Consumo de Combustibles Fósiles, encargada de subsidiar a las plantas térmicas ubicadas en los sistemas aislados. En el año 2008 el costo del subsidio fue de R\$ 3 billones.

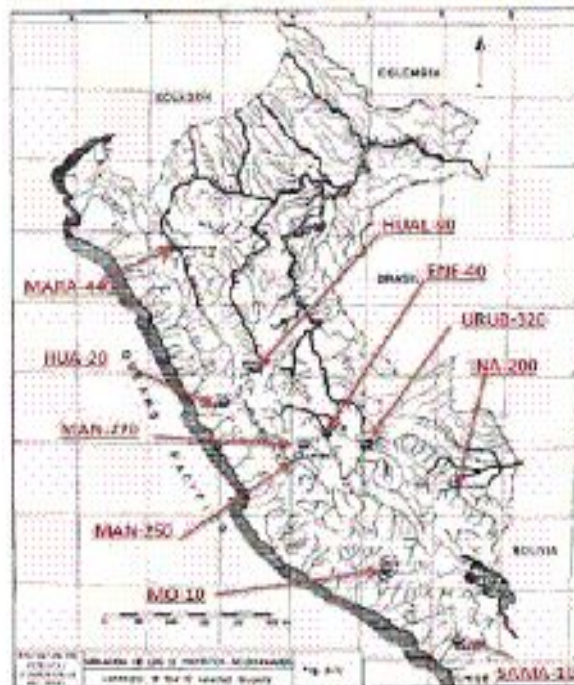
#### V LAS CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

##### A El Estudio Alemán del Potencial Hidroeléctrico Peruano

En 1968 el Estado Peruano y la Republica Federal Alemana acordaron la elaboración de un *Plan de Energía Nacional* para el Perú, bajo un Convenio de Cooperación Técnica. El gobierno alemán encargó al consorcio Lahmeyer-Salzgitter prestar asesoramiento técnico al Ministerio de Energía y Minas Peruano para la elaboración de un inventario hidroeléctrico nacional. El estudio tenía como principales objetivos:

- 1) Determinar el Potencial Energético del Perú
- 2) Evaluar la demanda nacional de energía eléctrica correspondiente al período 1973-1982
- 3) Analizar los aspectos técnicos y económicos de los estudios y proyectos existentes sobre el aprovechamiento de fuentes primarias de energía para la generación de electricidad.
- 4) Formular un programa de Equipamiento Eléctrico que permita satisfacer la demanda prevista hasta 1982, incluyendo la estimación de inversiones necesarias para su implementación.
- 5) Analizando la mayoría de ríos del Perú, se determinó que el Potencial Hidroeléctrico Teórico Peruano era de 200,000 MW. Claro que esto es sólo ideal, con una eficiencia del 100%, algo que no es factible. En países en vías de desarrollo, de todo ese potencial teórico, solo un 30% es utilizable: el Potencial Hidroeléctrico Peruano es de 60,000 MW.

**Fig10 Localización de 10 principales proyectos**



Fuente: MEM PERÚ

En total se analizaron 548 proyectos de 2,192 alternativas, teniendo en cuenta los estudios técnicos y económicos. De estos 548 proyectos, se consideraron de suma importancia y de mayor relevancia 10 de éstos:

- 1) ENE-40. Localizado en el Río ENE, Pongo de Paquitzapango, con una potencia promedio de 2,331 MW con posibilidad a trasvase del Río.
- 2) INA-200. Localizado en el Río INAMBARI, con una potencia promedio de 1,335 MW.
- 3) MAN-250. Localizado en el Río MANTARO, con una potencia promedio de 482.3 MW.
- 4) MAN-270. Localizado en el Río MANTARO, con una potencia promedio de 315 MW.
- 5) MARA-440. Localizado en el Río MARAÑÓN, con una potencia promedio de 678.3 MW.
- 6) URUB-320. Localizado en el Río URUBAMBA, Pongo de Mainique, con una potencia promedio de 941.6 MW.
- 7) HUAL-90. Localizado en el Río HUALLAGA, con una potencia promedio de 803.7 MW.
- 8) MO-10. Localizado en el Río MOLLOCO, con una potencia promedio de 296.3 MW.
- 9) HUA-20. Localizado en el Río Huara, con una potencia promedio de 185.3 MW.

10) SAMA-10. Localizado en el Río Sama, con una potencial promedio de 348.3 MW.

### ***B Principales Centrales Hidroeléctricas del Perú***

Entre las principales Centrales hidroeléctricas del Perú en la actualidad tenemos:

**Complejo Hidroeléctrico del Mantaro (1,008 MW).** Ubicado en la Región de Huancavelica, utiliza las aguas del río Mantaro. Cuenta con la represa de Tablachaca y dos centrales Hidroeléctricas: Santiago Antúnez de Mayolo (798 MW) y Restitución (210 MW). Este complejo es el responsables del 25% de la generación eléctrica anual en el Perú. El propietario es la empresa estatal ELECTROPERÚ.

**Central Hidroeléctrica Cañón del Pato. (263MW).** Ubicado en la Región Ancash, aprovecha las aguas del Río Santa. El propietario es la empresa privada DUKE ENERGY EGENOR.

**Central Hidroeléctrica Huinco (247 MW).** Ubicado en la Región Lima, a 65 Km de la Ciudad de Lima. Utiliza las Aguas del Río Santa Eulalia. El propietario es la empresa privada EDEGEL.

**Central Hidroeléctrica Platanal (220 MW).** Ubicado en la Región Lima, utiliza las Aguas del Río Cañete. El propietario es la empresa privada CELEPSA.

## C Principales Centrales Hidroeléctricas de Sud

### América

#### Central Hidroeléctrica de Itaipú. (14,000 MW)

La 2da central hidroeléctrica más grande del Mundo, es un emprendimiento Bi-Nacional entre los países de Brasil y Paraguay utilizando el río Paraná que marca la frontera entre ambos países.

**Central Hidroeléctrica de Gurí. (10,000 MW)** La 3ra central hidroeléctrica más grande del Mundo, localizada en Venezuela, utiliza las aguas del río Caroní.

**Central Hidroeléctrica de Tucuruí (8,730MW).** Localizada en Brasil, utiliza el río Tocantins para la generación de electricidad.

**Central Hidroeléctrica de Yaciretá (3,200 MW).** Central Hidroeléctrica Bi-nacional de Paraguay y Argentina. Utiliza las aguas del río Paraná.

**Central Hidroeléctrica de Isla Soltera (3,400 MW).** Central Hidroeléctrica ubicada en Brasil, utiliza las aguas del río Paraná.

## D El Gas de Camisea

### Antecedentes

A mediados de los años 80, la compañía petrolera SHELL, descubrió en Camisea, Cuzco (Amazonía Peruana), grandes reservas de gas natural en el lote 88 (8.35 TCF). Luego en el año 2001 encuentra en el lote 56 más reservas de gas (2.6 TCF). Todos estos hallazgos le significaron a SHELL una inversión de \$ 500 millones. Sin embargo el estado peruano ni SHELL llegaron a ningún acuerdo con respecto a la explotación de este recurso, así la SHELL abandona el Perú y le revierte al estado peruano el proyecto sin demandar alguna compensación económica.

En el año 2000, el nuevo consorcio "CAMISEA" formado por Pluspetrol, Hunt Oil, SK y otros ganaron la licitación para explotar el lote 88 y posteriormente el lote 56. También se formó un consorcio para transportar el Gas del Cusco a Lima

### Precios del Gas Natural 2009

	Generación Electricidad (US\$/MMBTU)	Gasos naturales (US\$/MMBTU)
<b>Precio</b>		
Precio Base <sup>1</sup>	1.00	1.8
Servicio de Transporte <sup>2</sup>	1.076	1.643
Servicio de Distribución <sup>2</sup>	0.15	0.27
<b>TOTAL</b>	<b>2.226</b>	<b>3.713</b>

<sup>1</sup> Precio máximo según contrato

Fuente MEM

<sup>2</sup> Estimados de Osinergmin

**TABLA 5**

llamado TGP "Transportadora de Gas del Perú" formado por Tecgas, Plupetrol, Hunt Oil y otros, financiado por el BID y la CAF. Este gasoducto tiene una longitud de 700 km y permite transportar hasta 450 mpcd (millones de pies cúbicos por día) desde el 2010.

### Presente

El gobierno peruano, para incentivar el consumo interno de esta nueva fuente energética, fijó que las tarifas del gas natural producido en los lotes 56 y 88 sean las de la TABLA 5

## E Principales Centrales Térmicas a Gas Natural del Perú

**Central Térmica ciclo abierto Chilca 1 (545 MW)** Ubicada en el Distrito de Chilca a las afueras de la Ciudad de Lima. Utiliza el Gas Natural del Camisea. Pertenece a la empresa privada ENERSUR

**Central Térmica ciclo abierto Kallpa (564 MW)** Ubicada en el Distrito de Chilca a las afueras de la ciudad de Lima. Utiliza el Gas Natural de Camisea. Pertenece a la empresa privada KALLPA GENERACIÓN

**Central Térmica de ciclo combinado Ventanilla (498 MW)** Ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, afuera de la ciudad de Lima. Utiliza el gas natural de Camisea. Pertenece a la empresa privada EDEGEL.

**Central Térmica de ciclo abierto Santa Rosa (440 MW)** Ubicada en la Ciudad de Lima. Utiliza el gas natural de Camisea. Pertenece a la empresa privada EDEGEL.

**Central Térmica de ciclo abierto Las Flores (192.5 MW)** Ubicada en el Distrito de Chilca a las afueras de la ciudad de Lima. Utiliza el Gas Natural de Camisea. Pertenece a la empresa privada DUKE ENERGY EGENOR.

### VIEL PROYECTO INAMBARI

#### A El proyecto INAMBARI-200, del Estudio Alemán

### Generalidades

El Río Inambari está ubicado en la región Sur-Este del país, pertenece a la vertiente del Atlántico. Tiene sus orígenes en los nevados ubicados entre las regiones de Madre de Dios y Puno y sus principales afluentes: los ríos San Gabán y Marcapata. Dentro del río Inambari se analizaron 13 proyectos. Para cada proyecto hay de 2 a 5 lugares para las represas, dando un total de 34 alternativas. De todas ellas la más eficiente es la que corresponde al proyecto INA-200, opción 4.



### Principales Características de la Cuenca del Inambari

Área	17.376	km <sup>2</sup>
Altitud Promedio	2.658	m s.n.m
Precipitación anual	2.083	mm/año
Longitud de la red hidrográfica	1.242	km
Número de estaciones de aforo	0	
Potencial técnico	10.110	MW
Potencial específico	6.51	MW/km

Fuente MEM

**TABLA 6**

### Principales Características del Proyecto INA-200, Opción 4

Área Inambari	10.72	km <sup>2</sup>
Potencia Inambari	1.762	MW
Volumen Total del Embalse y Roca	16.088	mm
Costo Promedio	931	m\$
Altura del Pico	313	m
Longitud Hidrográfica Anual	9.657	km/a
Factor de Planta	0.887	

Fuente MEM

**TABLA 7**

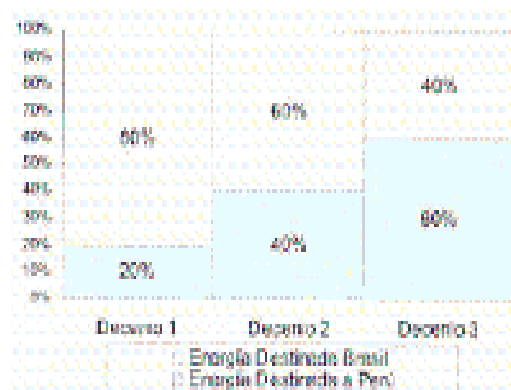
## B Historial de la Integración Energética Perú Brasil

El 17 de Mayo del 2008, el Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú y el Ministerio de Minas y Energía de la República Federativa de Brasil firmaron un convenio de integración energética, mediante el cual se busca desarrollar estudios y evaluar la construcción de centrales hidroeléctricas en territorio peruano para la exportación de energía al vecino país del Brasil.

El 28 de Abril del 2009, el Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú y el Ministerio de Minas y Energía de la Republica Federativa de Brasil firmaron un memorando de entendimiento para el apoyo a los estudios de interconexión eléctrica entre Perú y Brasil. Mediante este memorando ambos ministerios se comprometen a ser responsables y ejecutores del acuerdo de integración energética. Asimismo el Ministerio de Minas y Energía de Brasil se compromete a designar un coordinador y un representante de la EPE (Empresa de Pesquisas Energéticas) y un representante de Centrales Hidroeléctricas Brasileiras (ELETROBRAS), mientras que el del Perú se compromete a hacer lo mismo.

El 17 de Julio del 2009, el Ministerio de Energía y Minas del Perú le envía al Ministerio de Minas y Energía de Brasil una primera propuesta de cómo podría ser el esquema de integración energética Perú-Brasil. La propuesta presenta una venta escalonada de potencia del Perú al Brasil, teniendo como mínimo 2,000 MW y como máximo 6,000 MW. A los 30 años de la finalización del contrato de venta de energía, las centrales pasarían a manos del Estado Peruano. La construcción de las centrales cuidaría el medio ambiente siguiendo las respectivas normas.

**Fig 11 Propuesta de reparto de energía en Jul 2009 dentro de Proyecto de Integración Energética Perú-Brasil**



Fuente: MEM PERÚ

El 6 de Noviembre del 2009 en la ciudad de Lima, se reunieron representantes del subgrupo de trabajo para estudios referenciales de la cantidad que podría ser destinada al mercado eléctrico peruano con base a centrales hidroeléctricas que se desarrollarían en la selva peruana. El subgrupo se comprometió a dar resultados con respecto a qué porcentaje de la producción de electricidad de las centrales hidroeléctricas aprovechará el Perú, cómo se iban a tratar las centrales térmicas ineficientes del sector eléctrico peruano y recomendar cómo sería el esquema de asignación de energía para el suministro del Perú y exportación a Brasil.

El 22 de Septiembre del 2009, la Secretaría de Planeamiento y Desenvolvimiento Energético Brasileiro le contestó al Ministerio de Energía y Minas con respecto a la propuesta del 17 de Julio del 2009. Ahí se afirma que el límite de los posibles proyectos a ser implementados debería ser 20,000 MW como lo presentó el Gobierno Peruano desde un inicio. También le hace saber que no será posible realizar la propuesta de venta escalonada decenal de energía del Perú a Brasil como lo propusiera el Gobierno Peruano, ya que el modelo de comercialización de energía eléctrica para el mercado regulado brasileiro requiere una cantidad

constante de energía firme por un plazo de 30 años. También reafirma su compromiso y resalta la importancia del cumplimiento de la legislación ambiental correspondiente.

El 06 de Noviembre del 2009, el Ministerio de Energía y Minas del Perú contesta a la Secretaría de Planeamiento y Desarrollo Energético Brasileiro con respecto a sus propuestas enviadas el 22 de Septiembre del 2009. Ahí le hace notar que la prioridad de garantía de suministro la tendrá el mercado eléctrico peruano, y los excedentes se venderían al Brasil. También le comunica que se mantendrá el límite de 6,000 MW de capacidad instalada, con posibilidad de ampliación.

En Febrero del 2010, el ministerio de Energía y Minas del Perú envió a su par brasileiro un borrador de lo que podría ser el acuerdo de suministro de electricidad al Perú y exportación de excedentes a Brasil. Entre los principales puntos de este borrador está que la prioridad en la producción de energía la tendrá el Estado Peruano, y que éste exportará sus excedentes a la Republica Federativa de Brasil. La capacidad máxima acumulada de las centrales será como 6,000 MW, y las prioridades serán: i) Mercado Regulado Peruano, ii) Mercado Libre Peruano, iii) Mercado Brasileño. El tratado tendría una duración de 30 años a partir de la puesta en operación de las centrales, y al término las centrales pasarían sin costo alguno al Estado Peruano. El Perú se encargaría de la construcción de la línea de las centrales hasta su centro de carga, mientras que el Brasil construiría la línea desde las centrales hasta su territorio.

En Marzo de 2010, el Ministerio de Minas y Energía del Brasil elevó a su par peruano la contrapropuesta del acuerdo de suministro de electricidad al Perú y exportación de excedentes a Brasil que fuera entregado por el Ministerio de Energía y Minas del Perú en el mes de febrero del 2010. En esta contrapropuesta el Gobierno Brasileiro reafirma su compromiso con promover la interconexión eléctrica entre ambos países, buscando fortalecer los vínculos entre ambos pueblos de la frontera y mejorar su calidad de vida. También muestra aceptación por el borrador peruano y subraya la necesidad de que el gobierno peruano fije las cantidades de energía que va requerir el mercado el eléctrico peruano, subrayando que los proyectos solo se realizarán si es que se puede comprobar su viabilidad técnica, económica y socio ambiental. Se prevé una fuerte cooperación entre los agentes del sistema eléctrico de ambos países y cooperación técnica en general.

El 3 de Mayo del 2010 el Gobierno Peruano

publica el texto cuasi definitivo del *Acuerdo para el Suministro de Electricidad al Perú y Exportación de Excedentes al Brasil*.

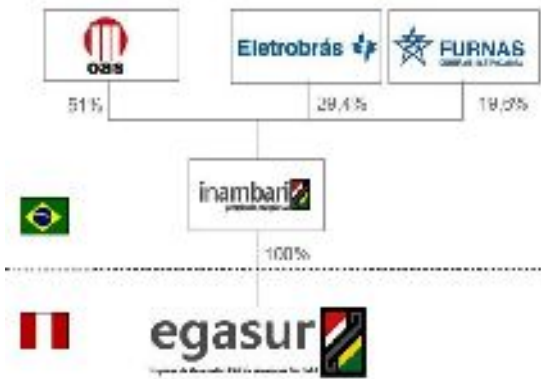
En Junio del 2010 en Manaus-Brasil se reunió el presidente Lula con el presidente García. Ahí firmaron un comunicado conjunto donde prevén la cooperación mutua entre ambos países en temas de agricultura, energía, comercio, protección ambiental, cultura, infraestructura y academia.

C Proyecto Central Hidroeléctrica de Inambari

Uno de los proyectos que se ha analizado para la integración energética con el Brasil es el proyecto INAMBARI que toma como referencia el proyecto INA-200 del estudio del Potencial Hidroeléctrico Nacional de los años 70.

Para esto se formó una empresa compuesta por las empresas Constructora Brasileira OAS, ELETROBRAS y FURNAS (una empresa subsidiaria de ELECTROBRAS que se dedica a la generación y transmisión eléctrica). Estas tres empresas formaron por el lado brasileiro la compañía INAMBARI GENERACIÓN DE ENERGÍA. Por el lado peruano se formó la empresa EGASUR.

Fig 12 Accionistas de la Central Hidroeléctrica Inambari



Fuente: EGASUR

La central hidroeléctrica de Inambari estaría ubicada entre las regiones de Cusco, Madre de Dios y Puno.

Principales Características del Proyecto INAMBARI

Potencia Instalada	2000	MW
Año del Trámite	1978	año
Volumen total del Estudio y Obra	24493	m <sup>3</sup>
Altura de la Obra	211	m
Inversión	4000	millones \$

Fuente: EGASUR

TABLA 8





Con respecto a la construcción de centrales hidroeléctricas, indican que el mayor daño que éstas causarían a la Amazonía Peruana está asociado con la migración interna andina a los lugares de construcción, y con la emisión de gases de efecto invernadero causada por la construcción de la represa y el reasentamiento de pobladores y agricultores de los lugares a ser inundados.

La ONG Pro Naturaleza tiene colgada en su página web varios artículos que cuestionan la construcción de la represa Inambari. Ver:

[www.pronaturaleza.org/publicaciones/](http://www.pronaturaleza.org/publicaciones/)

### **Oposición Social**

En el área de influencia directa los principales temores son las pérdidas de viviendas, pertenencias y cultivos. Las principales dudas de los pobladores se relacionan con el lugar en que los van a reubicar, con el destino de sus cultivos y de su trabajo concluida la construcción de la represa, con el destino del oro que no se podría explotar y con la carretera transoceánica.

Otro punto de gran preocupación y rechazo en la población de las regiones de Madre de Dios, Puno, y en general del Perú, es el impacto ambiental de la inundación de muchísimas hectáreas de bosques para la construcción de la Central. Pero el daño potencial estaría ciertamente muy por debajo del ya causado por la minería informal que ha destruido tres veces el tamaño de lo que sería el embalse.

### **Oposición de la Prensa**

El papel de la prensa peruana con relación al proyecto de Inambari desde los inicios del acuerdo de Integración ha tendido a estar en contra del proyecto poniendo énfasis en el reparto de energía. Gran parte de los entrevistados por los diferentes medios coinciden en que el reparto de energía no favorecería al Perú sino al Brasil y que, por tanto, debería revisarse el acuerdo. En muchas publicaciones se sigue afirmando que el 80% de energía sería destinado al mercado brasileiro, mientras sólo el 20% quedaría para el Perú. Esto es algo que ya se definió adecuadamente con las primeras propuestas enviadas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú a su similar del Brasil. Sin embargo este argumento sigue siendo usado por especialistas en energía y prensa tanto peruana como brasileira. Este tipo de informaciones, que no son oficiales causan confusión en la población y desinformación en perjuicio del proyecto de Integración Energética, haciendo más difícil la labor de comunicación por parte de representantes del Ministerio de Energía y Minas, como del consorcio Inambari.

## **VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El Estado Peruano, en todos sus estamentos (Gobierno Central, Gobiernos Regionales y Gobiernos Municipales) no tienen mecanismos adecuados para informar a la población sobre futuros emprendimientos en la Amazonía Peruana. Esto sumado a un manejo altamente cuestionable en concesiones forestales, hidrocarburos y gas hacen que la opinión del habitante de la zona, y en general del país, sea negativa ante cualquier emprendimiento que se realice.

El proyecto INAMBARI tiene un gran potencial para convertirse en el eje del crecimiento sustentable en la Región Sur del país, permitiendo que los pueblos adyacentes salgan de la situación de pobreza en que se encuentran y dándole opción de empleo a la mano de obra que actualmente se encuentra trabajando en la minería informal y el cultivo ilegal de hoja de coca. Esto sumado a la inversión en Educación, Salud y Transporte, haría del proyecto el modelo a seguir para la construcción de más centrales hidroeléctricas en la Amazonia Peruana.

Pero es necesario un cambio para realizar el proyecto. Hay que tener presente que no sólo la población cree que el 80% la energía irá al Brasil, sino que todavía queda el recuerdo de los desfavorables acuerdos de exportación del gas natural de Camisea. Para tener licencia social de ejecución del proyecto Inambari, debería recomendarse que toda la energía producida sea destinada al Perú. Ello implica que todo el presupuesto sea financiado por el Perú.

El planeamiento energético es un eje central para el desarrollo de cualquier país. Se recomienda que el MEM en conjunto con PETROPERU desarrollen una institución que se encargue de planificar la futura matriz energética del Perú. Esta institución debería dar los lineamientos de política en hidrocarburos, gas y electricidad. En el sector eléctrico debe plantear buscar una matriz eficiente, sustentable y limpia que consiga seguridad energética para el país utilizando convenientemente los recursos naturales propios.

Se debe realizar convenios de cooperación entre la Academia y todos los actores del Proceso de Integración Energética. Es decir, debe existir una cooperación académica, científica y técnica en todo punto de tal Proceso. Parte de él debería ser el Intercambio de Docentes y de Investigadores entre Universidades peruanas y brasileiras para investigar el sector eléctrico peruano, para contribuir a la definición de un Plan Nacional Energético a largo

plazo, para capacitar trabajadores de los distintos actores del sector eléctrico y establecer pasantías de alumnos en empresas del sector eléctrico, etc., etc. Así mismo debe planificarse foros, talleres, seminarios y exposiciones para discutir los trabajos de investigación sobre la integración energética Perú-Brasil en los niveles técnico, político, empresarial, poblacional y estudiantil.

## VIII REFERENCIAS GENERALES

- 1 MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS - PERÚ, *Sector Eléctrico 2009*, Abril 2009
- 2 MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS - PERÚ, *Plan Referencial de Electricidad 2008-2017*, Diciembre 2008
- 3 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - COLOMBIA, *Plan de expansión de referencia, Generación-Transmisión 2009-2023*, Unidad de Planeación Minero, Abril 2009.
- 4 EPE, *Plano Decenal de Expansión de Energía 2008/2017*, 2008.
- 5 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - BRASIL, *Matriz Energética Nacional 2030*, Noviembre 2007.
- 6 ANEEL, *Atlas de Energía de Brasil*, 3ra edición, Brasilia 2008.
- 7 CEPLAN, *Plan Perú 2021 – Plan Estratégico de Desarrollo Nacional*, Marzo 2010.
- 8 EREGEG, *Annual Report of the European Energy Regulators*, 2009
- 9 ENRE, *Información Anual*, 2008
- 10 DOUROJEANNI, BARANDIARÁN, DOUROJEANI, *Amazonía Peruana en el 2021* 1ra Edición, 2009.
- 11 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE – PERÚ, *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, 2009.
- 12 ZILERI Marco, *Melchorita a toda Mecha*, Revista CARETAS, p 34-36, 17 Septiembre 2009
- 13 GAFFNEY, CLINE & ASSOCIATES, *Reserves and Resource Statement for Camisea, Project Fields, Block 56 (Peru) Effected February 28, 2009*, May 2009. Disponible en [www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Certificacion%20Reservas%20Lotes%2056%20y%2088/reserva\\_lote56.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Certificacion%20Reservas%20Lotes%2056%20y%2088/reserva_lote56.pdf). Visitado el 21 de Mayo 2010
- 14 GAFFNEY, CLINE & ASSOCIATES, *Reserves and Resource Statement for Camisea Project Fields, Block 88 (Peru) Effected February 28, 2009*, May 2009. Disponible en: [www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Certificacion%20Reservas%20Lotes%2056%20y%2088/reserva\\_lote88.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Certificacion%20Reservas%20Lotes%2056%20y%2088/reserva_lote88.pdf) Visitado el 21 de Mayo 2010
- 15 NETHERLAND, SEWELL & ASSOCIATES INC, *Estimate of Gross (100 percent) Reserves*,

- Contingent Resources and Prospective Resources for Block 56 Ucayali Basin Peru as of December 2009*, Mayo 2010. Disponible en: [www.minem.gob.pe/download.php?idTitular=2247](http://www.minem.gob.pe/download.php?idTitular=2247) Visitado el 30 de Septiembre 2011
- 16 NETHERLAND, SEWELL & ASSOCIATES INC, *Estimate of Gross (100 percent) Reserves, Contingent Resources and Prospective Resources for Block 88 Ucayali Basin Peru as of December 2009*, Mayo 2010. Disponible en: [www.minem.gob.pe/download.php?idTitular=2246](http://www.minem.gob.pe/download.php?idTitular=2246) Visitado el 30 de Septiembre 2011
- 17 COES, *Estadística Anual del COES 2009*. Disponible en [www.coes.org.pe/Dataweb2/2009/STR/estadistica/anual/anual.htm](http://www.coes.org.pe/Dataweb2/2009/STR/estadistica/anual/anual.htm) Visitado el 30 de Septiembre 2011
- 18 SANTANA Edvaldo, *Experiencia de Regulación no Setor Eléctrico Brasileiro*, En Curso Análisis Económico del Sector Eléctrico-Integración Energética América Latina. Maio 2009
- 19 DAHER Mario, *Complejidades y Sinergias de la Matriz Eléctrica Brasileira y el papel del ONS*, En Curso: Análisis Económico del Sector Eléctrico-Integración Energética América Latina, Abril 2009
- 20 MIGUEL Evandro, *Central.Hidroeléctrica Inambari Apresentacao para UFRJ*, En Curso: Análisis Económico del Sector Eléctrico. Integración Energética de América Latina. Septiembre 2009
- 21 GAMA Sinval, *A atuacao internacional da Eletrobras*, En Curso Análisis Económico del Sector Eléctrico- Integración Energética América Latina. Diciembre 2009
- 22 CAMAC Daniel, *Las perspectivas de Integración Energética Brasil y Perú*, II Seminario Internacional de Integración Energética Perú-Brasil, Enero 2010-06-09
- 23 OLIVEIRA Edgar, *Sistema Electrobras, II Seminario Internacional de Integración Energética Perú-Brasil*, Enero 2010-06-09
- 24 BUSTAMANTE Renzo, *Comunicación Social sobre la Integración Energética Perú-Brasil en la Amazonía Peruana. Disertación (Curso Post Grado Latu Senu, Análisis Económico Sector Eléctrico-Integración Energética América Latina) Universidad Federal de Río de Janeiro*, Junio 2010. Nota de Autor Nota del Editor (V Latorre)
- Es útil poder visualizar la Matriz Energética del país en 22 CAMAC Daniel, *Las perspectivas de Integración Energética Brasil y Perú*, II Seminario Internacional de Integración Energética Perú-Brasil, Enero 2010-06-09
- 23 OLIVEIRA Edgar, *Sistema Electrobras, II Seminario Internacional de Integración Energética Perú-Brasil*, Enero 2010-06-09
- 24 BUSTAMANTE Renzo, *Comunicación Social sobre la Integración Energética Perú-Brasil en la Amazonía Peruana. Disertación (Curso Post Grado Latu Senu, Análisis Económico Sector Eléctrico-Integración Energética América Latina) Universidad*

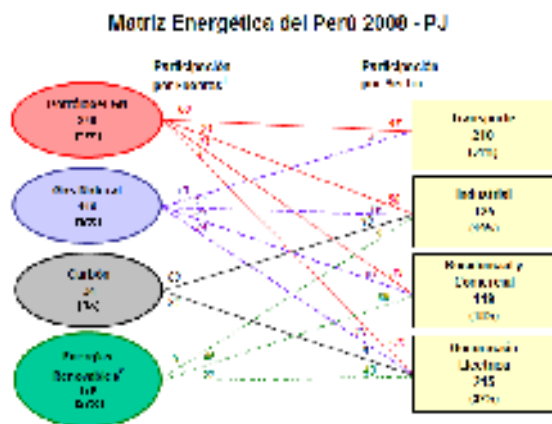
### Nota del Editor (V Latorre)

Es útil poder visualizar la Matriz Energética del país en un gráfico: las diferentes fuentes de energía en una columna y los diferentes usos en otra.

Mostramos un ejemplo obtenido de una

presentación del Mag. Daniel Cama

[dger.minem.gob.pe/present/p2/DanielCamacGutierrez.pdf](http://dger.minem.gob.pe/present/p2/DanielCamacGutierrez.pdf)



Cuando tenía unos seis años yo era consciente de la Segunda Guerra Mundial (II GM) y de la gran hazaña de la ciencia aplicada que puso fin a ese conflicto en la zona del Pacífico. La bomba atómica, su diseño y fabricación por grandes físicos, era un misterio para mí, pero uno muy fascinante. Las palabras *físico nuclear*, fueron también magnífico atractivo, pero nadie que yo conociera estaba al tanto de la ciencia o de las personas que la cultivaban.

Al mismo tiempo, tenía un interés marginal en el Sol y las estrellas como temas interesantes por conocer. Cerca a mis doce años, recibí un libro para leer que explicaba algo de física nuclear y también presentaba las ideas detrás de la tabla periódica de Mendeleiev. El libro era lo suficientemente elemental para que yo pudiera entenderlo. No puedo recordar quién me lo dio. Sin embargo, lo encontré fascinante y quedé muy entusiasmado por las ideas de Mendeleiev sobre los elementos y sobre cómo se las arregló para predecir la existencia de los que no habían sido encontrados en el momento en que escribió el volumen.

Eso, para mí, fue un ejemplo permanente y claro del poder de la ciencia y su belleza. Me inspiré imaginando llegar a ser un físico nuclear yo mismo algún día y ello me llevó a la física y, a continuación, a la biología molecular cuando fui a la universidad.

## EL ARN Y EL ORIGEN DE LA VIDA<sup>1</sup>

Sidney Altman<sup>2,3</sup>



Vale la pena señalar<sup>4</sup> que vengo de una familia de inmigrantes y que gracias a una educación universitaria casi gratuita y al interés de mis padres por la educación como una forma de avanzar por uno mismo, fui capaz de pensar en cómo obtener una educación superior. Mi contribución a la ciencia que podría ser recordada por un tiempo, implica un trabajo sobre el ácido ribonucleico (ARN<sup>3</sup>). El ARN en las células vivas es una copia exacta de las regiones de ácido desoxirribonucleico (ADN).

Los genes están compuestos de ADN. Por muchos años se pensaba que el ARN era reflejo del material genético en el ADN, aunque se sabía que ciertas piezas del ARN llevaban a cabo funciones en las células laterales que no eran enzimáticas (no controlaban las reacciones químicas dentro de las células).

Yo y mis compañeros de trabajo descubrimos en 1983 que algunos trozos del ARN eran en realidad catalíticos, esto es, controlaban las reacciones químicas en las células laterales. Este trabajo, y el de varias otras personas que hicieron descubrimientos similares, ha conseguido demostrar que hay muchos tales ARNs "enzimáticos" dentro de las células<sup>5</sup>. También ha cambiado la forma en que pensamos sobre el origen de la vida en la Tierra y cómo se iniciaron las primeras reacciones químicas y enzimáticas (catálisis dentro de las células)

Notas de V. Latorre

<sup>1</sup> Traducción del inglés por M.A. Paz y Miño de Altman, Sydney: *RNA and the Origin of Life* en *One Hundred Reasons to be a Scientist*, The ICTP Publications & Printing Section, Trieste, Italia 2004, p. 41

<sup>2</sup> El Prof. Altman es un biólogo molecular canadiense que ganó el premio Nóbel de Química, junto con Thomas R. Cech, en 1989 por su trabajo sobre las propiedades catalíticas del ARN. Ver el anuncio oficial del premio en [nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1989/press.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1989/press.html)

<sup>3</sup> Tomado con permiso y traducido de *One Hundred Reasons to be a Scientist*, The ICTP Publications & Printing Section, Trieste, Italia 2004

<sup>4</sup> El Prof. Altman era hijo de inmigrantes pobres que con su trabajo lo pusieron en la universidad. Estudió Física en el Instituto Tecnológico de Massachussets donde se bachilleró en Física en 1960 y luego en la Universidad de Columbia en Nueva York. Se cambió a Biofísica, trabajó en Harvard en la réplica de bacteriófagos y finalmente obtuvo su doctorado en Biofísica en el Centro Médico de la Universidad de Colorado en 1967. Unos años más tarde fue miembro del grupo de los Profs. Sydney Brenner y Francis Crick en el Medical Research Council Laboratory of Molecular Biology en la Universidad de

Cambridge, Inglaterra. Detalles biográficos adicionales pueden verse en la nota correspondiente de la Academia Sueca:

[nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1989/altman-autobio.html#](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1989/altman-autobio.html#)

Su conferencia Nobel está en

[nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1989/altman-lecture.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1989/altman-lecture.pdf)

<sup>5</sup> La historia de la biología ARN, con una amplia bibliografía, está expuesta en

[en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_RNA\\_biology](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_RNA_biology)

## MATEMÁTICAS: SALTANDO CON IMAGINACIÓN ENTRE DISCIPLINAS<sup>1</sup>

Michael F. Atiyah<sup>2,3</sup>

Universidad de Edimburgo, Reino Unido



Las matemáticas fueron fascinación y, al mismo tiempo, desafío para la mente de la humanidad por miles de años a través de muchas culturas y civilizaciones.

Fue el desafío intelectual de sutiles y elegantes problemas lo que siempre me atrajo. Resolver tales problemas requería un razonamiento cuidadoso a cambio de una gran satisfacción. Hay belleza en las matemáticas que es difícil describir a quienes sólo ven en ella aburridas operaciones. Son la belleza de un paisaje donde el terreno es áspero, pero donde brillan las cumbres.

En la escuela fui atraído, como muchos otros, por el encanto de la química. Hacer coloridas mezclas en los tubos de ensayo era gran diversión, pero en el fondo la Química en ese nivel no tenía el atractivo intelectual y la coherencia de las Matemáticas.

Justo al terminar el colegio nuestro profesor de Matemáticas nos introdujo al fascinante mundo de

los cuaternios. Ellos habían sido descubiertos por el gran matemático del Siglo XIX Sir William Rowan Hamilton. Impresionado por el poder y la belleza de los números complejos  $x+iy$ , Hamilton había tratado por muchos años de extender esta expresión a otra que tuviera tres variables reales ( $x,y,z$ ) y que además proporcionara sustento a una física del espacio. Eventualmente hizo su famoso descubrimiento de un álgebra (que ahora se llama de cuaterniones) para tales expresiones y que involucra cuatro variables reales ( $x,y,z,t$ ) y aún más: que la multiplicación no es conmutativa. Así, para dos cuaterniones  $q_1, q_2$ , los productos  $q_1q_2$  y  $q_2q_1$  pueden ser diferentes.

La historia del descubrimiento de Hamilton es una de las leyendas de las matemáticas. Hamilton dijo que le vino la inspiración durante un paseo campestre y que entonces escribió sus famosas ecuaciones para las cantidades *imaginarias*  $i, j, k$

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1$$

$$ij = -ji = k, \text{ etc.}$$

en la pared del pequeño puente que en ese momento estaba cruzando.

Me enamoré de los cuaterniones, de su intrínseco atractivo, reforzado sin duda por la romántica historia de su descubrimiento. Leí con gran interés la manera como Hamilton y sus colegas los aplicaron a su Geometría tridimensional y a la Física Matemática.

Cuando unos pocos años más tarde entré a la Universidad de Cambridge, me desilusionó tristemente que nadie mencionara los cuaterniones. Todas mis preguntas al respecto tuvieron respuesta negativa: los cuaterniones no eran el gran descubrimiento que Hamilton había creído, eran un asunto menor.

Unos treinta años más tarde, cuando ya era un matemático reconocido, empezaron a brotar nuevas y excitantes cosas en la frontera entre las Matemáticas y la Física. Me comprometí profundamente con esta nueva interacción y, ¡oh sorpresa!, recobré mi viejo amor por los cuaterniones, justo en el centro de los nuevos desarrollos (con la misteriosa cuarta variable real interpretada como el tiempo).

Este episodio muestra los varios aspectos que hacen tan fascinantes a la Ciencia y a las Matemáticas. Primero que nada, muestran que las buenas ideas tienen larga vida y que con frecuencia retornan dramáticamente después de haber sido ignoradas por muchos años. Segundo, que las buenas ideas se sitúan en las fronteras como los cuaterniones que, empezando como Álgebra, se

vuelven Geometría y después Física. Y por último, que las ideas son creación humana, parte de nuestra historia intelectual.

Es la conexión entre diferentes materias, como el Álgebra, la Geometría, el Análisis y la Física lo que ha constituido el foco real de mi propia vida matemática. Mi principal contribución involucrando tales áreas, fue la fórmula (lo que ahora se conoce como el teorema del índice Atiyah-Singer<sup>3</sup>) que da el número de soluciones de una ecuación diferencial en términos geométricos. A menudo conexiones tales, son muy inesperadas iluminando viejos problemas con nueva luz. Para mí, éste es uno de los grandes atractivos de las Matemáticas: su habilidad para dar saltos imaginativos entre disciplinas diversas. Que lo siga haciendo.

Notas de V. Latorre

<sup>1</sup> Tomado con permiso y traducido de *One Hundred Reasons to be a Scientist*, The ICTP Publications & Printing Section, Trieste, Italia 2004.

<sup>2</sup> El Prof. Atiyah es británico de ascendencia sudanesa. Se educó en la Universidad de Cambridge donde llegó a ser *Master* del *Trinity College*. Fue Presidente de la *Royal Society* de Inglaterra (fundada por Newton) y ganó el premio equivalente al Nóbel para los matemáticos: la medalla Fields. Tiene además la medalla Copley y el premio Abel.

<sup>3</sup> Este es un famoso teorema muy usado también por los físicos teóricos, como el Prof. Abdus Salam, gran físico pakistaní fundador del ICTP, quien lo llamaba siempre por teléfono de Trieste a Cambridge.

<sup>4</sup> Wikipedia tiene un muy completo artículo para él: [en.wikipedia.org/wiki/Michael\\_Atiyah](http://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Atiyah).

Hay un sitio que contiene un vídeo relacionado con el Prof. Atiyah y la belleza en [video.google.com/videoplay?docid=-5911099858813393554#](http://video.google.com/videoplay?docid=-5911099858813393554#)

## HACER CIENCIA ME DIÓ LA LIBERTAD<sup>1,2</sup>

Frank Wilczek<sup>3</sup>

Instituto Tecnológico de Massachussets

Los eventos más profundamente formativos de mi carrera científica se dieron mucho antes que mi primer contacto con investigadores: de hecho, algunos precedieron mi nacimiento.

Mis abuelos emigraron de Europa después de la Primer Guerra Mundial, todavía adolescentes; por el lado de mi padre vinieron de Polonia, cerca de Varsovia y, por el de mi madre, de Italia, cerca de Nápoles. Mis abuelos llegaron sin nada, sin conocimiento del inglés. Mis abuelos paternos eran carpintero y albañil, respectivamente.

Mis padres nacieron en Long Island en 1926 (y han vivido allí desde entonces). Yo nací en 1951 y crecí en un lugar llamado Glenn Oaks, en la esquina noreste de Queens, apenas dentro de los límites de la ciudad de Nueva York.



Siempre me han gustado toda clase de acertijos, juegos y misterios. Algunos de mis recuerdos más tempranos tienen que ver con situaciones de “trabajé en” aún antes de que fuera al colegio. Cuando estaba conociendo el valor del dinero, pasé mucho tiempo probando varias maneras de cambiar entre sí diferentes clases de monedas (esto es, centavos, monedas de a cinco y monedas de a diez) de maneras complicadas yendo y viniendo, tratando de descubrir la manera de salir ganando. Otros de mis proyectos consistían en encontrar números muy grandes con unos pocos pasos. Descubrí formas simples de elevación repetida a potencias. Obteniendo grandes números me hizo sentir poderoso.

Con esas inclinaciones, sospecho que de todas maneras hubiera llegado al trabajo intelectual pasara lo que pasara. Pero ciertas circunstancias especiales me condujeron a la ciencia y, eventualmente, a la física teórica.

Mis padres eran niños en tiempos de la Gran Depresión, y sus familias lucharon por sobrevivir. Esta experiencia moldeó muchas de sus actitudes y especialmente sus aspiraciones relativas a lo que yo podía llegar a ser. Pusieron gran esperanza en la educación y en la seguridad que la destreza técnica podía traer.

Cuando me fue bien en el colegio estuvieron muy contentos y me animaron a pensar en llegar a ser un médico o ingeniero. Mientras crecía, mi padre, que trabajaba en electrónica, tomaba clases

nocturnas. Nuestro pequeño departamento estaba lleno de radios viejas y modelos primitivos de televisión y también de libros que él estudiaba. Era el tiempo de la Guerra Fría. La exploración espacial era una idea nueva y excitante, la guerra nuclear una que daba miedo; ambas siempre presentes en los periódicos, la televisión y las películas. En la escuela teníamos periódicamente ejercicios de bombardeo simulado. Todo ello hizo gran impresión en mí. Concebí la idea que había conocimientos secretos que, al ser dominados, permitirían a la Razón controlar la Materia, de manera mágica.

Otra cosa que moldeó mi pensamiento fue el entrenamiento religioso. Crecí como Católico Romano. Amaba la idea de que había gran drama y gran plan más allá de la existencia. Después, bajo la influencia de los escritos de Bertrand Russell y mi creciente conciencia del conocimiento científico, perdí fe en la religión. Gran parte de mi búsqueda posterior ha tratado de recuperar algo del propósito y significado de lo que perdí.

Estudí en las escuelas públicas de Queens y tuve la fortuna de tener excelentes profesores. Como las escuelas eran grandes, podía haber en ellas clases especializadas y avanzadas. En secundaria había un grupo de unos veinte de nosotros yendo juntos a clase, apoyándonos mutuamente, pero compitiendo unos con otros. Por lo menos la mitad de nosotros hicimos carreras médicas o científicas exitosas.

Llegué a la Universidad de Chicago con grandes, pero amorfas ambiciones. Me enamoré de la ciencia del cerebro, pero pronto decidí que en ella los problemas centrales no estaban listos para un tratamiento matemático (y que yo carecía de paciencia para el trabajo de laboratorio). Leí vorazmente de todo, pero terminé especializándome en matemáticas, principalmente porque ello me daba la mayor libertad. Durante mi último semestre en Chicago, tomé un curso sobre la simetría y la teoría de grupos dado por Peter Freund. Él era un profesor extremadamente entusiasta e inspirador, y entré en instintiva resonancia con este material. Fui a la Universidad de Princeton como estudiante de postgrado en el Departamento de Matemáticas con un ojo sobre lo que ocurría en Física. Me di cuenta que las profundas ideas relacionadas con la simetría matemática afloraban en las fronteras de la Física, específicamente en la teoría *gauge*<sup>3</sup> de las interacciones electro débiles y en la simetría de escala de la teoría de Wilson sobre las transiciones de fase. Empecé a conversar con un joven profesor llamado David Gross, y comenzó entonces mi carrera de físico.



## EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2010

El gran evento de mi temprana carrera fue descubrir la ecuación básica de la fuerza fuerte, esto es de la fuerza que mantiene unidos a los nucleones. Esas ecuaciones, que definen una teoría llamada Cromodinámica Cuántica o QCD, predicen la existencia de nuevas clases de partículas, los gluones, que fueron descubiertos después. Las ecuaciones de la QCD se basan en principios de la simetría *gauge* y las resolvemos usando la simetría de escala.

Fue muy gratificante encontrar que las ideas que admiré como estudiante del postgrado podían ser usadas para obtener una teoría potente y exacta para una importante parte de la física fundamental. Yo continúo la aplicación de esas ideas de nuevas maneras, convencido como estoy, de que ellas tienen gran futuro.

Recientemente he descrito algo de mi trabajo más importante, y a dónde ha conducido de manera rápida y simple, en un artículo en: [arkiv.org/hep-h/0401034](http://arkiv.org/hep-h/0401034)<sup>3</sup>. Hay mucha mayor información en mi página web [web.mit.edu/physics/people/faculty/wilczek/frank.html](http://web.mit.edu/physics/people/faculty/wilczek/frank.html)

Notas de V. Latorre

<sup>1</sup> Tomado con permiso y traducido de *One Hundred Reasons to be a Scientist*, The ICTP Publications & Printing Section, Trieste, Italia 2004.

<sup>2</sup> El título de este artículo podría estar aludiendo a la *libertad asintótica*: de los gluones y los quarks, partículas que son libres cuando están cerca una de otra, pero se sienten infinitamente atadas cuando están lejos una de otra. Ver [25 years of asymptotic freedom - CERN Courier](http://25_years_of_asymptotic_freedom_CERN_Courier)

<sup>3</sup> Ver la página web del Massachusetts Institute of Technology (MIT) con referencias sobre la obra de este autor:

[web.mit.edu/physicspeople/faculty/wilczek/frank.html](http://web.mit.edu/physicspeople/faculty/wilczek/frank.html)

Su discurso de aceptación del Nobel está en la página web del propio autor [frankwilczek.com/](http://frankwilczek.com/) junto con otros artículos, algunos entendibles por no especialistas. Para estos últimos, el libro (con [Betsy Devine](http://Betsy.Devine)). *Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics*. W W Norton 1989, es posiblemente lo más apropiado.

Ver además la página web *The Particle Adventure* del Particle Data Group (Lawrence Berkeley National Laboratory) con material extendido a todas las partículas elementales:

[www.ingenuityproject.org/Particles.pdf](http://www.ingenuityproject.org/Particles.pdf)

<sup>4</sup> Una teoría *gauge* posee invariancia *gauge*: la propiedad de que diferentes configuraciones (no observables) conducen a una sola configuración observable.

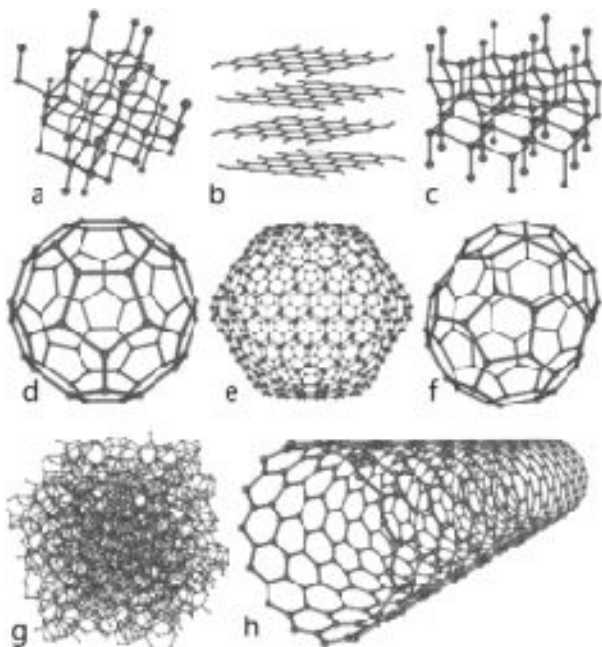
El carbón no deja de sorprendernos. Hace unos siglos el mundo distinguía entre diamante, blanco y transparente y grafito negro y opaco. Con el diamante se hace joyas relucientes; con el grafito se hace minas para lápices. No había cosas más diferentes. Pero se descubrió mucho después que tanto el diamante como el grafito, estaban hechos de lo mismo: de átomos de carbono, idénticos entre sí.

La diferencia entre diamante y grafito proviene de la forma en que se disponen geoméricamente en el espacio los átomos de carbono de cada sustancia formando mallas de cierta forma para el diamante y de otra forma distinta para el grafito (de hecho se puede pasar del uno al otro aplicando suficiente presión al grafito se pasa al diamante), dando pie a que se recordara que los filósofos de la antigüedad arguyeran entonces que más vale la forma que la sustancia.

Pero hay más sobre el asunto, algo que conocíamos desde hace siglos: la combustión reduce a los objetos a carbón, negro profundo como él solo. Pero nos dimos cuenta que el carbón está formado por los átomos de carbono amontonados, sin ningún orden. El diamante y el grafito son cristales. El carbón es la tercera forma en que aparecen los átomos de carbono: no guardando ningún orden.

Luego, hace unos pocos años, se descubrió una cuarta forma espacial en que podían existir los mismos átomos de carbono y este descubrimiento sorprendió tanto que mereció el Premio Nobel de Química de 1996<sup>1,2</sup> a quienes lo hicieron (Curl, Kroto y Malley). Se lo bautizó con el nombre de fullereno porque sus átomos de carbono formaban una red que se parecía al domo geodésico del ingeniero Fuller<sup>3</sup>. Ver un nanotubo rotante en la página web [es.wikipedia.org/wiki/Nanotubo](http://es.wikipedia.org/wiki/Nanotubo) Es más: se encontraron formas aún más complicadas, pero resultaron ser derivadas del fullereno.

El nanotubo **h** parece poderse construir a partir de una lámina del grafito **b**, pues en ambos hay básicamente exágonos en capa (nuestra figura **b** tiene 4 capas planas, pero nuestra figura **h** tiene 1 capa enrollada). Parece entonces que si se pudiera aislar una de las capas de **b** y luego enrollarla, se obtendría **h**. Esto se intentó hacer, pero no se pudo. El Nobel de este año ha premiado la obtención de una capa semejante a partir del grafito.



a: [diamante](#), b: [grafito](#), c: diamante hexagonal, d: [fulereno](#) C60, e: fullereno C540, f: fullereno C70, g: carbono amorfo, y finalmente, h: nanotubo



Andre Geim

De hecho todos hemos estado obteniendo grafeno (que es el nombre inventado para una sola capa) al escribir con lápiz. La marca negra que deja el lápiz sobre el papel contiene varias capas individuales de grafito, probablemente algunas veces una sola capa, pero nunca pensamos siquiera en ello. Los descubridores, Andre Geim (Holanda) y Konstantin Novoselov (Reino Unido y Rusia), fueron dos físicos nacidos en Rusia que actualmente están en la Universidad de Manchester (Reino Unido).



Konstantin Novoselov

La fundamentación del premio acordado a estos dos investigadores está en una página web de la Academia Sueca muy clara y didáctica a estos dos investigadores está en una página web de la Academia Sueca muy clara y didáctica: [static.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2010/sciback\\_phy\\_10.pdf](http://static.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/sciback_phy_10.pdf)

En ella se listan muchas posibles aplicaciones prácticas del descubrimiento. Es curioso que para dos descubrimientos muy similares se haya dado un premio de Química en 1996 y después un premio de Física en 2010.

Texto y Notas de V Latorre

<sup>1</sup>[nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1989/press.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1989/press.html)

<sup>2</sup>[www.chemistry.wustl.edu/~edudev/Fullerene/fulleren.html#indexFuller](http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/Fullerene/fulleren.html#indexFuller), Section III, Part B para una completa descripción de las ligaduras entre átomos de carbono

<sup>3</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Buckminster\\_Fuller#Geodesic\\_domes](http://en.wikipedia.org/wiki/Buckminster_Fuller#Geodesic_domes)

**El Carbón en el Cuerpo Humano** aparece con el 18% (en peso). La lista de los principales componentes es:

	%
1 Oxígeno	65
2 Carbón	18
3 Hidrógeno	10
4 Nitrógeno	3
5 Calcio	1.5
6 Fósforo	1.0
7 Potasio	0.35
8 Azufre	0.25
9 Sodio	0.15
10 Magnesio	0.05
11 Cobre, Zinc, Selenio, Molibdenio, Flúor, Cloro, Iodo, Manganese, Cobalto, Hierro	0.70
12 Litio, Estroncio, Aluminio, Silicio, Plomo, Vanadio, Arsénico, Bromo	apenas trazas

## 2010 EN EL INSTITUTO

### 1 Ausencia del Director

El Prof. **Gerardo Ramos**, Director del Instituto y uno de los Fundadores de esta Universidad, no está más con nosotros. Falleció en Marzo pasado dejando un enorme vacío en esta casa. Ingeniero mecánico-electricista por la UNI, Licenciado en Matemáticas por la UNMSM y virtual Doctor en Ciencias Políticas por la URP, tuvo una larga, variada y rica trayectoria académica.

Como ingeniero investigador de Brown Boveri, la constructora de la cadena hidroeléctrica del Rímac, estudió la generación de energía eléctrica para Lima y su posible refuerzo con la energía nuclear.

Como matemático ayudó a difundir el gran curso de matemática secundaria del Grupo de Estudio de las Matemáticas (MSG) traduciendo en la Universidad de Stanford (EU) cierta parte de sus numerosos volúmenes y, sobretodo, inspirando la formación de una nueva hornada de matemáticos peruanos, algunos hoy trabajando en el Instituto de Matemáticas y Ciencias Afines (IMCA).

1



En la última etapa de su vida pasó de la Ciencia a la Sociología, dando vida a lo que llamó desafiadamente Proyecto Histórico (sin antinomia) para encauzar el desarrollo nacional dentro de su propia modernidad.

El **nuevo director**, el Prof. Víctor Latorre, matemático bachillerado por la UNMSM y físico nuclear doctorado por la Universidad de Maryland (EU), fue uno de los primeros físicos de la Facultad de Ciencias de la UNI. Su carrera nuclear en Maryland incluyó el descubrimiento y medición de energía, paridad y espín de un nuevo nivel de

energía en el núcleo de  $N^{14}$  y en Huarangal, cerca de Lima, la finalización del montaje del reactor nuclear de investigación RP10, el primero de su género en el país, para el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Ver otros datos en **RESEÑA DE LOS AUTORES**, pág. 42.

### 2 Publicaciones y Actividades del Instituto

La actividad académica del Instituto en 2010 incluyó

#### La publicación de los libros:

- *Afidoфаuna del Perú* (Vol. 1) de la Dra. Verónica Rubín de Celis, Directora del Laboratorio de Genómica y Biología Molecular Evolutiva de este Instituto y el Dr. Menandro Ortiz de la Facultad de Medicina, URP 2010
- *Diccionario de Genética Molecular, Inmunología, Psicología y Genética Poblacional* de la misma Dra. Rubín de Celis, URP 2010

#### La publicación de los artículos:

- Ramos, G.: *Aproximación Preliminar a los Orígenes de la Cultura Quechua*, Debates10, URP 2010
- Mendívil, J.: *Adiós al Fundador de la URP*, Propuestas URP Marzo 2010
- Latorre, V.: *Recuerdos de la Facultad de Ciencias* en el libro *50 Años de la Facultad de Ciencias*, UNI 2010
- Rubín de Celis, V.: *Diagnóstico Prenatal y Consejo Genético acerca de las Enfermedades Genéticas*, Paideia XXI, 2010
- Mendívil, J.: *Gerardo Ramos: su Obra y su Legado*, Archivum 10, 2010

#### La participación personal de:

- Lic. José Mendívil con el Capítulo de *Equidad Intercultural* en el Taller de Capacitación e Investigación Familiar (Julio 2010) y con *Interculturalidad y Mestizaje en el Perú* en el Taller Interculturalidad y Mestizaje en el Perú, Cusco, Ene 2010
- Dra. Verónica Rubín de Celis con *ADN Mitocondrial en el Siglo XXI* en la Universidad Norbert Wiener y con *Genética Molecular* en el XI Congreso Colombiano de Genética en Medellín, Colombia, Octubre 2010
- Dr. Víctor Latorre con *Astronomía a Ojo Desnudo* en la Universidad Ricardo Palma y con *After 45, Science and Development for a Changing World: Perú* en el Simposio de los 45 años del International Centre for Theoretical Physics (ICTP, United Nations) Trieste, Italia, Noviembre 2010.



### **La suscripción o renovación de convenios con**

- El Institute of Molecular Pathology and Immunology of the University of Porto - Portugal (IPAM-UTIMUP), sobre *Investigación Genómica*, Noviembre 2010

**El reconocimiento del** Laboratorio de Genómica Molecular Evolutiva del Instituto por la Empresa Merck como de nivel internacional, Agosto 2010

**La acreditación del** Laboratorio de Genómica y Biología Molecular Evolutiva del Instituto ante el Laboratorio Nacional de Referencia, Bogotá -Colombia, Octubre 2010

**La inscripción de la** Universidad Ricardo Palma en el Programa de Cooperación Exterior de la Unión Europea, Potential Applicant Data Online Registration (PADOR) con la colaboración de la Oficina de Relaciones Universitarias y la Facultad de Arquitectura, Octubre 2010

## **NOTICIAS**

**Premio Nobel 2010** La editorial World Scientific de Singapur envía todos los años al alumno egresado de secundaria más destacado de Singapur a Estocolmo a presenciar la ceremonia de premiación Nobel

[www.worldscientific.com/news/10100801.shtml](http://www.worldscientific.com/news/10100801.shtml)

**Fulbright** El nuevo Visitante Fulbright de Ciencias 2011, viniendo al Perú, es el Dr. Desiderio Vásquez de las Universidades de Indiana y Purdue, especialista de Físico Química, quien en 2004 estuvo ya de visita en la PUCP, Lima. Su específico campo de trabajo puede ser inferido del resumen de uno de sus artículos; ver

[www.worldscinet.com/ijbc/18/1808/S0218127408021671.html](http://www.worldscinet.com/ijbc/18/1808/S0218127408021671.html)

**Academia Nacional de Ciencias** Entre los nuevos miembros de la Academia Nacional de Ciencias se encuentra el Dr. José Luis Segovia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, licenciado en Biología por esta universidad y luego doctorado en Informática en Wayne State University, Detroit-EU. El Dr. Segovia egresó del Colegio Nacional Miguel Grau de Abancay, también colegio del Director de este Instituto. Para ejemplo de lo que hace, ver

[www.upch.edu.pe/facien/fc/postgrado/pginfo08/images/stories/segovia/segovaijtb04.pdf](http://www.upch.edu.pe/facien/fc/postgrado/pginfo08/images/stories/segovia/segovaijtb04.pdf)

**Nuevo Director de la OEI/Perú** El Dr. Jaime Ávalos, antiguo físico de la Universidad Nacional de Ingeniería, donde colaboró con el Dr. Ferdinand Volino de la Cooperación Francesa, (Avalos J, Marticorena B, Volino F: “*Dynamic Nuclear-Polarization By Thermal Mixing Of Cyclohexane In*

*Its Plastic Phase*” Physics Letters A 1975, Vol. A 51, Iss 7, Pp. 428-430) fue designado Director de la Organización de Estados Iberoamericanos-Perú. La UNI fue pionera en el estudio de la resonancia magnética electrónica, cuyas aplicaciones llegarían a revolucionar más tarde la imaginería médica. La OEI empezó a publicar una nueva serie de Ciencia y Tecnología. Ver

[www.oeperu.org/portal/web/caeu.php.htm](http://www.oeperu.org/portal/web/caeu.php.htm)

**50 años de la Facultad de Ciencias de la UNI** 2010, fue el año de las celebraciones del medio siglo de esta Facultad cultivada por el rectorado del Ing. Mario Samamè. Ver *50 Años de la Facultad de Ciencias*, UNI, Lima 2010. Antiguos profesores (M Horn, H Valqui, V Latorre, R Woodman, entre varios), otros más nuevos (J Alcántara, B Marticorena, M Montoya, D Aliaga, J Ávalos, C Oré, H Asmat) otros más jóvenes (W Estrada, A Talledo, J Solís, J Rodríguez, J Solano, O Pereyra, H Loro) y varios ex alumnos venidos de varias partes del mundo (F Ponce, N Saavedra, C González, A Pereyra, entre otros) asistieron a las diferentes ceremonias que con este motivo se cumplieron en la UNI a fines de Agosto 2010. Ver

[fc.uni.edu.pe/portal/index.php?](http://fc.uni.edu.pe/portal/index.php?)

[option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=108](http://fc.uni.edu.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=108)

## **NUEVAS PUBLICACIONES**

### **Libros**

**Verónica E Rubín de Celis Massa, Menandro Ortiz Pretell: *Afidofauna del Perú*, Vol. 1, URP, Lima 2010**

Los *áfidos* (o *pulgones*) son insectos que chupan la savia vegetal y segregan un líquido pegajoso y azucarado, la *melaza*, que impregna la superficie de la planta y debilita a ésta, deteniendo su crecimiento y propiciando la formación de un hongo, la fumagina. La plaga de estos insectos causa importantes pérdidas económicas.

Este libro presenta un inventario de las especies presentes en el Perú, una descripción morfológica de ellas y un listado de sus datos biométricos para contribuir a un control eficiente de esta plaga que afecta invariablemente a cultivos de importancia agrícola y ornamental ocasionando pérdidas económicas, incluidas las debidas a la excesiva aplicación de insecticidas que hacen los agricultores no informados. Esta aplicación termina afectando por largos periodos a otras especies aumentando así el perjuicio económico. A ello se suman aumentos en contaminación ambiental, en fitotoxicidad y en generación de resistencia en la población de áfidos. A pesar de los numerosos estudios hechos en la Región Zoogeográfica Neotropical, los hechos en

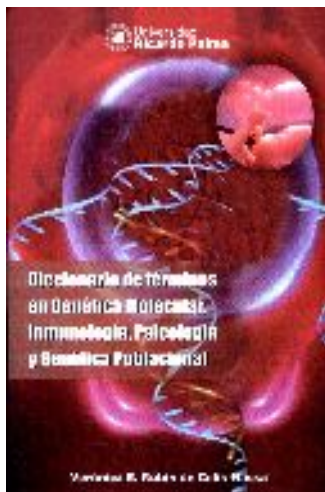
otras regiones semejantes en el mundo son



Verónica E Rubín de Celis Massa

todavía mucho mayores, por lo que este libro enriquece la literatura del tópico. A lo mismo contribuyen la descripción e ilustración fotográfica de características anatómicas de áfidos y en particular de áfidos existentes en el Perú.

**Verónica E Rubín de Celis Massa: *Diccionario de Términos en Genética Molecular, Inmunología, Psicología y Genética Poblacional*, URP, Lima 2010**



Verónica E Rubín de Celis Massa

Las disciplinas mencionadas en el título de este libro, son componentes casi indispensables en la investigación biológica y médica para la mejor comprensión de varios procesos en el individuo. Este diccionario da el significado de más de 2000 términos. Incluye retratos, esquemas y fotografías. Amplía y actualiza el libro siguiente.

**Verónica E Rubín de Celis Massa: *Diccionario de Términos de Genética, Biología Molecular e Inmunología*, URP, Lima 2005**



Verónica E Rubín de Celis Massa

Antecesor del anterior y motivado por el trabajo de la misma autora en el Laboratorio de Genómica y Biología Molecular Evolutiva de nuestro Instituto aquí en la URP. La Dra. Rubín de Celis fue también alumna de la Licenciatura de Biología aquí mismo antes de hacer su maestría en Genética y Biología Molecular en la Universidad Rio Grande do Sul, Brasil y su doctorado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es pionera en el trabajo con poblaciones modernas. Su trabajo con poblaciones antiguas ha recibido el apoyo, entre otros, de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

**Bernardo Berdichewsky: *Los Orígenes del Poblamiento Americano*, Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez, Santiago 2007**



Bernardo Berdichewsky

El Dr. Berdichewsky Profesor Emérito de Antropología en la Universidad Católica Silva Henríquez de Chile, publicó anteriormente *En torno a los Orígenes del Hombre Americano*. El libro que contiene los siguientes capítulos.

1 La prehistoria americana y su problemática

- 2 Desarrollo de la investigación sobre el poblamiento americano
- 3 La Arqueología y las primeras rutas de penetración
- 4 Origen y evolución de las primeras culturas americanas

Contiene además, una Bibliografía muy extensa y varios cuadros cronológicos, incluyendo las más antiguas fechas de radiocarbono 14.

**Fernando Villarán, Romina Golup: *Emergencia de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el Perú*, OEI, Lima 2010**

Publicado por la Organización de Estados Iberoamericanos dentro del marco del Centro de Altos Estudios Universitarios (CAEU) que en el Perú está montando una antena llamada *Observatorio Peruano de Ciencia, Tecnología y Sociedad* en colaboración con la nueva Alianza Estratégica de Universidades (UNMSM, UNI y UNALM).

Empieza describiendo el desarrollo económico y social desde 1950 a la fecha deteniéndose en algunos de sus episodios como el *boom* exportador y la reciente crisis mundial. Explora las condiciones para un crecimiento sostenible en el largo plazo y repasa las lecciones dejadas por la crisis mundial. Por otra parte examina el cociente (R+D)/PBI en varios países y regiones del mundo y el crecimiento relativo de R+D en el período 1996-2007.



Fernando Villarán, Romina Golup

Hay también información (aunque escasa) sobre el crecimiento anual de recursos humanos dedicados a la investigación por región (mostrando, en particular, el crecimiento negativo en Rusia en este aspecto). Se ofrece la misma clase de información para países de la Región mostrando la extrema debilidad de indicadores para el Perú.

En cuanto a la producción científica, se ofrecen datos desoladores para el Perú. Hay en esta parte cierta ligereza ignorando, por ejemplo, la investigación fuera de las universidades peruanas como la del Instituto Geofísico del Perú. Por otra parte, no se indica la procedencia exacta de los datos peruanos, los que en los últimos años se han estado tomando de muy diversas fuentes, con el resultado que para una misma universidad la cifra de publicaciones puede variar tremendamente según el criterio con que se escoja las revistas en que se publican los artículos.

Por otra parte no hay mención alguna a las publicaciones de peruanos fuera del país. Varios de ellos ayudan de manera efectiva y lo harán más si estimulamos su retorno cuando se jubilen.

Se remarca la puesta en marcha del FINCYT como mecanismo eficiente para alimentar la investigación en el país, pero no se advierte que este programa ha ignorado la investigación en Ciencias Duras (Matemáticas, Física y Química), excepto la que está directamente ligada a las aplicaciones, como si todas estas se generaran de por sí, ignorando que las más valiosas siempre resultan ser las que derivan de una mezcla de principios teóricos y de otras aplicaciones.

Se describe, y alaba con justicia, el ECI, los encuentros dos veces al año de científicos peruanos residentes y visitantes al que le falta únicamente el gatillo que transforme a un visitante capaz en núcleo de un proyecto que nazca y se desarrolle aquí. En cierto sentido esto podría ya ocurrir con el programa binacional de Carlos Bustamante bien descrito en este libro.

**Leticia Quiñones, Martín Uceda, Eds.: *50 Años de la Facultad de Ciencias*, UNI, Lima 2010**

Una colección de memorias de profesores, estudiantes y administrativos de la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, Perú, para recordar a la Facultad de Ciencias, la más nueva entre las facultades de esta universidad. Ella vivió dos etapas, pues fue primero establecida como Facultad de Ciencias Básicas y Nucleares, con alusión a la terrible fuerza *atómica* que decidió la guerra, atemperada por la más suave y correcta de *nuclear*. Con la atrevida visión de don Mario Samamé, la nueva Facultad de Ciencias, atraería pronto a los nuevos físicos peruanos graduados en el extranjero, a algunos jóvenes físicos extranjeros siguiendo a sus jóvenes esposas peruanas estudiando fuera del Perú y luego a algunos físicos argentinos hartos del dominio militar en las universidades de su país y luego, más planificadamente, recibiendo en su seno



un extraordinario regalo de Francia: el programa de Cooperación Francesa que duró de 1968 a 1972. La mayoría de los cooperantes franceses vinieron de Grenoble, un naciente centro industrial y científico vecino de Suiza.



Edificio de la Facultad de Ciencias

Esta Facultad parece haber tenido un nacimiento y crecimiento únicos en el Perú. Nació con el propósito de aprender a explotar la fuerza nuclear y fue ahijado de una pujante potencia mundial en plan de recuperación después de la Guerra. Tuvo bien pronto algunos jóvenes que de la mano de los franceses se iniciaron en la investigación pacífica no nuclear empezando pronto a escribir para las revistas científicas del Primer Mundo. (Leer más abajo sobre la revista francesa **CLEFS** N° 59)

**César Carranza, Rosa Cardoso, Alex Molina y Hernán Neciosup: Tópicos de Matemáticas para Formadores de Profesores de Educación Primaria, Academia Nacional de Ciencias, Perú 2010**

**César Carranza, Alex Molina: Tópicos de Geometría para Formadores de Profesores de Educación Primaria, Academia Nacional de Ciencias, Perú 2010**

Ambos textos fueron publicados por la Academia Nacional de Ciencias (Perú) con el aporte de la OEA, la PUCP, el Programa de Educación en Ciencias de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) y el Ministerio de Educación (Perú).

El propósito de estos textos es capacitar a los profesores con textos que presenten temas básicos con el debido rigor matemático. El primero, dedicado a formadores de profesores de Primaria, trae un esquema del método axiomático de las matemáticas (Conceptos y Proposiciones) como introducción a los Sistemas de Números, empezando con los Naturales y continuando con los Enteros y Racionales.



Tópicos de Matemáticas



Tópicos de Geometría

En cuanto al segundo texto, dedicado también a formadores de profesores de Primaria, explica la Geometría partiendo de conceptos primitivos y axiomas fundamentales para demostrar muchos teoremas relativos a la Recta, la Congruencia de Triángulos y la Circunferencia.

El rigor del tratamiento puede parecer exagerado para textos de este nivel, pero debe tenerse en cuenta que ellos están dirigidos a formadores de profesores.

**Observatorio Peruano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad: Percepción de los Jóvenes sobre la Ciencia y la Profesión Científica en Lima Metropolitana, Lima 2010**

Publicado por el Observatorio creado por la Organización de Estados Iberoamericanos (ver **Emergencia de la Ciencia...** más arriba) que “diseña, integra, produce información, indicadores y estudios sobre I+D+I en el Perú” (y otros países), este libro explora las preferencias estudiantiles sobre los cursos que se ofrecen en Secundaria y, por ende, sobre sus inclinaciones profesionales.



Observatorio de Ciencia, Tecnología  
Innovación y Sociedad

Una muestra: sólo el 3% de adolescentes encuestados mostró preferencia por las profesiones científicas. No hubo en este caso preferencias diferentes según el sexo. En cuanto a Ingeniería, el 24.9% de los estudiantes la prefiere, pero aquí los varones la prefieren más.

Otros aspectos específicos fueron explorados: la imagen de las Ciencia y la Tecnología, la representación de los científicos y su profesión, la valoración de los aportes científicos para la vida, los hábitos informativos sobre Ciencia y Tecnología y el entorno familiar de los jóvenes.

**Alberto Salas, R Centeno y David Tay** (Centro Internacional de la Papa, Lima,  
[www.cipotato.org/press-room/photogallery](http://www.cipotato.org/press-room/photogallery)

### ***Diversidad Andina: la Papa y sus Parientes Silvestres, Academia Nacional de Ciencias, Perú 2010***

Texto y figuras derivados de una presentación Power Point con la ayuda del OEA y la PUCP para el Segundo Curso Interamericano de Ciencias para Profesores de Educación Primaria.

Contiene diapositivas tituladas: Introducción, Historia (Consumo), Taxonomía (Filogenia de especies cultivadas, Rango de expansión geográfica, Rutas de expansión), Diversidad (Distribución geográfica, Especies silvestres), Biodiversidad de las especies nativas, Valor nutritivo (Post cosecha, Anticancerígeno?, Uso de la biodiversidad, Evaluación de micronutrientes, Mejoramiento genético, Hojuelas fritas, Chucho), Camote, Arracacha, Achira, Ullucu, Maca, Yacón, Mauca, Oca, Mashua, Kanihua, Quinua, Chocho, Kiwicha.



A Salas, R Centeno y D Tay

### **Richard A Muller: *Physics for Future Presidents* (La Ciencia detrás de los Titulares), Norton, Nueva York 2008**

Escrito antes de la elección del presidente Obama. En general no discutimos en el Perú la clase de proyectos que se consideran en los Estados Unidos. Somos un país mucho más pequeño, pero ¡cuidado! hay capítulos sobre la Energía, el Espacio, el Calentamiento Global que nos pueden ser muy ilustrativos.

Muller ([muller.lbl.gov](http://muller.lbl.gov)), profesor de la Universidad de California (Berkeley)), es físico del espacio, pero ha escrito bastante para el ciudadano de a pié.



Richard A Muller y amigos

(“Está usted en un ascensor cuando el cable súbitamente se rompe. Mientras anticipa la muerte, trata usted de gozar con la fascinante sensación de no tener peso mientras el ascensor y usted caen juntos. Usted flota dentro del ascensor...”).

Muller tiene otra versión llamada *Physics and Technology for Future Presidents*, Princeton University Press, 2010 (ver Prefacio en

[press.princeton.edu/chapters/p9226.pdf](http://press.princeton.edu/chapters/p9226.pdf)) y un nuevo libro, *The Instant Physicist*. (Norton, 2011, un actual *bestseller*). Perteneció al Berkeley Earth Team,

[www.berkeley.earth.org/study](http://www.berkeley.earth.org/study), un grupo que evalúa el calentamiento global. Ver la lista de publicaciones del Prof. Muller y otras de sus importantes actividades en su citado web.

La foto adjunta da fe de su gran espíritu aventurero.

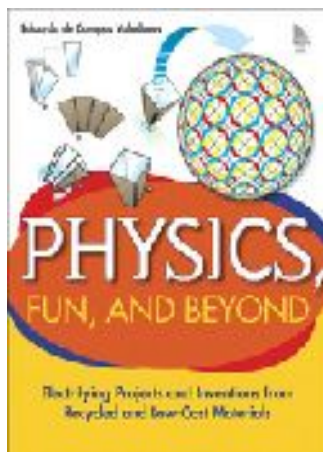
**Eduardo de Campos Valadares: *Physics, Fun and Beyond*** (Proyectos e Invenciones Electrificantes a partir de Materiales Reciclados y de Bajo Costo) **Prentice Hall, Upper Saddle River NJ 2006.**

(Ver este libro y otros parecidos en

[books.google.com/books?vid=ISBN0131856731](http://books.google.com/books?vid=ISBN0131856731))

Traducción del portugués (*Física mais que divertida*) al inglés conteniendo 50 experimentos más. (En alemán, *Spaß mit Physik*). El autor recibió su doctorado en Física del Centro Brasileño de Investigaciones Físicas en Río de Janeiro. Trabaja actualmente en la Universidad Federal de Minas Gerais, siendo especialista de la Física de Materia Condensada y entusiasta educador y popularizador de las Ciencias. Es el presidente de la Fundación de la Juventud para las Ciencias en el Brasil. Es también autor de otro libro de experimentos físicos: *Isaac Newton*, Odysseus, 2003)

La mayoría de los experimentos necesitan de herramientas y materiales caseros. Muchos de ellos son bastante conocidos, pero otros son muy novedosos. En principio pueden ser hechos por un solo estudiante en casa, pero se recomienda hacerlos en parques y plazas públicas para



Eduardo de Campos Valadares

repetición individual por los mirones en casa y luego en otros parques y plazas, etc. si posible actuando en grupo. La mayoría de los experimentos pueden ser efectuados por chicos de 10 a 14 años, pero con un supervisor cerca. Los más pequeños son muy creativos. Eduardo piensa que el mundo actual (la web, por ejemplo) ofrece multitud de medios pero pocas oportunidades de definir nuestras propias metas, de realizar nuestros sueños. Si descubrimos lo que realmente queremos, lo que nos da placer, lo que satisface nuestras profundas necesidades, podemos entonces usar los increíbles recursos que tenemos disponibles de manera de sentirnos orgullosos de hacer algo único. ¡Una manera de sentirse brasileños en el momento actual!

Buscar otros libros y trabajos de Eduardo en [www.google.com/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Eduardo+de+Campos+Valadares%22](http://www.google.com/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Eduardo+de+Campos+Valadares%22)

La presente obra es la segunda edición (2005) de una primera basada en un ciclo de conferencias dictadas por el autor en 1979 con motivo del centenario del nacimiento de Einstein. Sus tópicos van de la radiación de cuerpo negro por la distribución de Planck, la mecánica estadística, los cuantos de luz a la extensión de la teoría de los cuantos a cuerpos materiales.

**Leopoldo García-Colín S y Patricia Goldstein Menache: *La Física de los Procesos Irreversibles*, Tomos 1 y 2, El Colegio Nacional, México DF 2003**

Boltzman generó la primera teoría impecable de los procesos irreversibles (1872) como fruto del trabajo previo de Thomson, Clausius y Maxwell. El tomo 1 culmina con la solución de la ecuación de Boltzman por el método de Grad. El tomo 2 empieza con la hidrodinámica de orden superior y llega a la termodinámica irreversible relativista. La obra contiene problemas propuestos, referencias en cada capítulo y un índice analítico al final.

García-Colín fue también investigador en el Centro Nuclear de Salazar, subdirector de Investigación Básica de Procesos del Instituto Mexicano del Petróleo, investigador del Instituto de Investigación de Materiales de la UNAM.

Para la bibliografía de García-Colín entrar al Colegio Nacional

[www.colegionacional.org.mx/](http://www.colegionacional.org.mx/) y luego, a Miembros/G. Para una corta biografía ver [www.revista.unam.mx/vol.2/num2/sembla1/](http://www.revista.unam.mx/vol.2/num2/sembla1/)



**Leopoldo García-Colín S: *La Naturaleza Estadística de la Teoría de los Cuantos* El Colegio Nacional, México DF 1985**



Leopoldo García-Colín

Éste y el anterior libro son fruto de la inquietud docente de García-Colín ([lqcs@xanum.uam.mx](mailto:lqcs@xanum.uam.mx)) un notable físico teórico mexicano, conocido por la claridad y contundencia de su exposición, así como por la excelencia de su investigación en Mecánica Estadística. Miembro del Colegio Nacional de México, Jefe del Departamento de Física y Química de la Universidad Autónoma Metropolitana, se doctoró en la Universidad de Maryland, EU, donde luego fue investigador asociado en el Instituto de Matemáticas y Dinámica de Fluidos.

## Revistas y Otros

**Nivalde J de Castro, Org**

***V SISSE Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica***

**Fundação Alexandre de Gusmao, Brasília 2011**

Colección de presentaciones para adquirir consensos:

- 1 De Castro: *El Papel de Brasil en el Proceso de Integración del Sector Eléctrico de Sudamérica:*
- 2 Luyo: *Reformas de Tercera Generación para la Integración Energética en América Latina*
- 3 De Castro, Rosental, Ferreira Gomes: *La Integración del Sector Eléctrico en América del Sur*
- 4 Klagsbrunn, *Processo de Desenvolvimento Economico e as Empresas do Setor de Energia Elétrica*
- 5 Gutiérrez Gómez, *El Sector Eléctrico Colombiano*
- 6 Crespo Fernández, *Apuntes sobre el Funcionamiento del Sector Eléctrico Mayorista del Sistema Interconectado en Bolivia*

- 7 Aliaga y Zamora, *Perspectivas de la Hidroelectricidad en Bolivia: Caso de Estudio de la Hidroeléctrica de Miguillas*
- 8 De Castro, Brandao e Dantas, *Considerações sobre Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro*



Nivalde J de Castro

- 9 Vieira da Silva, *Contratação de Energia Elétrica. Aspectos Regulatórios e Econômicos no Brasil*
- 10 Dantas de Macedo, *Energia Elétrica Renovável: Comportamento e Evolução no Brasil*
- 11 De Castro y Bustamante, *Desarrollo Hidroeléctrico en el Perú: Perspectivas*
- 12 Luyo, *Implicancias de la Interconexión Eléctrica Perú-Brasil en la Matriz Eléctrica Peruana*
- 13 Koc Rueda y Alejos García, *Proyección de la Matriz Energética Peruana al 2030*
- 14 Del Rosario y Jiménez, *La Matriz Energética: el Reto del Cambio*
- 15 Antúnez de Manolo, *Las Interconexiones Eléctricas Internacionales en la Mejora de la Utilización de los Recursos Energéticos Hidráulicos y Térmicos en el Perú*

## **BOLETÍN DE LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS Número Extraordinario: Diciembre 2010**

Seminario Taller: *La Amazonía Peruana*

Colección de presentaciones:

Arocena: *Dinámica Demográfica de las Comunidades Indígenas*

Roca: *El Aporte de la Etnobotánica de la Amazonía al Conocimiento Científico*

Bernex: *Geopolítica y Amazonía*

Campos: *Plan Estratégico del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana al 2021*

Bernex: *Conclusiones y Recomendaciones*

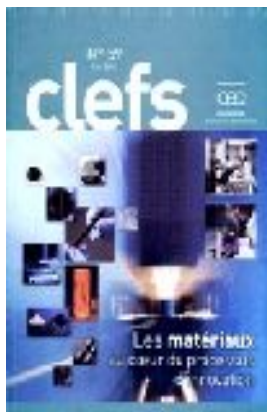


Gustavo F Gonzáles, Organizador

### **CLEFS N° 59 Verano 2010, Revista del Comisariato de Energía Atómica de Francia (CEA)**

*Los Materiales en el Corazón del Proceso de Innovación en:*

- I la Industria Nuclear,*
- II las Nuevas Tecnologías Energéticas*
- III las Tecnologías de la Información y la Salud*



CLEFS N° 59

- I** Comprendiendo: los materiales combustibles de reactores de agua ligera, la modelización multiescalar de materiales, la elaboración de vidrios nucleares y la microscopía de fuerza atómica
- II** Como sucede con: el reactor con combustible PEMFC, la producción de hidrógeno, los nuevos acumuladores, el almacenamiento robusto para el hidrógeno, la energía fotovoltaica y los nanomateriales y la matriz de riesgo
- III** Refiriéndose, entre otros, a: el diamante en la fabricación de captosres y transductores, las películas delgadas nanoestructuradas para las técnicas Sol-Gel, los nanotubos y materiales bidimensionales para la microelectrónica, los substratos y materiales de la miniaturización, los

materiales integrados para las nuevas funciones de radiofrecuencia, la funcionalidad de superficies de la electrónica orgánica, los nuevos materiales de valor agregado.

Contiene una lista de instituciones y organismos con descripción de lo que hacen este campo y un glosario extenso para el mismo.

Esta información puede ser útil para la programación de la III Conferencia Internacional de Espectroscopía y Escuela Andina de Espectroscopía para el Desarrollo (SPECTRA) a ser organizada por la Puya Raimondi y varias universidades peruanas en Lima en 2012. La Puya fue fundada por un grupo francés liderado por François Piuzzi y Bernard Bigot entre otros. Se espera las sugerencias de los colegas peruanos.



François Piuzzi

Los Drs. François Piuzzi y Bernard Bigot fueron Cooperantes de la Facultad de Ciencias de la UNI, alrededor de 1980, dentro del Programa de Cooperación con Francia, cuya generosidad permitió a la UNI entrenar alrededor de 40 nuevos profesores e investigadores en dicho país al



Bernard Bigot

mismo tiempo que incrementar el equipo y proporcionar materiales como helio líquido traído en avión para evitar su evaporación antes de su uso, mucho antes que Telefónica surtiera su estación de Lurín con el mismo propósito.

El Dr. Bigot es hoy Administrador General del CEA, el organismo rector de la investigación nuclear en Francia. El Dr. Piuze es Investigador CEA en el Laboratorio Francis Perrin (Estructuras Biomoleculares) en Saclay, París

### **Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change Assessments Inter Academy Council, October 2010**

El Consejo Inter Académico (IAC) que congrega a las Academias de Ciencias del mundo, fue creado para producir informes sobre asuntos científicos, tecnológicos y de salud relacionados con los grandes cambios globales de nuestro tiempo. En Marzo 2010 el IAC recibió un pedido de las Naciones Unidas para revisar los procesos y procedimientos seguidos por el Panel Inter gubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). El resultado de este pedido es el presente informe que consta de las siguientes partes:



Consejo InterAcadémico

#### *Sumario Ejecutivo*

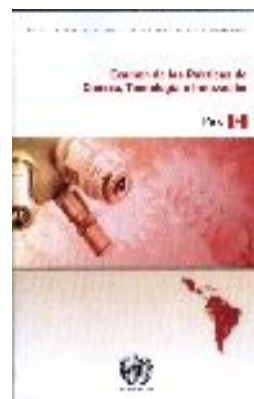
- 1 *Introducción*
- 2 *Evaluación del proceso seguido por el IPCC*
- 3 *Evaluación efectuada por el IPCC sobre la evidencia y el tratamiento de incertidumbres*
- 4 *Gobernabilidad y gerencia*
- 5 *Conclusiones*

**UNCTAD, Examen de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: Perú Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Ginebra 2011** (En inglés: *Public policies for innovation: promoting Peruvian trade and competitiveness*)

[www.unctad.org/templates/Page.asp?intItemID=5463&lang=1](http://www.unctad.org/templates/Page.asp?intItemID=5463&lang=1)

Preparado por la conferencia permanente de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo, tuvo su presentación y discusión en La Cámara de Comercio de Lima, Octubre 2011. Su contenido en síntesis:

- I Contexto General de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en la Economía del Perú
  - II El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
  - III El Sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación
  - IV La Biotecnología
  - V La Nanotecnología
  - VI Conclusiones y Recomendaciones Clave
- Bibliografía



UNCTAD

*Anexo A: Desarrollo y Limitaciones del Enfoque de Sistemas de Innovación Nacional*

*Anexo B: Sistemas de Innovación Regional*

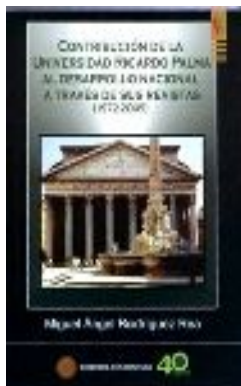
*Anexo C: Estudio de la Producción Científica Peruana 2003-2009*

*Anexo D: Políticas Nacionales relativas a CTI*

*Anexo E: La Nanotecnología en América Latina. Los ejemplos de Argentina y Brasil*

**Miguel Ángel Rodríguez; Contribución de la Universidad Ricardo Palma al Desarrollo Nacional a través de sus Revistas (1972-2009)**  
**Editorial Universitaria (URP), Lima 2011**

Este macizo catálogo de artículos pertenecientes a diversas disciplinas en unas 30 publicaciones periódicas de esta Universidad, contiene 613 páginas con más de 3000 registros ordenados alfabéticamente por Autor. Cada registro indica un brevísimo sumario



Miguel Ángel Rodríguez, Editor

**Miguel Ángel Rodríguez, Editor: *Catálogo de Publicaciones 2009* Editorial Universitaria (URP), Lima 2009**

Esta colección de rico contenido está dividida en las siguientes secciones:

*Textos de Consulta (Administración... Teatro)*

*Textos Universitarios (Administración... Psicología)*



Miguel Ángel Rodríguez, Editor

*Biblioteca de Derecho Penal*

*Biblioteca Palmista*

*Colección Prisma*

*Colección Realidad Nacional*

*Ediciones Especiales*

*Homenajes*

*Serie Ficciones*

*Obras Completas de Ricardo Palma*

*Obras Esenciales de Francisco Miró Quesada C*

**Víctor Peña et al, *La Producción Científica de San Marcos Vol. 2 (2002-2010)*, Fondo Editorial UNMSM, Lima 2011**

Contiene resúmenes de todos los artículos de



Víctor Peña y otros

investigación publicados por los profesores sanmarquinos residentes en el Perú en revistas indexadas ([science.thomsonreuters.com/mjl/](http://science.thomsonreuters.com/mjl/)) dentro del período indicado. (Ver *La Ciencia*, primer artículo en este número de DEBATES, para una descripción del *juicio de pares* como mecanismo de construcción de la Ciencia artículo por artículo, evitando repeticiones y usando estrictamente los postulados de la Ciencia y la Lógica Aristotélica). Este volumen es el segundo que publica San Marcos en su nueva serie de revistas indexadas. Aparecen sólo resúmenes de los artículos. Los artículos completos y recientes pueden ser obtenidos con suerte de sus autores por el correo, en papel, o por Internet. Normalmente dichos artículos deben ser comprados de la revista que los publicó.

No tenemos aún una revista indexada producida en el país. Pero los científicos peruanos (los que trabajan en el país y los que están en el extranjero) publican en las revistas indexadas del mundo civilizado en una cantidad que todavía es pequeña comparada con la producción de Brasil, Argentina, Chile, Venezuela y Colombia, para nombrar sólo países sudamericanos.

El Banco Central de Reserva publicó *La Investigación Científica y Tecnológica en el Perú* ([www.bcrp.gob.pe/proyeccion-institucional/labor-editorial/ciencias-derecho-varios.html](http://www.bcrp.gob.pe/proyeccion-institucional/labor-editorial/ciencias-derecho-varios.html)) en 2003 en 3 volúmenes. El Vol III: contiene los títulos de artículos en Matemáticas, Física y Química, de peruanos residentes escritos antes de esa fecha.

Ver, a continuación, el comentario sobre el último informe de la UNESCO relativo al estado actual de la Ciencia en el Mundo.





El estado actual de la Ciencia en el Mundo

Tenemos a la vista sólo el Resumen de 32 páginas de este informe organizado por H Hollanders y L Soete, autores del capítulo inicial sobre la Importancia Creciente del Conocimiento para la Economía Mundial. Le siguen capítulos por otros autores sobre 20 países y regiones. El capítulo sobre América Latina está escrito por Mario Albornoz, Mariano Matos Macedo y Claudio Alfaraz. Hay además, por otros autores, capítulos especiales para Brasil y Cuba.



Hollanders y Soete hacen notar que el período 1996-2007 fue el de *más rápido crecimiento económico de la Historia* y que los motores de él fue-ron *las nuevas tecnologías digitales y la aparición de un cierto número de grandes países*. Explican luego las causas de este crecimiento (el acceso fácil y barato a nuevas tecnologías digitales, la recuperación de la economía y la inversión en conocimientos) y de su fin (la recesión global).

Un gráfico polar interesante es el de la especialización científica del grupo BRIC (Brasil, Rusia, India y Canadá) y el África (mostrando, este último, una buena producción en Biología).

Indican, por otra parte, que el Science Citation Index (SCI) de Thomson Reuters (usado por el llamado Ranking Chino) es el indicador más comúnmente utilizado de la producción científica.

El Resumen se puede descargar gratis de [unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883s.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883s.pdf)

El informe completo tiene 536 páginas, existe solamente en inglés y cuesta 29 euros, pero se puede descargar también gratis de [www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc\\_usr10\\_la\\_EN-pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_usr10_la_EN-pdf)

### RESEÑA DE LOS AUTORES

**Víctor Latorre** es profesor en la Escuela de Post Grado y Director del Instituto de Ciencia y Tecnología en la Universidad Ricardo Palma en Lima. Fundó la Sociedad Peruana de Física y es miembro de la Academia Nacional de Ciencias y profesor emérito en la Universidad Nacional de Ingeniería, fue miembro latinoamericano del Consejo Científico del Centro Internacional de Física Teórica de las Naciones Unidas en Trieste (ICTP), Italia, y Presidente del Consejo del Centro Latinoamericano de Física en Río de Janeiro. Fundó y dirigió por 19 años la Escuela de Primavera Multiciencias, un programa andino de entrenamiento de profesores universitarios e investigadores de Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú bajo científicos investigadores de Europa, EU, Brasil y Argentina en Urubamba, Cusco, con patrocinio del ICTP y de España. Ver otros datos en la pág. 31.

**Renzo Bustamante** nació en Lima en 1984. Recibió el título de ingeniero electrónico de la Universidad Ricardo Palma (Lima-Perú) en 2009. Llevó un curso de post grado en la Universidad Federal de Río de Janeiro 2009-2010 en Análisis Económico del Sector Eléctrico - Integración Energética América Latina. Investiga circuitos, sistemas digitales, sonares, planeamiento energético y mercados eléctricos. Actualmente es docente e investigador en la Universidad Ricardo Palma.

**Sidney Altman** y **Frank Wilczek** ganaron el Premio Nobel de Física en 1989 y 2004 respectivamente. **Michael F Atiyah** ganó la medalla Fields (el equivalente al Nóbel para los matemáticos) en 1966. Ver muchos más datos sobre ellos al pie de sus artículos en el presente número de esta revista.

*Grandes oportunidades de entrenamiento y  
contactos con el exterior en el*

## **CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA TEÓRICA DE TRIESTE (ICTP)**

Organismo de las Naciones Unidas sostenido  
por la UNESCO y el Gobierno Italiano

El ICTP fue fundado y dirigido por el Prof. Abdus Salam, físico teórico pakistaní ganador del Premio Nobel de Física en 1979 (compartido con los Prof. Sheldon Glashow y Steven Weinberg) por la unificación de las fuerzas electromagnéticas (la electricidad y el magnetismo) con las fuerzas débiles (las que provocan la radioactividad). Las otras fuerzas son las nucleares y las gravitatorias. Estas son las cuatro fuerzas actualmente reconocidas. Lo que descubrieron tales físicos es que hace mucho, mucho tiempo, habían sólo tres variedades de fuerzas: nucleares, gravitatorias y electrodébiles. Estas últimas se desdoblaron en electromagnéticas y débiles, algo que se sospechaba, pero que Salam y sus colegas probaron recién en los años anteriores a 1979.

Lamentablemente Salam, quien recibió gran apoyo de las Naciones Unidas y el Gobierno Italiano para fundar y sostener el ICTP, dejó de existir en 1996. Actualmente el Centro está dirigido por un distinguido latinoamericano, el Prof. Fernando Quevedo, quien nació en Guatemala y trabajó en la Universidad de Cambridge (en el mismo departamento que el Prof. Hawking, el hombre de los huecos negros).

Ver [www.ictp.it/scientific-calendar.aspx](http://www.ictp.it/scientific-calendar.aspx) para examinar el programa detallado de cursos, talleres, conferencias y otros eventos en Física, Matemáticas y otras especialidades relacionadas con la Física que se realizarán de aquí a fin de año. Si tiene interés, habla entendible inglés (que es el idioma oficial de los cursos) y es alumno de la URP escribiendo tesis relacionada con el contenido de alguno de los cursos, dirigirse al Dr. Víctor Latorre ([latorre.victor5@gmail.com](mailto:latorre.victor5@gmail.com)) para recibir mayor información sobre las becas del ICTP que son cortas (de una semana a dos meses de duración con viaje de ida y estadía pagados). Bajo ciertas condiciones puede ser factible

atender solicitudes de licenciados y maestristas de otras instituciones.

Aparte de los cursos, otro atractivo del Centro es la posibilidad de contacto con los profesores de ellos, distinguidos científicos de muchas universidades del mundo que estarán



Abdus Salam

siempre dispuestos a informar y ayudar de otras maneras también, como sugerir programas de estudio avanzado en sus propias instituciones. Pueden también interesarse en venir al Perú a dictar cursos u organizar seminarios con ayuda del ICTP y visitar después Machu Picchu con ayuda de la institución peruana que organice la actividad (entre 1981 y 1999 vinieron de esa manera no menos de 200 científicos de Europa, Estados Unidos, México, Brasil y Argentina al Perú). Algunos de ellos sirvieron de consultores de instituciones peruanas ayudando a organizar nuevos programas de estudio o de investigación. Ver [www.ictp.it/programmes.aspx](http://www.ictp.it/programmes.aspx) para otras oportunidades de entrenamiento.

La biblioteca del Centro ofrece grandes posibilidades para búsquedas en Ciencias, Ciencias Aplicadas e Ingeniería y varias especialidades de Ingeniería. Esto puede ser de particular interés para quienes estén escribiendo tesis de licenciatura o de maestría o deseen reforzar cursos que estén dictando.





ICT

Instituto de Ciencia y Tecnología



Universidad  
**Ricardo Palma**

Formamos seres humanos con  
valores culturales del Perú



ADQUIÉRALOS EN LIBRERÍA URP