



Espacio Interdisciplinario  
Universidad de la República  
Uruguay

# en\_clave inter trayectorias

# en\_clave inter 2011 Trayectorias



**Espacio Interdisciplinario**  
Universidad de la República  
Uruguay

En\_clave Inter 2011. Trayectorias  
Actas del ciclo En\_clave inter del Espacio Interdisciplinario realizado en el mes de noviembre de 2011.

Publicación coordinada y compilada por la Unidad Académica del Espacio Interdisciplinario: Ximena Aguiar Paula Cruz, Mariana González, Lorena Repetto, Bianca Vienni

Edición: Ximena Aguiar, Lorena Repetto, Bianca Vienni  
Diseño: Paula Cruz, Andrea Lorigo

Primera edición, agosto 2012, 1000 ejemplares  
ISBN 978-9974-0-0863-2  
ISSN 978-9974-0-0863-3  
Contiene CD, AGADU 5315-2

© Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República

Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República  
José Enrique Rodó 1843  
11200 Montevideo Uruguay  
ei@ei.udelar.edu.uy

Imprenta: Zonalibro S.A.  
San Martín 2437

Audiovisual  
Producción Audiovisual: Área de Cultura. Bienestar Universitario  
Primera cámara y edición: Antonio Díaz  
Segunda cámara: Diego Seferian y Evangelina Galiano  
Producción: Marita Fornaro  
Duración 32 min

Distribución general:  
Espacio Interdisciplinario

Las opiniones vertidas corren por cuenta de los autores

## PRESENTACIÓN

El Seminario En\_Clave Inter es un foro de discusión e intercambio sobre las múltiples aristas y especificidades de la interdisciplina, las metodologías y el conocimiento científico; potenciando la comunicación entre los grupos de trabajo. Este seminario es parte fundamental de las actividades que desarrolla el Espacio Interdisciplinario (EI) de la Universidad de la República (UDELAR) con el objetivo de promover vínculos entre los grupos que trabajan interdisciplinariamente en nuestra casa de estudios.

En su tercera edición, el Seminario En\_Clave buscó ofrecer insumos para avanzar en la reflexión sobre la interdisciplina y su quehacer en la UDELAR. Las actividades programadas tuvieron la modalidad de mesas redondas, videoconferencias y talleres de discusión con la participación de referentes académicos e invitados internacionales.

Asimismo se organizó un ciclo de videoconferencias con los Centros Universitarios del interior del país con el objetivo de estrechar vínculos y tender puentes para el trabajo en líneas comunes. En la primera videoconferencia se relevaron las experiencias interdisciplinarias de las diversas sedes y se compartió un ámbito de reflexión acerca de esas prácticas.

En una segunda instancia se propuso un intercambio

sobre los programas del EI y los temas que fueron tratados en el seminario.

Como en sus ediciones anteriores, las ponencias, los documentos de trabajo utilizados durante los talleres así como los que resultaron de éstos, son reunidos en esta publicación que quiere dar continuidad a la producción en materia interdisciplinaria en la UDELAR.

### **Agradecimientos**

Agradecemos especialmente a: Enrique Lessa, Catherine Lyall, Jean Claude Perez, Carmelo Felice, Marita Urquhart, Luis Bértola, Liliana Carmona, Ana Meikle, Alejandro Chabalgoity, Gregory Randall, Alicia Fernández, Leticia Britos, Mónica Lladó, Judith Sutz, Felipe Arocena, Álvaro Sahonero, Lindsey Cordery, Verónica Díaz, Daniel González, Agustín Cano, Antonio Díaz, Escuela Universitaria de Música, María José Aguiar, Carlos Correa de Paiva, María José Badano, Leticia Benia, Andrea Brassesco, Chiara Daniele, Denise Girard, Mayra Hernández, Alice Méndez, Virginia Aguiar, Tamara Cabrera, María Inés Curutchet, Irene Kamaid, Liliana Morales, Virginia Piria, María Podestá, Malena Rivarola y a quienes asistieron a estas tres intensas jornadas.

**Unidad Académica  
Febrero 2010**





en\_clave inter  
2011



**ÍNDICE**

---

**PRESENTACIÓN 3**

**ÍNDICE 7**

---

**CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS**

C

**ÍNDICE 11**

**PRESENTACIÓN 13**

**ENRIQUE LESSA 15**

INTERACCIÓN ENTRE DISCIPLINAS: EJEMPLOS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

**CATHERINE LYALL 25**

INTERDISCIPLINARY RESEARCH JOURNEYS: PROMOTING AND ASSESSING  
INTERDISCIPLINARY RESEARCH AND KNOWLEDGE EXCHANGE

**CARMELO FELICE 31**

EL POTENCIAL TECNOLÓGICO DE LA CIENCIA URUGUAYA (O CÓMO GENERAR  
RIQUEZAS A PARTIR DE LA CIENCIA)

**JEAN CLAUDE PEREZ 43**

CAMINOS INTERDISCIPLINARIOS: 40 AÑOS DE RECORRIDO EN EL MUNDO DE LA  
INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

---

**MESA REDONDA:  
INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS**

MR

**ÍNDICE 55**

**PRESENTACIÓN 57**

**LILIANA CARMONA 59**

INTERDISCIPLINA DESDE LA HISTORIA DE LA ARQUITECTURA

**MARITA FORNARO 65**

MUSICOLOGÍA E INTERDISCIPLINA EN URUGUAY: DESDE LA EPISTEMOLOGÍA A LA  
CIENCIA APLICADA

## ÍNDICE

---

- 77 ANA MEIKLE, DANIEL CAVESTANY, MARIANA CARRIQUIRY, LOURDES ADRIEN, VIRGINIA ARTEGOITIA, ISABEL PEREIRA, GRETTEL RUPRECHTER, PAULA PESSINA, GONZALO RAMA, ANDREA FERNÁNDEZ, MARTÍN BREIJO, DANIEL LABORDE, OTTO PRITSCH, JUAN MANUEL RAMOS, ELENA DE TORRES, PAULA NICOLINI, ALEJANDRO MENDOZA, JOAQUÍN DUTOUR, MAITE FAJARDO, ANA LAURA ASTESSIANO, LAURA OLAZÁBAL, DIEGO MATTIAUDA, PABLO CHILIBROSTE**  
AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LA VACA LECHERA DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN EN URUGUAY: UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO
- 89 ALICIA FERNÁNDEZ Y GREGORY RANDALL**  
SENSIBILIZAR Y FORMAR PARA EL ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO, LA EXPERIENCIA DEL GRUPO DE TRATAMIENTO DE IMÁGENES
- 97 LUIS BÉRTOLA**  
DESGRABACIÓN DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA POR LUIS BÉRTOLA COMO PANELISTA DE LA MESA REDONDA.
- 101 ALEJANDRO CHABALGOITY**  
DESGRABACIÓN DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA POR ALEJANDRO CHABALGOITY COMO PANELISTA DE LA MESA REDONDA.
- 

### TD

#### TALLERES DE DISCUSIÓN

- 105 ÍNDICE**
- 107 PRESENTACIÓN**
- 109 INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS**
- 113 ÁNGULOS Y ÁMBITOS DE LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA**
- 

### TI

#### TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

- 117 ÍNDICE**
- 119 PRESENTACIÓN**
- 121 LETICIA BRITOS**  
TALLER DESIGN THINKING, UN PROCESO PARA LA INNOVACIÓN

## ÍNDICE

---

**MÓNICA LLADÓ** 125  
LO INTERDISCIPLINARIO: TRADUCCIONES, ESCENARIOS Y PASIONES

---

**TRAYECTORIAS MUSICALES** 131

TM

**PRESENTACIÓN** 133

**MARITA FORNARO, CARLOS CORREA, MA. JOSÉ AGUIAR** 135  
TRAYECTORIAS MUSICALES

PROGRAMA 139



## CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

---

**ENRIQUE LESSA**

INTERACCIONES ENTRE DISCIPLINAS: EJEMPLOS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS



**CATHERINE LYALL**

INTERDISCIPLINARY RESEARCH JOURNEYS: PROMOTING AND ASSESING  
INTERDISCIPLINARY RESEARCH AND KNOWLEDGE EXCHANGE

**CARMELO FELICE**

EL POTENCIAL TECNOLÓGICO DE LA CIENCIA URUGUAYA (O CÓMO GENERAR  
RIQUEZAS A PARTIR DE LA CIENCIA)

**JEAN CLAUDE PEREZ**

CAMINOS INTERDISCIPLINARIOS: 40 AÑOS DE RECORRIDO EN EL MUNDO DE  
LA INVESTIGACIÓN



## CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

### PRESENTACIÓN

Entre los objetivos dispuestos para el Seminario En\_Clave Inter del año 2011 se buscó brindar insumos sobre las diversas aristas de la interdisciplina. Para ello, se invitó a académicos de diferentes procedencias que desde sus perspectivas y trayectorias lograron delinear algunos ejes del trabajo interdisciplinario y de las potencialidades que posee. Estas conferencias, que tuvieron lugar en diferentes momentos del seminario y abrieron espacios de discusión y reflexión posteriores, fueron pensadas en relación con algunas preocupaciones sobre la temática interdisciplinaria que permean a casi todos los colectivos universitarios.

En este capítulo se recogen aspectos tales como la interacción entre las disciplinas como recorrido para llegar a la interdisciplina, los caminos interdisciplinarios en la vida de un investigador, el intercambio de conocimiento en la promoción y evaluación de la investigación interdisciplinaria y el potencial de la ciencia en términos tecnológicos.

En la conferencia inaugural se contó con la participación del Dr. Enrique Lessa, ex-director del PEDECIBA y Profesor Titular de Evolución de la Facultad de Ciencias. Su conferencia examinó las distintas formas de interacción entre disciplinas, utilizando ejemplos de la ciencia y su historia.

Por su parte, la Dra. Catherine Lyall partió de la premisa que la evaluación juega un papel fundamental para facilitar u obstaculizar la investigación interdisciplinaria. Catherine Lyall es directora del Centro INNOGEN de la Universidad de Edimburgo (Reino Unido) y Decana Asociada de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la misma Universidad. Posee una licenciatura con honores en Ciencias Químicas por la Universidad de Aberdeen y una maestría en Política Científica y Tecnológica (Universidad de Sussex). Realizó su tesis doctoral sobre el impacto en Escocia del proceso de formulación de políticas para la ciencia y la innovación. Actualmente, es investigadora en Ciencia Política y ha oficiado como evaluadora de proyectos y actividades

interdisciplinarios.

En su conferencia, se plantearon algunas de las diferentes formas que puede tomar la investigación interdisciplinaria. Se ofrecieron sugerencias prácticas para juzgar el trabajo interdisciplinario (sobre todo cuando está en competencia con la investigación de una sola disciplina), la mejora de los procesos de evaluación interdisciplinaria y una nueva visión de la interdisciplinaria.

Por su parte, Jean Claude Perez, quien es doctor por la Universidad de Bourdeaux (Francia) y científico francés independiente, detalló su trayectoria académica como investigador interdisciplinario. Perez trabajó con IBM en el área de la Biomatemática e Inteligencia Artificial, investigó sobre el "Caos Fractal" de la red neuronal y sobre la memoria holográfica como «deja vu» o detector de novedad. En 1990, Perez publicó una investigación que muestra fuertes vínculos entre los mundos de los fractales y los números de Fibonacci.

Su conferencia dio cuenta de las investigaciones interdisciplinarias que ha llevado a cabo en diversas temáticas, tales como la electrónica, la informática, la inteligencia artificial (redes neuronales) y las matemáticas, las que lo llevan a interesarse por descifrar el ADN. Su investigación en Biomatemática derivó en el estudio de la influencia que desempeñan los números de Fibonacci y «el número de oro» en la organización de todas las secuencias de ADN, genes y genomas.

Por último, se invitó al Dr. Carmelo Felice quien es ingeniero electrónico y doctor en Bioingeniería, egresado de la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), profesor titular e investigador adjunto del CONICET (Argentina).

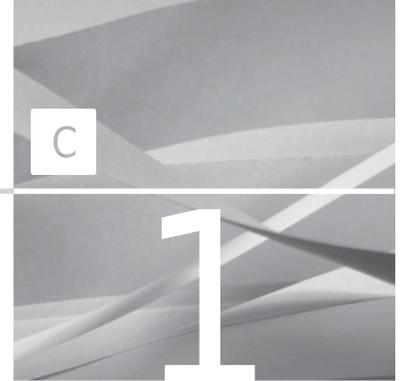
Felice realizó un análisis sobre la capacidad científica y tecnológica de Uruguay, en el entendido de que países con población y áreas geográficas similares poseen productividades científicas y de patentes superiores. Según Felice, alcanzar esos valores es una alternativa posible, pues nuestro país posee una alta tasa de

alfabetización capaz de adoptar como propia una meta de esta naturaleza.

En síntesis, estas conferencias aportaron a la reflexión en torno a la interdisciplina desde diversas aristas, buscando abrir nuevas aproximaciones para su promoción.

**CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS****Enrique Lessa**

Ex-director del PEDECIBA y Profesor Titular de Evolución de la Facultad de Ciencias.

**INTERACCIÓN ENTRE DISCIPLINAS: EJEMPLOS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS****Resumen**

La conferencia examinó distintas formas de interacción entre disciplinas, utilizando ejemplos de la ciencia y su historia. La pregunta de fondo es si podemos distinguir la investigación propiamente interdisciplinaria de un conjunto mucho más amplio de interacciones entre disciplinas, que incluyen: (1) la simple adopción de técnicas tomadas de otras disciplinas y su importación a

una disciplina particular; (2) el desarrollo de un campo (llamémosle subdisciplina, sin mayores pretensiones) dentro de una disciplina en base, fundamentalmente, al abordaje de sus problemas con las herramientas de otra u otras disciplinas; del surgimiento y desarrollo de verdaderos campos de trabajo colaborativo en los que dos o más disciplinas son necesarias para avanzar y su eventual "normalización".

## Introducción

La conferencia toma ejemplos de la historia de las ciencias básicas para reflexionar sobre si es posible distinguir la investigación propiamente interdisciplinaria de un conjunto mucho más amplio de interacciones entre disciplinas.

El primer ejemplo viene de la genética y desemboca en el descubrimiento de la estructura del ADN y el código genético universal. En este ejemplo cumple un papel importante una metodología externa a la genética: la cristalografía.

El segundo ejemplo es el desarrollo de la genética de poblaciones, en el cual la matemática desempeña un rol significativo.

## La estructura del ADN

Todos sabemos que Gregor Mendel, un monje del siglo XIX, sentó las bases de la genética con sus experimentos en base a cultivos de arvejas; menos conocida es su formación científica, incluyendo la Astronomía, que seguramente cumplió un papel importante en su trabajo. Mendel fue un adelantado.

Las llamadas leyes de Mendel fueron, ya no rechazadas, sino simplemente ignoradas por sus contemporáneos, que no las percibieron como contribuciones importantes. Sus leyes y, más en general, su abordaje de los problemas de la herencia, fueron redescubiertos a principios del siglo XX. El problema fundamental es que hay algo que se ve y algo necesario, hipotético, para dar cuenta de lo que se ve, pero que no es observable directamente. Lo que se ve son los colores u otras características de las arvejas, por ejemplo. Lo interesante es que Mendel desarrolló un modelo que postula la existencia de unas partículas hipotéticas, que llamamos genes, transmisibles de ancestros a descendientes, que dan cuenta de las observaciones.

Por ejemplo, Mendel pudo explicar la aparente desaparición y reaparición de colores en las sucesivas generaciones en base a su modelo. Hay, entonces, un modelo conceptual desarrollado para dar cuenta de las

observaciones y las leyes que describió Mendel que son la base de la genética moderna. El gen aquí es una partícula hipotética postulada para dar cuenta de un fenómeno, cosa muy interesante.

Esperamos unos 35 años, entonces, con paciencia, y Hugo de Vries y otros científicos redescubren en forma simultánea, a comienzos del siglo XX, las leyes de Mendel. Estos investigadores reconocen, además, la prioridad e importancia del trabajo de su predecesor, Gregor Mendel. Eso fue en 1900, pero no crean que alcanzó para aceptar realmente el significado y la valía del trabajo de Mendel; eso llevó más tiempo.

Una fase más avanzada de esta historia apasionante, es la que podría resumirse como sigue: no sabemos qué son los genes, pero sabemos dónde están y qué hacen. Thomas H. Morgan desarrolló un famosísimo (en el mundo de los genetistas) cuarto de las moscas ("flyroom") de la fruta del género *Drosophila*, en la Universidad de Columbia, donde pasaban muchísimas cosas. Por un lado había un catálogo de características observables en esas moscas, el equivalente a los colores de las arvejas, que en este caso son los colores de los ojos de las moscas y muchas otras características con variación observable. La formulación de partículas hipotéticas, al estilo de Mendel, para dar cuenta del comportamiento de los caracteres observables en la transmisión genética crecía en número y complejidad con la acumulación de observaciones. Pero Morgan y sus alumnos empezaron a "aterrizar" en objetos materiales, los cromosomas, esas partículas hipotéticas. Seguimos sin saber qué son los genes, pero comenzamos a saber dónde están. Es que el comportamiento de los genes, a juzgar por los experimentos de los genetistas experimentales, tenía grandes similitudes con el comportamiento de los cromosomas en la formación de los gametos y su combinación mediante la fertilización.

Un evento muy interesante de este proceso de "aterrizaje" tiene que ver con lo que sigue. Morgan, que venía acumulando datos desde hacía años, empezó a darse cuenta de que en la transmisión genética ciertas características tendían a ir juntas, mientras que otras se

mantendrían independientes. Algunos recordarán de la secundaria aunque sea el nombre de una de las leyes de Mendel: la de transmisión independiente, eso de que ciertas características se combinan en los individuos pero se transmiten como partículas separadas. Digamos que el color de la arvejilla no tiene nada que ver -desde el punto de vista de su transmisión- con que la superficie de esa arvejilla sea lisa o rugosa, ejemplo mendeliano original. Sabemos, siguiendo a Mendel, la probabilidad de observar el color verde en las arvejillas, y conocemos también la probabilidad correspondiente de observar semillas rugosas. Si las dos características son independientes, es fácil calcular la probabilidad de observar semillas a la vez verdes y de superficie rugosa.

Volviendo a Morgan, este investigador comenzó a notar que esa independencia se perdía en algunos casos, pero que era una cuestión de grado: había características que parecían transmitirse en asociación con muy alta frecuencia, otras que se asociaban más débilmente, y otras que eran independientes como los caracteres descritos por Mendel. Había un aparente continuo de situaciones. Morgan acumuló todos esos datos y un día se reunió con un joven estudiante, Alfred Sturtevant, y le planteó todo el problema y una idea general muy importante: que la explicación de las observaciones debiera tener relación con la ubicación de los genes en los cromosomas y el comportamiento de éstos. El joven estudiante se llevó la carpeta con todos los datos, pasó una noche sin dormir, y produjo el primer mapa genético, localizando todos esos genes en idénticos o distintos cromosomas (recordemos que nadie sabía que era un gen y mucho menos podía verlo). En la mosca de la fruta, como en humanos, los cromosomas se presentan de a pares. En un individuo, cada miembro de un par proviene de un progenitor diferente. Así, el par 1 de una mosca estará formado por un cromosoma 1 de origen materno y otro de origen paterno. Si dos genes están en distintos cromosomas (uno en el par 1 y otro en el par 2, por ejemplo), se transmiten de manera independiente, como los caracteres originalmente estudiados por Mendel. Sin entrar en detalles, podemos etiquetar los cromosomas de la madre de una de nuestras moscas y llamarles 1a y 1b a los dos que forman el par 1, y 2a y 2b a los que

forman el segundo par. Esta mosca legará a su hija el cromosoma 1a o el 1b, uno sólo de ellos, puesto que el otro representante del par será de origen paterno. Independientemente de lo anterior, la mosca madre pasará uno cualquiera de los cromosomas del segundo par, sea el 2a o el 2b, a su hija. Si esta independencia se practica rigurosamente, como es normal en genética, entonces un gen localizado en el par 1 se transmitirá de manera independiente de cualquier gen localizado en el segundo par.

En cambio, si dos genes están localizados en un mismo par, perderán esa independencia total o parcialmente. Para entender las reglas de dicha pérdida de independencia hay que referirse, como lo hicieron Morgan y Sturtevant, al comportamiento de los cromosomas de un mismo par en la reproducción. Sucede que en la formación de los gametos, los dos cromosomas de un par se unen transitoriamente. Este ordenamiento permite que la separación de los cromosomas sea también ordenada y lleve normalmente a que cada gameto tenga un cromosoma, y uno sólo, como representante de cada par.

Si el comportamiento de los cromosomas en la formación de los gametos se limitase al "ordenar de a pares para repartir bien" antes descrito, los genes localizados en un mismo cromosoma se transmitirían siempre juntos, careciendo totalmente de independencia. En la jerga de los genetistas, estos genes tendrían ligamiento completo. Pero los cromosomas pueden intercambiar fragmentos en ocasión de ese ordenamiento en pares que ocurre en la formación de los gametos. Para mantener la similitud global de los cromosomas, estos intercambios involucran segmentos homólogos, lo cual significa que si un cromosoma cede una región con los genes X, Y y Z, recibirá a cambio la región equivalente del otro miembro del par. La explicación que antecede hace uso de uno de los grandes aportes del grupo de Morgan, que antes describimos como el "aterrizaje" de genes para localizarlos en los cromosomas, formalmente conocido como la teoría cromosómica de la herencia.

Para ilustrar la posibilidad de grados de ligamiento, pensemos en un caso en que dos cromosomas de nuestro par 1 se unen lado a lado e intercambian fragmentos equivalentes. La idea de Morgan y Sturtevant era que cuanto más distantes estaban los genes en un mismo cromosoma más posibilidades había de que se produjera ese intercambio en la formación de los gametos. A diferencia de los genes, cuyo comportamiento no podía observarse de modo directo, los cromosomas y su comportamiento en la formación de los gametos y en la fertilización eran observables al microscopio. Y una observación importante es que los intercambios de fragmentos ocurrían aparentemente al azar a lo largo de los cromosomas. Precisamente esa observación sugería que dos genes localizados a pequeñas distancias en un cromosoma tendrían menos posibilidades de verse separados durante los intercambios antes descritos, mientras que genes más distantes se separarían con mayor frecuencia.

Con estas ideas básicas, suficientes conocimientos de probabilidad y una buena cantidad de genes estudiados del punto de vista de su transmisión, Sturtevant produjo en una noche un “mapa de ligamiento” para *Drosophila*. El mapa de Sturtevant fue un avance fenomenal porque colocó un gran número de genes en esos cromosomas de *Drosophila*, en sus ubicaciones relativas. Incluso llegó a postular que la distancia facilita la disociación, porque los cortes se producen al azar en ese cromosoma, pero que las distancias más largas empiezan a posibilitar dos cruzamientos en la zona que separa dos genes, con lo cual el fragmento se separa y se vuelve a unir con cierta probabilidad. Todo eso en una noche de desvelo, aunque detrás de ese destello hubo seguramente años de estudio y trabajo.

Resumiendo, en la segunda década del siglo XX se logra una fructífera asociación entre el modelo físico de localización de los genes -que seguimos sin saber qué son- en un objeto material, el cromosoma, que podemos ver, contar, mirar, estudiar cómo entrecruza fragmentos con otros de su tipo, etc. En línea con la tradición mendeliana, hay un rico proceso de aplicación de conceptos de probabilidad al campo de la herencia.

El siguiente gran paso encuentra su manifestación más clara en los experimentos críticos de Avery y McCarthy que llevaron a mostrar, con una elegancia experimental notable, que el material genético es el ADN y no, por ejemplo las proteínas, principales competidores como posibles repositorios de los genes. Con la ventaja de la perspectiva histórica, en la actualidad vemos esos experimentos como “un antes y un después”, pero son experimentos complejos que tienen interpretaciones difíciles, y su significación fue discutida por mucho tiempo. A los efectos de nuestra recorrida histórica, la ganancia fue significativa. Desde esos experimentos, o al menos una vez que su valor general fue reconocido, los esquivos genes están, no solamente ubicados físicamente en los cromosomas, sino además en una sustancia química: el ADN (en algunos seres vivos otro ácido nucleico, el ARN, puede ser el repositorio de la información genética).

Ahora vamos a dar un paso para atrás en el tiempo, para hablar de la difracción de rayos X, que ingresará en escena para resolver la estructura del ADN. El fenómeno de la difracción ya había sido estudiado por Newton, quien se refiere también a estudios previos de científicos italianos. El caso de difracción más conocido está asociado al patrón de interferencia que se observa al hacer pasar la luz por por dos ranuras y observar la interferencia resultante en una pantalla. Los patrones de difracción permiten que la Física investigue la naturaleza de la luz o, más en general, de ondas o partículas que pasan por ranuras diseñadas por el investigador. En el caso de la difracción de rayos X, la técnica fue utilizada en un sentido contrario: conociendo las propiedades de la radiación electromagnética (en este caso los rayos X) utilizada para traspasar una sustancia de estructura desconocida, por ejemplo un cristal de sal común (cloruro de sodio), y observando el patrón de difracción resultante, tratamos de entender la estructura de aquel cristal. El cristal representa las “ranuras”, cuyas características queremos desentrañar a partir del patrón de difracción. Una inversión de funciones muy interesante, solamente posible gracias a los avances de la física en el estudio “directo”.

W. L. y W. H. Bragg, padre e hijo, trabajaron juntos en esto en el laboratorio Cavendish de Cambridge y ganaron eventualmente el premio Nobel por sus estudios. La primera estructura resuelta fue la de la sal común en su forma cristalina, una de las estructuras más sencillas y repetitivas, abriendo el campo al estudio de estructuras más y más complejas.

Ahora volvemos a ubicarnos en la década de 1940. En el laboratorio Cavendish se generó una fructífera cultura de pasar por los rayos X moléculas de muy distinto tipo, incluyendo algunas de gran complejidad. Podemos señalar entre los virtuosos de la aplicación de la difracción de rayos X al estudio de moléculas complejas a Perutz y Kendrew, que abordaron la estructura de la hemoglobina. Se trata de un complejo de cuatro moléculas proteicas, dos de tipo alfa y dos de tipo beta, cada una con más de 150 aminoácidos.

Lejos del Cavendish, entre tanto, Linus Pauling, ganador de dos premios Nobel, uno de ellos en Química, empezó a combinar el conocimiento de las propiedades de los átomos y las moléculas que éstos forman con el uso de modelos físicos, “legos” si quieren, para investigar la estructura de las proteínas. Pauling logró develar la estructura con forma de alfa hélice del colágeno, una proteína fibrosa compleja, pero más sencilla por su monotonía que la hemoglobina. Pauling se convirtió en uno de los competidores en la carrera por develar la estructura del ADN, que es hacia dónde vamos.

El famoso, y con frecuencia distorsionado por su rango casi mitológico, descubrimiento de la estructura del ADN, combina varias líneas de investigación y personajes. Siendo injustos, pero lo menos posible, los cuatro personajes principales son: Watson y Crick, los más conocidos a nivel popular, trabajando en el Cavendish, y, en el King's College, Maurice Wilkins y Rosalind Franklin. Las investigaciones de la estructura del ADN de Rosalind Franklin fueron, por cierto, esenciales en el descubrimiento de la estructura del ADN. Esta técnica, junto con información sobre las características químicas del ADN (incluyendo la llamada regla de Chargaff, que menciono sin detallar para permitir que los interesados

puedan seguir esa pista), el uso de modelos de tipo “lego” y la rica herencia de la genética confluyeron en el modelo de Watson y Crick de la estructura del ADN. El modelo reúne todas estas pistas, y procura explicar a la vez las observaciones de tipo físico-químico y la función del ADN. Sobre el final del célebre artículo, de una página de extensión, de Watson y Crick, luego de la descripción de la estructura propiamente dicha, los autores ofrecen una elocuente indicación del significado genético de dicha estructura: “No ha escapado a nuestra atención que el apareamiento específico [de nucleótidos] que hemos propuesto sugiere un posible mecanismo de copia para el material genético”.

La revista Nature provee acceso libre a un catálogo de algunas de las publicaciones asociadas al descubrimiento de la estructura del ADN. Tres trabajos esenciales aparecieron en sucesión en el mismo número: el de Watson y Crick, el de Wilkins y colaboradores y el de Franklin y Gosling. El catálogo incluye una publicación un poco posterior pero del mismo año, de Watson y Crick, sobre las consecuencias genéticas del modelo. Crick era un físico y Watson un genetista y la confluencia de sus talentos y formaciones fue muy importante, al punto que Crick terminó obsesionado con la genética y Watson con la estructura. Y en algún sentido fue Watson quien exploró la posibilidad de que las dos hebras del ADN estuviesen orientadas en sentidos opuestos, un problema estructural. Por su parte, Crick se convirtió luego en un genetista experimental. La misma revista provee acceso a trabajos adicionales de Franklin y Gosling dando evidencia experimental de la doble hélice y al trabajo de Avery como antecedente.

Entre las muchas cuestiones que surgieron a partir de estos trabajos brillantes, quedó una especie de idea -equivocada por supuesto- de que el trabajo de Watson y Crick se limitó a reunir todo lo que estaba en el ambiente, por métodos más o menos lícitos, y a partir de allí idear un modelo elegante y funcional de la estructura del ADN. El camino hacia el descubrimiento del código genético (que permite almacenar y poner en uso la información sobre la estructura de las proteínas de un organismo) incluyó varios modelos tan ingeniosos como

equivocados. Al decir de Thomas Huxley: “La gran tragedia de la ciencia: el descuartizamiento de una hermosa hipótesis por un horrendo hecho”. En este caso, la evidencia experimental jugó un papel adicional al poner a prueba la hipótesis, proveyendo evidencia directa del significado de los tripletes que conforman el código.

Resumen preliminar: creo que en este ejemplo no vemos la simple adopción de técnicas tomadas de otras disciplinas y su importación a una disciplina particular; hay más que eso. Les sugiero que piensen si se trata del desarrollo de un campo en base fundamentalmente a abordajes tomados de otros o si es un verdadero campo de trabajo colaborativo en el que dos o más disciplinas (yo veo tres por lo menos) son necesarias para avanzar. Más allá de ello, en la Biología estructural se produjo luego un proceso de normalización.

¿Qué quiero decir con “normalización”? Llega un punto en el que la estructura del ADN queda plenamente integrada a la Biología. No están prohibidos los físicos ni los químicos, los matemáticos son bienvenidos, pero se normaliza en el sentido de que esa fase de enorme interacción cruzada de campos, normalmente no muy en contacto, pasa a ser asimilada a una disciplina, a un anclaje principal. Sin profundizar en este punto, vale la pena anotar que el problema de la estructura de las moléculas biológicas es tan propio de la Biología como de la Química. La integración de abordajes desde disciplinas muy diversas en torno a estos problemas, tal vez algo inusual y original en la primera década del siglo pasado, está normalizada para quienes se interesen en la estructura de las moléculas biológicas, cualquiera sea su formación inicial.

### **La genética de poblaciones**

Comenzamos el tema volviendo a mediados del siglo XIX y a un anclaje común con el tema anterior, que es la genética. Mendel, como vimos, se ocupó del importante problema de la transmisión de información hereditaria. Sus experimentos comenzaron con una generación parental, para producir una primera generación de

descendientes, que a su vez era la fuente de una segunda generación de descendientes. De padres a hijos a nietos, podríamos decir. Con eso le fue suficiente para elaborar un modelo de transmisión genética.

La genética de poblaciones se ocupa del devenir de la variación genética de una población biológica, sin las restricciones de limitarse a cruzamientos dirigidos y a unas pocas generaciones. La disciplina recoge y potencia dos grandes vertientes de pensamiento: por una parte, la genética de Mendel, y por otra, el llamado “pensamiento poblacional”, introducido por Darwin e independientemente por Wallace a la Biología, más concretamente al desarrollo de la teoría de la evolución. Aclaro que el joven Wallace llegó a la idea de la selección natural de manera independiente a Darwin pero 20 años después, mientras padecía la malaria en una de las muchas expediciones que emprendió inspirado en su lectura del libro de viaje de Darwin, del mismo modo que Darwin decidió salir a recorrer el mundo inspirado en las crónicas de viaje de Humboldt.

La idea de estos pensadores es que la evolución ocurre por el recambio cotidiano de individuos en las poblaciones, en el proceso de sucesión de ancestros a descendientes. Ese recambio puede no ser al azar; Darwin y Wallace conjeturaron que algunas formas privilegiadas tienen más chances de sobrevivir y propagarse, y propusieron que, a largo plazo, esta sencilla circunstancia da cuenta de toda la diversidad biológica, pasada, presente y futura.

Hablaremos ahora brevemente de Darwin. Opacado por el impacto de “El origen de las especies” está el hecho de que Darwin se hizo famoso como geólogo. Darwin salió de Inglaterra con el primer tomo de lo que se considera la obra fundacional de la geología moderna, “Los Principios de Geología” de Lyell y recogió el segundo tomo, que fue enviado por correo, en Montevideo. La Geología de Lyell era una geología que, en contraste con el catastrofismo en boga en su época, era gradualista. La acumulación de cambios imperceptibles a lo largo del tiempo daba cuenta, según Lyell, de todas las cosas que vemos en la Geología, desde el cauce de un río hasta la montaña más impactante. ¿Qué requiere ese proceso para funcionar?

Varias cosas; una de ellas es tiempo en abundancia. La teoría implica una tierra mucho más antigua de lo que se imaginaba o de lo que los mitos de la creación describían. Y lo otro que requería es un reconocimiento, lo que Lyell llamaba el actualismo, de que los procesos actuales (no cosas exóticas, estrambóticas, que ocurren una vez cada mil millones de años), lo que nos rodea, puede dar cuenta de las estructuras más diversas de la tierra sobre la cual vivimos. Y en algún sentido, la obra de Darwin es ese gradualismo y ese actualismo de Lyell llevados a la Biología. Y además es una obra de Biología magnífica en sí misma.

Naturalmente, estos principios no implican que no hayan ocurrido fenómenos extraordinarios en la historia de la Tierra. Más bien, sugieren que las leyes y fenómenos de la naturaleza (como los de la mecánica clásica, para referirnos a algo bien establecido en aquella época) son suficientes para entender la historia de la Tierra. No hay que apelar a, por ejemplo, un diluvio universal causado por las fuerzas extraordinarias de un ser superior. En un segundo orden está la abundante evidencia que provee Lyell de que procesos de pequeña intensidad sostenidos durante mucho tiempo han producido grandes modificaciones en la superficie terrestre.

Otro punto interesante es el papel inspirador que cumple una obra que se considera la fundadora de la Demografía, el “Ensayo sobre el principio de las poblaciones” de Malthus. En su diario, Darwin indica que mientras leía para entretenerse el ensayo de Malthus, y estando bien preparado para valorar la lucha por la existencia, se hizo de la idea de la selección natural. Darwin en 1838 ya era un evolucionista convencido, no nos engañemos, pero estaba buscando un mecanismo natural, tal vez actualista y gradualista al estilo de Lyell, que pudiese dar cuenta del fenómeno de la evolución. Y ese mecanismo resultó ser “muy siglo XIX”, en el sentido de que resultó ser un mecanismo universal, y “muy poco siglo XIX” en que es un mecanismo universal del cambio impredecible, en direcciones no determinadas y con resultados muchas veces irreversibles. Curiosamente, su joven admirador, Wallace, veinte años después, luchando contra la malaria, tomó la misma obra y a él

también le bajó la misma ficha, cosa sorprendente, de manera completamente independiente. No debería extenderme en esto, pero como Darwin ya era un científico prestigioso y era el modelo inspirador de Wallace, éste le mandó su manuscrito con el concepto de selección natural a Darwin para que determinase si tenía algún valor, pidiéndole que, en caso afirmativo, lo comunicase a la comunidad científica de la época. La genética de poblaciones fue ese pensamiento poblacional desarrollado por Darwin y Wallace, inspirados en Malthus, aplicado a la Biología evolutiva.

A principios del siglo XX se redescubrieron las leyes de Mendel y la nueva genética redescubierta generó confusión y conflicto en el naturalismo. Algunos pensaban erróneamente que, si Mendel y los mendelistas tenían razón, entonces las proporciones de cualquier característica deberían ser  $\frac{3}{4}$  /  $\frac{1}{4}$  ó  $\frac{1}{4}$  /  $\frac{1}{2}$  /  $\frac{1}{4}$ , las proporciones mendelianas. Quienes resolvieron el problema, también de manera independiente y desde fuera de la Biología, fueron W. Weinberg (un físico alemán) y G. H. Hardy (un matemático famoso por otras razones), en 1908.

Si leen el trabajo de Hardy, pueden pensar que si hubiera sido un payador criollo hubiera empezado como sigue: “con permiso via’ entrar, aunque no soy convidao”. Básicamente comienza diciendo: “me dicen que hay confusión con esto de las proporciones de los genes y los fenotipos; les voy a contar que las proporciones esperadas en una población no tienen por qué ser iguales a las esperadas en un cruzamiento dirigido”. El modelo, sobre el que no daré detalles, señala cómo, en una población idealizada, las frecuencias de los alelos se relacionan con las frecuencias de los genotipos y de los fenotipos correspondientes. Constituye el primer modelo de genética de poblaciones. Curiosamente es un modelo que predice un equilibrio estático, o sea que la población no evoluciona. Pero su finalidad no es negar la evolución, sino establecer un punto de partida sencillo. Al mismo tiempo, como la evolución es típicamente gradual y requiere acumulación de cambios durante mucho tiempo, a escalas pequeñas de tiempo (de una generación a la siguiente, por ejemplo), el modelo es

extremadamente útil. Una analogía puede servir: el vidrio es un material fluido y por tanto una lámina vertical de vidrio va a tender a adelgazarse en su porción superior y a espesarse en su porción inferior. Sin embargo, esto ocurre a un ritmo tan lento que el fenómeno puede ser saludablemente ignorado por los vidrieros y por nosotros en nuestra vida cotidiana.

Los modelos evolutivos vinieron un poco después. Es un proceso largo, pero hay un trabajo importante de Ronald Fisher, más conocido por sus aportes a la Estadística, cuya obra sobre evolución culminó con su libro de 1930, llamado "La teoría Genética de la selección natural".

Un modelo evolutivo de Genética de Poblaciones es una representación matemática del comportamiento de los genes y sus variantes, los alelos, en la evolución. Entre los pioneros del tema se encuentran, además de Fisher, el biólogo norteamericano Sewall Wright. Entre los modelos sencillos y esenciales, el más conocido es el de Fisher-Wright. En este modelo, los alelos de una generación se toman al azar con reposición de la generación precedente, y la población tiene un tamaño constante. En base a estas ideas sencillas, sumadas al posterior descubrimiento de la mutación como fuente de novedades genéticas, se puede avanzar de manera sustancial en el estudio de la evolución a nivel genético. Recuerden que en el momento en que se generaron estos modelos (primeras tres décadas del siglo XX) todavía no se sabía bien qué era un gen, aunque ya vimos cómo se había comenzado a saber dónde estaban localizadas esas partículas hipotéticas. Sin embargo ya era posible describir el comportamiento a largo plazo, evolutivo, de esos genes.

En 1966 se publicaron dos trabajos, también independientes, donde genetistas, Hubby y Lewontin en Chicago (Estados Unidos), y Harris en Inglaterra, estudiaron en la mosca de la fruta, los primeros, y en humanos los segundos, la variación alélica en proteínas. Para ello capturaron y modificaron una técnica de la Bioquímica que es la separación en campos eléctricos de proteínas en función de su masa y carga. Dos alelos (o más precisamente sus productos a nivel de proteínas) pueden diferir en carga eléctrica si el o los aminoácidos

que los distinguen tienen distinta carga, algo relativamente común. El punto es que estas técnicas permitieron no ver los genes pero sí sus productos, las proteínas, en cualquier especie con la misma metodología, con pequeñas diferencias, y cuantificar los genes y sus variantes, los alelos, en las poblaciones. Una verdadera revolución de la ciencia empírica. De aquellos genes hipotéticos, sobre los que ya Watson, Crick, Franklin y colaboradores nos habían informado de su estructura y sistema de codificación, se podía examinar sus productos, las proteínas, en tantos genes como quisiéramos, simplificando un poco y en casi cualquier especie. Una revolución empírica. En este ejemplo se produce la captura de una técnica experimental por parte de los genetistas de poblaciones, más acostumbrados a modelar el devenir de los genes hipotéticos que a estudiarlos experimentalmente.

Volviendo al desarrollo de la teoría matemática de la Genética de Poblaciones, el siguiente paso, en la misma época (los trabajos claves son de la década del '60) fue dado por Motoo Kimura, usando modelos de difusión tomados de la Física y aplicándolos a la difusión de los posibles resultados de trayectorias genéticas de las poblaciones a lo largo del tiempo. Ya Japón tenía un cultivo muy importante de la Física, la Matemática y la Genética, en particular la Genética Teórica, y no es casual que ofreciese un ambiente propicio para alguien como Kimura. El sueño de Kimura era estudiar con Sewall Wright, algo que pudo hacer, aunque para ese entonces ya era un genetista teórico reconocido.

Desde el punto de vista empírico, hay que mencionar también la secuenciación de proteínas, desarrollada por Sanger en la década del '50, y la secuenciación del ADN, desarrollada por el mismo investigador tres décadas después (Sanger recibió un premio Nobel por cada uno de estos dos notables desarrollos).

Más recientemente, el desarrollo más importante desde la teoría de Kimura en genética de poblaciones fue planteado, con variantes, en forma independiente y casi simultánea por tres investigadores: John F. C. Kingman, un matemático británico, ya famoso por otros trabajos en

su campo, Richard Hudson, un genetista teórico norteamericano y Fumio Tajima, un joven biólogo japonés.

Este modelo, llamado “coalescente” como lo propuso Kingman, es un caso particular de los llamados procesos estocásticos. Ya no son ecuaciones diferenciales o ecuaciones de difusión, son procesos de cambio de estados al azar a lo largo del tiempo. Una de las características de estos modelos es que trazan la historia de una muestra de alelos desde el presente hacia el pasado. Esa inversión del tiempo resulta clave para obtener resultados que habían resultado inaccesibles con aproximaciones clásicas.

Kingman tiene un trabajo sobre la génesis del modelo que merece ser estudiada, ya que indica que, en su caso, fue el contacto prolongado con biólogos y genetistas de poblaciones teóricos lo que le permitió, en primer lugar, comprender la importancia e interés de los problemas de la genética de poblaciones, y en segundo lugar, abordar dichos problemas con conocimiento de causa.

En este ejemplo, que es más bien de Biología abordada con auxilio de la Matemática, con alguna intrusión de la Demografía, podemos apreciar, en primer lugar, la primera posibilidad esbozada al comienzo de la charla: la simple adopción de técnicas, como la visualización de proteínas en geles, para otros fines. También se ve el punto 2: el desarrollo de un campo importado de técnicas de otras disciplinas. Y creo que también se ve el desarrollo de un campo mediante el abordaje conjunto de un problema por parte de dos o más disciplinas, hasta su eventual “normalización”. Una variante interesante es que en la genética de poblaciones vemos varias fases de normalización. Una primera tuvo lugar, sin dudas, con la asimilación del principio de Hardy-Weinberg a la Genética, con lo cual nace la Genética de Poblaciones. Una segunda es la incorporación de modelos como los de Fisher y Wright. En la década del '60 del siglo pasado, la confluencia de nuevos abordajes experimentales y nueva teoría genera un sacudón y un nuevo esfuerzo de normalización. Y el modelo coalescente, si bien contó para su bien con el aporte de matemáticos “desde afuera”, ocurre ya en una disciplina consolidada en sus

modos de trabajo.

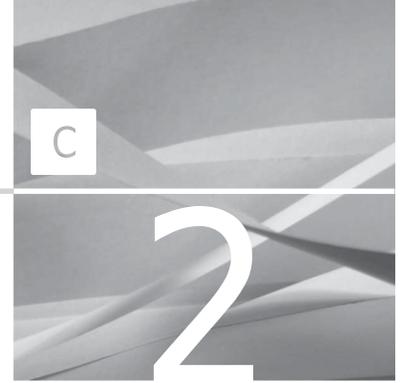
Para concluir con esta sección, quiero decir que, si bien hay asimetría entre las disciplinas, el enriquecimiento no es solamente unidireccional. Es mucho más fácil que la Biología se nutra de la Química, la Física y la Matemática que lo contrario. Pero también es cierto que el contacto con la Biología ha favorecido el desarrollo de la Química y la Matemática. Pensar que la Matemática puede evolucionar sin mirar los problemas del momento es como pensar que Newton debiera haber trabajado el cálculo diferencial sin pensar en los problemas del momento que eran los de la Astronomía.



CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

Catherine Lyall

ESRC Innogen Centre, University of Edinburgh (Edinburgh, United Kindgom).



# PROMOTING INTERDISCIPLINARY RESEARCH AND KNOWLEDGE EXCHANGE THROUGH IMPROVED ASSESSMENT

**Abstract**

The changing dynamics of our natural, social and political world demand increasingly innovative solutions to complex problems on a regional, national and global scale. The ability of research funders to deliver such solutions compels integration across disciplines. The degree to which interdisciplinarity is successful is influenced by the setting up, focus and research agenda of an interdisciplinary investment. Public research funding agencies are therefore important drivers of interdisciplinary research. In particular, evaluation plays a critical role in blocking or facilitating interdisciplinarity at different stages (including peer review of research proposals, publications and other research outputs).

Improved evaluation criteria and processes are key to achieving a consistent role for interdisciplinary initiatives of various kinds within academic and research-based organisations.

This article discusses some of the different models and approaches to cross-disciplinary research and offers a number of insights into the appropriate evaluation of such research. It concludes that achieving shared definitions of rigour and quality across a range of settings takes extra effort and organisational learning. The distinctiveness of the challenges posed by interdisciplinarity must be recognised, planned for, and accommodated by research funders and by those managing peer review processes.

## Introduction

The changing dynamics of our natural, social and political world demand increasingly innovative solutions to complex problems on a regional, national and global scale. As the challenges of climate change and healthy ageing, for example, become more pressing, the ability of research funders to deliver such solutions compels integration across disciplines. Indeed, the number and range of initiatives that mandate interdisciplinary research seem set to expand. Public research funding agencies are important drivers of interdisciplinary research and can have a truly catalytic role.

The promotion of interdisciplinary research is a touchstone of European research policy. Across Europe, research funding organisations commit major sums to encourage individuals, teams and institutions to invest their research careers in contemporary, complex issues important to society on a global scale. Critically, international differences in practice remain. Definitions of terms such as ‘interdisciplinary’ or ‘transdisciplinary’ research vary depending on thematic and cultural contexts: in some countries, transdisciplinarity differs from interdisciplinarity in the degree to which it attempts integration of theories, concepts and methods whereas in the German-speaking countries, transdisciplinary projects are characterised by the involvement of non-academic stakeholders in the research process (Pohl et al. 2010). Such questions of definition are crucial for evaluation and for the organisation of research policy more generally.

Within the UK, the ESRC Centre for Social and Economic Research on Innovation in Genomics (‘the ESRC Innogen Centre’), which is 10-year public investment studying the evolution of genomics and life sciences and their far-reaching social and economic implications, has built a reputation as a leading interdisciplinary research centre, not just in the life sciences but across many knowledge domains. This has enabled us to develop expertise in the conduct of interdisciplinary research and to apply this learning to the evaluation and teaching of interdisciplinarity.

Through a series of commissioned research projects (e.g. Bruce et al. 2004; Lyall et al., 2011a; Meagher and Lyall,

2005; 2007; 2009) our work has sought to:

- support and develop interdisciplinary research teams.
- provide insights into enabling organisational infrastructures for interdisciplinary research programmes.
- compare structures, mechanisms and experiences of international interdisciplinary initiatives.
- provide reflection and formative evaluation to inform organisational learning and capacity building.
- capture pragmatic and transferable “lessons learned”.
- advise on good practice in achieving effective interdisciplinarity.

In doing so, we have gleaned a number of insights into the appropriate evaluation of interdisciplinary research which will be the main focus of this article.

## Some issues of definition

Pressures to cross disciplinary boundaries in conducting research can arise for a variety of reasons. The resulting models and approaches have been variously described in the literature as ‘interdisciplinary’, ‘transdisciplinary’, ‘multidisciplinary’ and ‘cross-disciplinary’ but there is, as noted above, often a lack of consistency in, or agreement on, basic definitions. The definitions that we adopt (Lyall et al. 2011b) can be summarised as follows:

### Multidisciplinary research

Multidisciplinary research tackles a research project from the perspectives of a range of disciplines, but researchers from each discipline work in a self-contained manner with little cross-fertilisation among disciplines or synergy in the outcomes. Researchers may each contribute a few pieces to the jigsaw puzzle, but there is no improved understanding of the nature of the picture as a whole, and no fundamental change in perception, understanding or quality of knowledge-based outcomes. The final report from a multidisciplinary project is likely to consist of sections, each written from the perspective of a particular discipline, with a conclusions section that merely summarises these contributions without attempting to integrate outcomes across disciplines. Thus, multidisciplinary research involves low levels of

collaboration, does not challenge the structure or functioning of academic communities or hierarchies and does not lead to any changes in the worldviews of the researchers themselves.

### **Interdisciplinary research**

Interdisciplinary research, on the other hand, with its potential to effect important changes in worldviews of participants and academic structures, as well as to generate synergistic project outcomes is, in our view, a more important and rewarding category than multidisciplinary research but also more difficult to achieve. It approaches an issue from a range of disciplinary perspectives, and the contributions of the various disciplines are acknowledged and integrated to provide a holistic or systemic outcome: good interdisciplinary research is much more than the sum of its parts.

### **Transdisciplinary research**

The greatest departure from a discipline base arises in a transdisciplinary approach which may focus on processes of knowledge production, rather than the disciplines and subjects into which knowledge is currently organised in academic settings (Nowotny et al. 2001), thus 'transcending' the academic disciplinary structure. However, as already noted, definitions vary in different countries, ranging in meaning from 'deep' interdisciplinarity to interdisciplinary research that extends to co-production of research with non-academic stakeholders.

We also make the distinction between two very different types of interdisciplinary research, (i) academically-oriented and (ii) problem-focused. Most descriptions of the interdisciplinary research process do not make this distinction, even although the two approaches have very different aims, methods and outcomes.

### **Academically-oriented interdisciplinary research**

Academically-oriented interdisciplinary research is most typically targeted to the solution of academic questions, for example where disciplines have reached the limits of

their methodological capacity and need to bring in insights from new disciplines to overcome a blockage to their progress. This is thus one of the primary engines of the evolution of disciplines. While it may create some short-term turbulence in academic institutions, in the longer run it supports, rather than challenges, their discipline-based structure. Researchers working on such projects are engaged in forging new disciplines or sub-disciplines and, if they are successful, they are in effect building themselves a new academic home. Thus there are fewer academic barriers to this type of interdisciplinary research and, although difficulties of evaluating and administering projects may arise in the short run, in the long term they can be accommodated within traditional academic structures.

### **Problem-focused interdisciplinary research**

The second key type of interdisciplinary research addresses issues of social, technical and/or policy relevance where discipline-related outputs are less central to the project design. Stimuli for problem-focused interdisciplinary research can arise anywhere from individual researchers to national and international research programmes. There are cases where an individual researcher sees a gap in understanding or analysis of a practical question and sets out to bridge this gap by bringing together insights from more than one discipline. If the researcher lacks external support this can be a difficult task, but if successful it can also be very rewarding.

Decisions on which disciplines to include within a problem-focused interdisciplinary analysis will depend on the nature of the project, rather than arising from the constraints being experienced in specific disciplines (as would be the case for academically-oriented interdisciplinary research). Researchers working in this area are likely to find themselves working with different sets of disciplines from one project to the next. They thus build up expertise on the integration of disciplines and the management of, or collaboration with, researchers from different disciplines working together. Yet, these skills are not highly valued in an academic context. Indeed, problem-focused interdisciplinary research may sometimes be seen as undermining academic research,

taking its evolution in a direction with which many academics are uncomfortable. Pursuit of multi-faceted problems beyond the scope of any one discipline is often seen by discipline-based researchers as at best irrelevant and at worst threatening so that the barriers to this type of interdisciplinary research are correspondingly greater, as are the difficulties of evaluating and managing it. Many of these issues are neatly encapsulated by Schön's view of the contrasts between pure and applied research: Shall the practitioner stay on the high, hard ground where he can practice rigorously... but where he is constrained to deal with problems of relatively little social importance? Or shall he descend into the swamp where he can engage the most important and challenging problems if he is willing to forsake technical rigor? (Schön 1983).

### **The role of evaluation**

Evaluation plays a critical role in blocking or facilitating interdisciplinary research. Peer review must be the cornerstone of quality assessment but discipline-based criteria can be insufficient for evaluation of work that steps beyond disciplines (Boix Mansilla 2006), when there is 'no single criterion as there is in disciplinary quality control' and a requirement to integrate 'societal value' into the notion of good science (Nowotny 2003). Current review processes are a serious hindrance for interdisciplinary research and the lack of agreed indicators of quality may be one reason why a question mark often hangs over the academic value of interdisciplinarity (e.g. Oberg, 2010; Feller 2006; Boix Mansilla 2006; Defila and Di Giulio 1999). The choice of evaluators, their disciplinary and interdisciplinary backgrounds, and their roles in the evaluation process need careful consideration (Lyll et al. 2011b, chapter 7). The process of finding suitable peers to review interdisciplinary work is a frequently cited challenge for those managing the evaluation process. The problem is acute for proposals attempting a novel interdisciplinary project where there may not be a recognised set of peers who are individually qualified to referee it. The situation is exacerbated by a peer review system that reproduces the same type of research rather than producing new

types of researcher. In these circumstances, do we truly fund the best research proposals or those that most closely resemble excellent monodisciplinary work?

Evaluation of interdisciplinarity occurs in a variety of situations and the range of issues to be considered will differ according to context: the type and scale of a project or programme, the organisational setting, the kinds of actors involved or the kind of publication being reviewed (Feller 2006). There is, as yet, no consensus or accepted canon on quality criteria for interdisciplinary research. This results in poorly defined quality standards and a sense that they must always be bespoke. Improved evaluation protocols are vital to achieving a more stable and consistent role for interdisciplinary research and for improving its intellectual status in academia. Sensitive evaluation of interdisciplinary research could also deliver improved value for money for the investments being made in this area.

### **The role of funders**

Having evaluated a number of interdisciplinary projects and programmes, it is clear that the degree to which interdisciplinarity is successful is influenced by the setting up, focus and research agenda of an interdisciplinary investment. In the UK, the Research Councils are responsible for establishing the architecture of new interdisciplinary programmes – either individually or, as is increasingly the case, collectively – but, even as the opportunities for interdisciplinary research grow, the view persists that the evaluation of interdisciplinary research urgently needs to be tailored more effectively. The appropriate evaluation of interdisciplinary investments is a key area where research funders can provide strong leadership.

Research funding organisations have allocated major sums of money with a view to stimulating the emergence of new interdisciplinary research areas in subjects such as nanotechnology and synthetic biology. In other knowledge domains, this has taken the form of encouraging individuals, teams or new centres to invest their careers and their organisation's resources in contemporary, complex issues important to society. In the UK, as elsewhere, a great deal of tacit knowledge

about the management of interdisciplinary programmes is held by individual members of funding agency staff but, unless that people-embodied knowledge is captured systematically and shared, there can be a lack of continuity. Past funding has also led to a cadre of early career and more senior interdisciplinary researchers and research leaders who have developed expertise in the conduct and management of interdisciplinary research. These colleagues form a valuable resource: an increasing pool of potential interdisciplinary referees who are sympathetic to interdisciplinary research and who understand how to evaluate it both rigorously and appropriately. This expertise now needs to be both recognised by, and mirrored across, funding agency staff possibly by establishing shared administrative resources for interdisciplinary investments with dedicated administrators experienced in the particular requirements of interdisciplinary research and research training.

The continuing increase in the number of interdisciplinary research funding initiatives requires a new vision to promote organisational learning for interdisciplinarity. Specifically, this requires research funders to re-consider the composition and management of interdisciplinary review processes and to provide training for internal funding agency staff so that they understand the particular requirements when selecting interdisciplinary evaluators (see Marsden et al. 2011; Lyall et al. 2011c). Consideration also needs to be given to quality criteria to enable panels to develop common understandings of criteria by which interdisciplinary funding proposals are to be judged and to ensure that the goals and criteria issued in funding calls are carefully aligned with instructions for reviewers and assessment panels. Of course, as noted above, assessments of interdisciplinary research take place at different times, not just during the grant-bidding process. Once the research has been completed, it is equally important that the quality of interdisciplinary research outputs is fairly judged. As just one example, end-of-award evaluation of interdisciplinary, large-scale investments needs to be appropriate. While strong publications will be sought as measures of academic rigour, other less tangible indicators might suggest that added value from the

interdisciplinarity is (or is not) being achieved.

Life is certainly not easy for those responsible for reviewing interdisciplinary research and its outputs: Lamont et al. (2006) cite the editor-in-chief of Duke University Press, who observes that interdisciplinary work is even harder to evaluate than it is to generate. However, improved evaluation criteria and processes are key to achieving a consistent role for interdisciplinary initiatives of various kinds within academic and research-based organisations. Individual researchers, evaluation panels, funding agency staff and university leaders all have a role to play in sharing improved understanding of the interdisciplinary evaluation process, recognising that the criteria appropriate to evaluation of academically-oriented interdisciplinary research may often be different from problem-focused projects and programmes. Within each of these categories, the range of issues to be considered will differ according to the context but, whatever the evaluation situation, interdisciplinary work overall is done no favours if evaluation is not rigorous. Achieving shared definitions of rigour and quality across a range of settings takes extra effort and the distinctiveness of the challenges posed by interdisciplinarity must be recognised, planned for, and accommodated.

## References

Boix Mansilla, V. (2006), 'Assessing expert interdisciplinary work at the frontier: an empirical exploration', *Research Evaluation*, 15/1:17-29.

Bruce, A., Lyall, C., Tait, J. and Williams, R. (2004), 'Interdisciplinary Integration in the Fifth Framework Programme', *Futures*, 36/4: 457-470.

Defila R. and Di Giulio, A. (1999), 'Evaluation Criteria for Inter and Transdisciplinary Research' *Panorama Sp Issue 1/99*. Swiss National Science Foundation.

Feller, I. (2006), 'Multiple actors, multiple settings, multiple criteria: issues in assessing interdisciplinary research', *Research Evaluation*, 15/1: 5-15.

Lamont, M., Mallard, G. and Guetzkow, J. (2006), 'Beyond blind faith: overcoming the obstacles to interdisciplinary evaluation', *Research Evaluation*, 15/1: 43-55.

Lyall, C., Bruce, A., Marsden, W. and Meagher, L. (2011a), *Identifying Key Success Factors in the Quest for Interdisciplinary Knowledge*, Report to NERC (UK Natural Environment Research Council).

Lyall, C., Bruce, A., Tait, J. and Meagher, L., (2011b), *Interdisciplinary Research Journeys. Practical Strategies for Capturing Creativity*. London: Bloomsbury Academic.

Lyall, C., Tait, J., Meagher, L., Bruce, A. and Marsden, W. (2011c), *A Short Guide to Evaluating Interdisciplinary Research*, ISSTI Briefing Note Number 9 available to download from [www.tinyurl.com/idwiki](http://www.tinyurl.com/idwiki).

Marsden, W., Lyall, C., Bruce, A. and Meagher, L. (2011), *A Short Guide for Funders of Interdisciplinary Research* ISSTI Briefing Note Number 8 available to download from [www.tinyurl.com/idwiki](http://www.tinyurl.com/idwiki).

Meagher L. and Lyall C. (2005), *Evaluation of the ESRC/NERC Interdisciplinary Research Studentship Scheme*. Report to ESRC (UK Economic and Social Research Council).

Meagher L. and Lyall C. (2007), *Review of the RELU Programme's Seed-corn Funding Mechanism*. Report to Rural Economy & Land Use programme.

Meagher L. and Lyall C. (2009), *Evaluation of ESRC/MRC Interdisciplinary Studentship and Post-Doctoral Fellowship Scheme*. Report to ESRC.  
Nowotny, H. (2003), *The Potential of Transdisciplinarity*, [http://helganowotny.eu/downloads/helga\\_nowotny\\_b59.pdf](http://helganowotny.eu/downloads/helga_nowotny_b59.pdf).

Nowotny, H., Scott, P. and Gibbons, M. (2001), *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. Cambridge: Polity Press.

Oberg, G. (2010), *Interdisciplinary Work in the Environmental Field: A Primer*. Oxford and New York: Wiley-Blackwell.

Pohl, C. et al. (2010), *Questions to evaluate inter-and transdisciplinary research proposals*, td-net Working Paper, Bern, 23 December 2010.

Schön, D. (1983), *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. London: Maurice Temple Smith.

## Acknowledgements

The author would like to acknowledge the contributions of colleagues Professor Joyce Tait and Dr Ann Bruce (University of Edinburgh) and Dr Laura Meagher (Technology Development Group) and the financial support of the UK Economic and Social Research Council (grant references RES-035-25-0001, RES-145-28-0002) and the UK Natural Environment Research Council (grant reference NE/H012001/1).

## CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

**Carmelo José Felice**

Laboratorio de Medios e Interfases, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías,  
Universidad Nacional de Tucumán ( Argentina).




# EL POTENCIAL TECNOLÓGICO DE LA CIENCIA URUGUAYA (O CÓMO GENERAR RIQUEZAS A PARTIR DE LA CIENCIA)

## Resumen

La capacidad científica y tecnológica uruguaya está subempleada, y puede desarrollarse mucho más. Países con población y áreas geográficas similares, poseen productividades científicas y tecnológicas muy superiores. Alcanzar esos valores es una alternativa posible, pues Uruguay posee un pueblo con alta tasa de alfabetización capaz de adoptar como propia una meta de esta naturaleza. A igual cantidad de investigadores, la tasa de conversión de ciencia en tecnología podría aumentar entre 10 y 100 veces. Los fuertes uruguayos están en la producción científica de la Universidad de la República y del Instituto Clemente Estable. El eslabón

faltante es el patentamiento de los frutos prácticos de la investigación científica. Estas patentes podrían generar nuevos productos y empresas uruguayas de alta tecnología, las cuales pueden significar un reto motivador a las nuevas generaciones. En todos los casos el Estado juega el papel más importante, pues debe incentivar el patentamiento y apoyar la creación de nuevas empresas, que pueden ser polos de atracción para inversiones propias y extranjeras. Un obstáculo importante en el camino sugerido es el envejecimiento y éxodo de población. En este último caso, la generación de empresas con nuevas tecnologías podría ayudar a detener el éxodo de jóvenes, brindándoles futuros posibles.

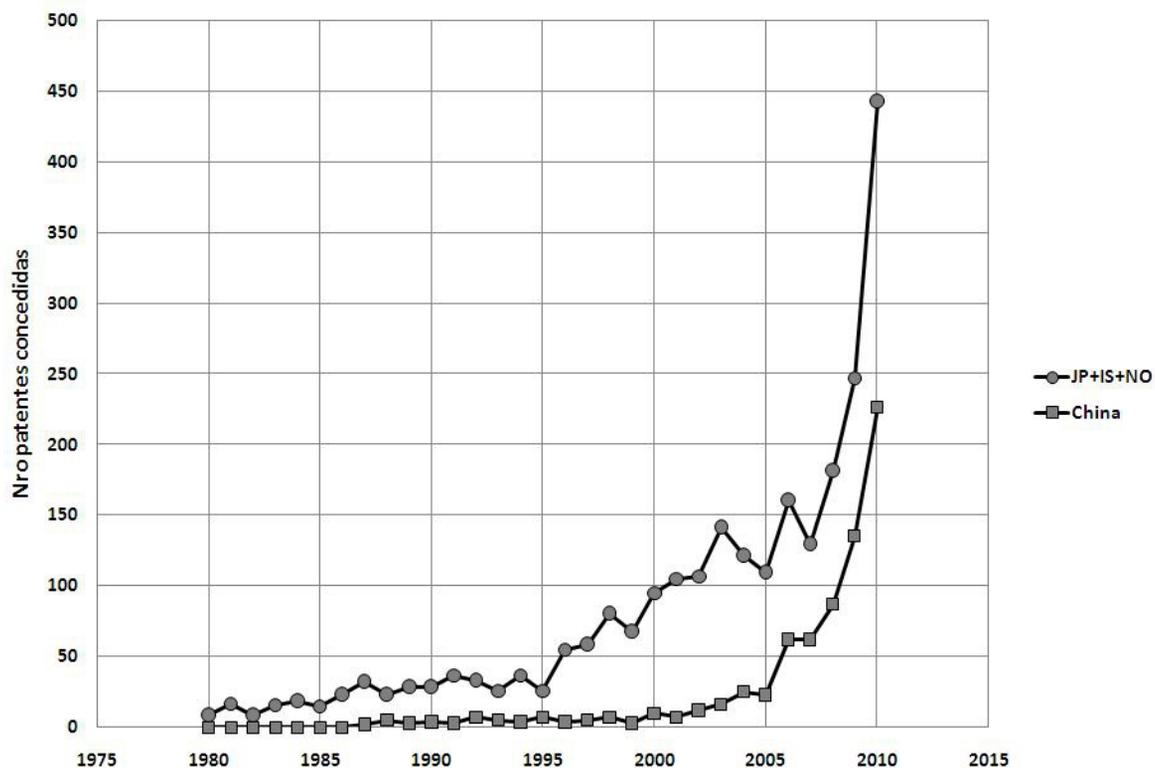
### Introducción: tecnologías, propiedad intelectual, transferencia de tecnologías

Básicamente, según el Diccionario de la Real Academia Española, tecnología es el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. Cuando hablamos de propiedad intelectual, nos referimos a patentes de inventos o al registro de especies vegetales. Entre los inventos incluimos a los dispositivos, procedimientos, sustancias químicas y mezclas.

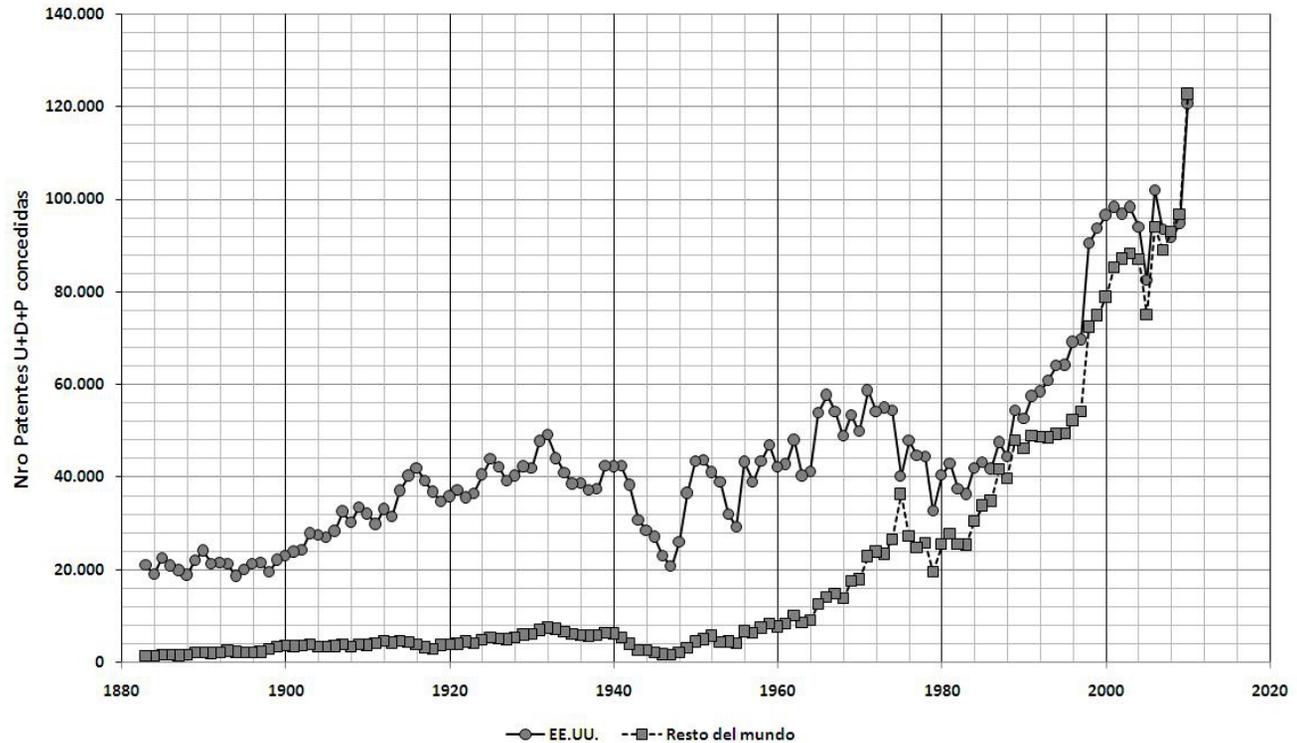
Actualmente, cuando alguien desarrolla una tecnología, la patenta en todos los países donde cree que puede

comercializar su invento. Las universidades públicas y privadas de todo el planeta están patentando sus inventos, y entienden “la transferencia de tecnología como una transferencia de la propiedad intelectual generada en sus proyectos de investigación” (Felice 2011).

A modo de ejemplo, veamos en la Figura 1 como evolucionó el patentamiento en universidades de Japón, Israel, Noruega y China en los últimos 30 años. En particular, China está separada para resaltar la producción de patentes de sus universidades públicas, que son más del 93% del total.



**Figura 1** Patentes concedidas entre 1980 y 2010 a Japón, Israel, Noruega y China, en la oficina de patentes de EE.UU. Fuente: USPTO, 2011.



**Figura 2** Patentes de Utilidad, Diseño y Plantas concedidas a EE.UU. y al resto del mundo, entre 1883 y 2010. Fuente: USPTO, 2011.

Las curvas impresionan, el crecimiento es exponencial (¡y aún más rápido!), y posiblemente alcance a todas las universidades que se incorporen al sistema en un plazo relativamente corto de tiempo.

El sistema de patentes como productor de riqueza ha permanecido en crecimiento continuo y estable a lo largo de la última centuria. Las crisis mundiales tanto económicas como bélicas, no han impedido su evolución, tal como se muestra en la Figura 2.

Por lo menos en EE.UU., que mantiene un buen registro de sus patentes, el efecto neto de las guerras se anula en pocos años. Esto significa que las guerras disminuyen la

productividad, pero una vez terminado el período bélico, esta aumenta con mayor fuerza hasta alcanzar la tendencia de crecimiento previa (Brunk and Jackson 1981).

### Ciencia y transferencia de tecnología

Clásicamente, un investigador entiende a la producción científica como un proceso investigo-y-publico. Es decir, se obtienen resultados publicables durante la ejecución de un proyecto de investigación científica financiado, se redacta un trabajo científico (Introducción-Materiales y

Métodos-Resultados-Discusión-Conclusiones) y se presentan los resultados a la comunidad científica. La difusión es normalmente primero en un congreso, y luego en alguna revista con arbitraje de pares del área de interés.

Para introducirnos en el moderno proceso de transferencia de tecnología, vamos a describir los resultados de un proyecto de investigación, pero desde el punto de vista de la propiedad intelectual. Nuestros resultados pueden ser dispositivos (Ej.: un medidor de alguna variable física, química o bioquímica de interés industrial o médico), un procedimiento (Ej.: un algoritmo,

un procedimiento para obtener una sustancia de interés industrial o clínico), una sustancia química (Ej.: una nueva droga de interés médico, un nuevo material de interés industrial), una mezcla (Ej.: una pomada obtenida por mezcla de sustancias de uso tópico), o plantas (Ej.: una nueva variedad vegetal, tal como una frutilla de características únicas). Con estos conceptos en mente, veamos esquemáticamente el proceso de producción científica en la Figura 3.

Ahora incluimos en este proceso a la transferencia de tecnología, tal como se muestra en Figura 4.



Figura 3 Proceso clásico de producción científica.

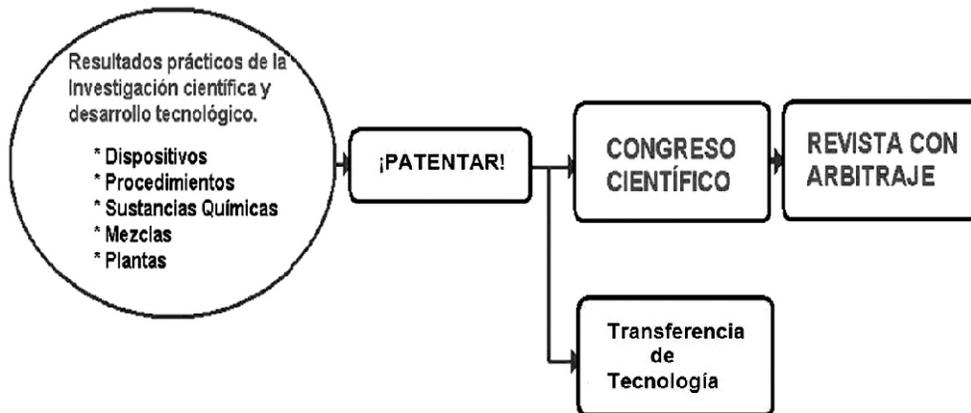


Figura 4 El proceso clásico de producción científica incluyendo la transferencia de tecnología.

El transferir a través del sistema de propiedad intelectual asegura que:

- Se aprovechen de una manera orgánica y justa los frutos prácticos de la investigación científica.
- El dinero invertido en la investigación científica vuelva al Estado que financió la investigación, en la forma de nuevas empresas que pagan impuestos, nuevos puestos de trabajo y nuevos productos comerciales que curan o ayudan de alguna manera al ciudadano común.
- Las transferencias de tecnologías se realicen en un contexto legal que protege al que financió la investigación y al inventor, sometiendo individuos y organizaciones a las leyes de cada país donde se patente.

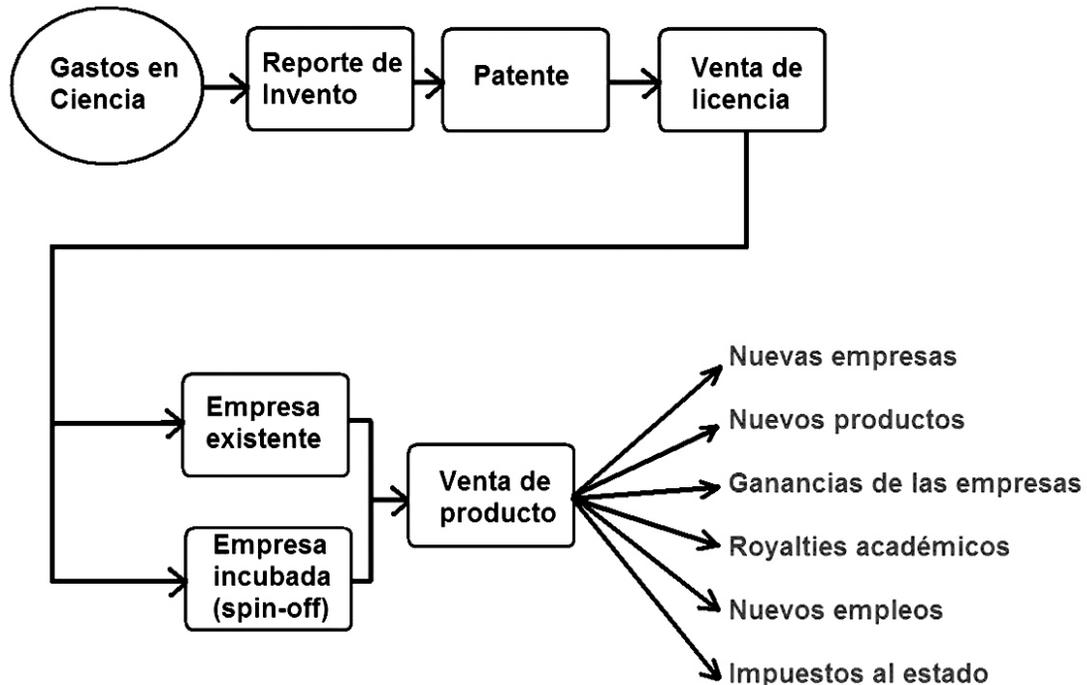
Se observa claramente, en la Figura 4, que la transferencia de tecnología no detiene la producción científica pues es un proceso en paralelo. Este proceso debe estar a cargo de especialistas y no sobre los hombros de los investigadores. El mundo de los negocios es básicamente territorio de emprendedores bien

asesorados, tanto legal como económicamente.

El no usar el sistema de patentes transforma a las inversiones en ciencia en una desperdicio de recursos humanos y financieros. Un antibiótico o nueva droga publicada como trabajo científico y no patentada, no será fabricado por ninguna empresa y no aliviará la salud de nadie.

El sistema de transferencia de tecnologías a través de las patentes genera muchos beneficios, tal como se muestra en la Figura 5.

El reporte de invento es el primer paso, pues su análisis permite separar los inventos en los cuales vale la pena invertir de aquellos que tienen poca o nula posibilidad comercial. En este punto es donde deben ser desilusionados muchos investigadores, pero hay que entender que patentar es una inversión onerosa (U\$S 50000) que debe hacerse en varios países a la vez, motivo por el cual hay que apostar a los inventos de gran potencial comercial.



**Figura 5** Detalle del proceso de transferencia de tecnología y sus beneficios.

Se podría patentar sólo en el país que financió la investigación. Pero si el invento es muy original y comercialmente redituable, los competidores lo fabricarán en cualquier otro país y lo venderán desde los países vecinos, lo cual es muy difícil de controlar.

## El potencial uruguayo

### *Las instituciones y su producción*

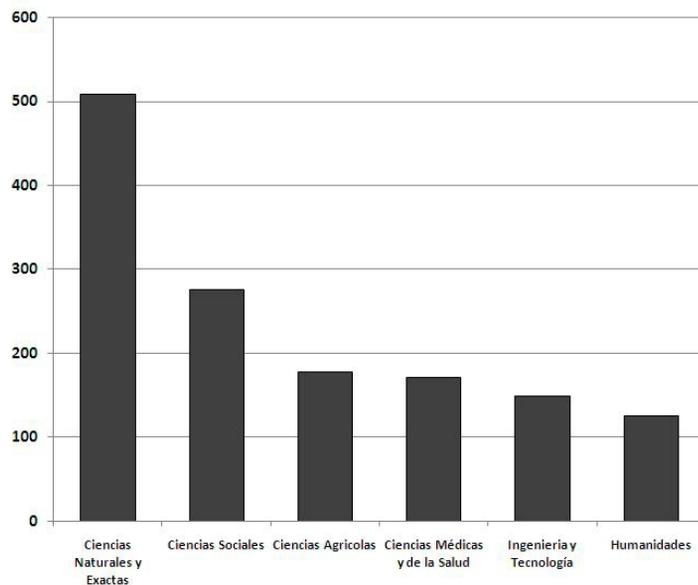
A continuación se muestra, en la Tabla 1, todas las instituciones científicas uruguayas que aparecen en la base de datos Scopus, indicando su producción en cantidad de publicaciones indexadas.

INSTITUCIÓN	# pub
Universidad de la Republica	4688
Universidad de la Republica Facultad de Medicina	1211
Universidad de la Republica Instituto de Física	658
Universidad de la República Facultad de Medicina	
Hospital de Clinicas Dr. Manuel Quintela	655
Instituto de Investigaciones Biologicas Clemente Estable	617
Universidad ORT Uruguay	225
Centro Hospitalario Pereira Rossell	185
Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria Montevideo	132
Hospital Maciel Montevideo	125
Universidad de la Republica Instituto de Higiene	101
Hospital Central de Las Fuerzas Armadas, Montevideo	90
Consejo de Investigaciones Cientificas y Tecnicas	89
Universidad de Montevideo	86
Universidad de la República Hospital Pasteur	85
Universidad Catolica del Uruguay	75
Institut Pasteur de Montevideo	61
Unidad en Desarrollo de Ciencias del Mar	55
Registro Nacional de Cancer Montevideo	51
Hospital Italiano Montevideo	51
<b>Total:</b>	<b>9240</b>

**Tabla 1** Instituciones académicas uruguayas (Affiliation country) que aparecen en la base de datos Scopus entre 1929 y 2011 y la cantidad de publicaciones de cada una en el período.

## Los investigadores y sus disciplinas

Existen 1406 investigadores registrados en Uruguay a octubre de 2011. En el Gráfico 1 se muestra la distribución por área de estos investigadores. Se observa un fuerte predominio de las ciencias de vida con más del 57% del total.



**Gráfico 1** Diagrama de la distribución por área de los investigadores uruguayos. Fuente: Sistema Nacional de Investigadores (<http://www.anii.org.uy/web/>).

La producción científica uruguaya está centrada en las siguientes áreas:

Disciplina científica	#	%
Medicine	1650	16%
Agricultural and Biological Sciences	1610	16%
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	1282	12%
Physics and Astronomy	672	7%
Chemistry	627	6%
Immunology and Microbiology	511	5%
Engineering	485	5%
Mathematics	443	4%
Computer Science	384	4%
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	345	3%
Environmental Science	344	3%
Earth and Planetary Sciences	343	3%
Neuroscience	296	3%
Social Sciences	232	2%
Veterinary	220	2%
Materials Science	219	2%
Chemical Engineering	160	2%
Other < 1%	510	5%
<b>Total:</b>	<b>10333</b>	

**Tabla 2:** Producción científica uruguaya en el período 2001-2010, agrupada según la disciplina científica. Fuente: Scopus.com.

## Las fortalezas de Uruguay

### *El crecimiento científico*

Como se puede observar en la Figura 6, Uruguay está entre los países de mayor crecimiento científico de América Latina.

En América Latina Uruguay posee 2.4 de crecimiento, siendo sobrepasado sólo por Colombia y Brasil.

### *Sus instituciones*

Las 5 instituciones con la mayor cantidad de publicaciones científicas son:

1. Universidad de la República
2. Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable

3. Universidad ORT Uruguay

4. Centro Hospitalario Pereira Rossell

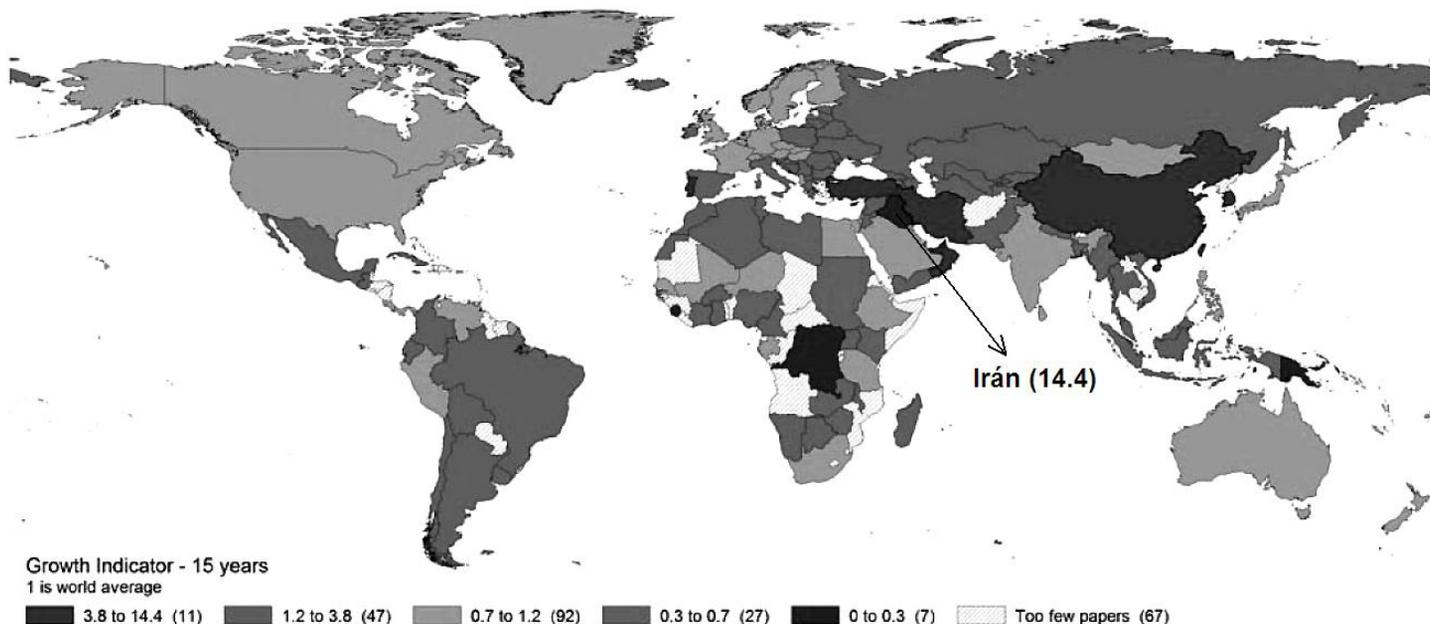
5. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Estas instituciones publicaron más de 4000 trabajos en el período 2001-2010 (un 70% del total), siendo mayoritariamente trabajos en ciencias de la vida.

## Las debilidades de Uruguay

### *Ausencia de patentamiento*

En la base de datos norteamericana UPSTO, solo hemos encontrado 18 patentes que tienen por lo menos un titular de nacionalidad uruguayo. Ninguna pertenece a una institución científica uruguayo.



**Figura 6** Crecimiento científico por país, en el período 1995-2009 comparado contra el período 1980-1994. Fuente: Science-Metrix 2011. 30 Years Movements in Knowledge Creation. [www.science-metrix.com/30years-Paper.pdf](http://www.science-metrix.com/30years-Paper.pdf)

Entre 1929 y 2011, las 5 instituciones que más publican produjeron la siguiente cantidad de patentes en Uruguay y en EE.UU.:

Uruguay = 0 (cero)  
USPTO = 0 (cero)

Para tener una referencia del potencial subyacente uruguayo, haremos una comparación entre dos instituciones científicas. En este caso seleccionamos dos instituciones prestigiosas en el área de la neurociencia.

Institución	2001-2010	
	Publicaciones	Patentes
Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable	312	0
Blanchette Rockefeller Neurosciences Institute	94	8

**Tabla 3** Publicaciones en Scopus y patentes de ambas instituciones. Fuente: Scopus.com y USPTO.gov.

La Tabla 3 muestra la producción científica y tecnológica de ambas.

Es útil conocer qué protegieron con patentes en el Blanchette Institute. Las tecnologías están descritas en su sitio web<sup>1</sup> como Licensing Opportunities y ellas son:

- Alzheimer's disease diagnostics based on specific alteration of internally controlled Erk1/Erk2 phosphorylation ratio
- Methods to enhance cognitive ability
- Methods to treat cognitive decline
- Methods for neuroprotection
- Methods to enhance learning
- Methods for delivery of drugs across the Blood-Brain-Barrier
- Methods for treatment of hypoxia-induced learning and memory impairment
- Methods of treating depression

### Éxodo de población

Un problema importante es el éxodo de población, pues en las dos últimas décadas emigraron más de 500.000 uruguayos. La generación de empresas con tecnologías innovadoras podría ayudar a detener el éxodo de

<sup>1</sup> [www.brni.org/licensing\\_opportunities/default.aspx](http://www.brni.org/licensing_opportunities/default.aspx)

jóvenes, brindándoles futuros posibles.

El punto de partida: la tasa de conversión de ciencia en tecnología.

Es deducible de lo expuesto hasta este punto que hay un enorme potencial tecnológico subyacente en la ciencia uruguayo. Para disponer de un punto partida y un indicador monitoreable concreto, mostramos a continuación la Tasa de Conversión de Ciencia en Tecnología y la definimos de la siguiente manera:

**TC% = Nro de patentes en EE.UU. en un período de tiempo / Nro de publicaciones en SCI en un período de tiempo.**

Pais	Publicaciones SCI 2001-2005	Patentes USPTO 2004-2008	TC [%]
Japón	281661	182367	64,7
Estados Unidos	984909	412350	41,9
Finlandia	24561	5617	22,9
Israel	31907	3701	11,6
Francia	151631	15749	10,4
Irlanda	8953	701	7,8
Malasia	2646	189	7,1
Australia	75216	5219	6,9
Indonesia	911	62	6,8
Noruega	16459	976	5,9
Costa Rica	458	27	5,9
Italia	117742	6674	5,7
China	149613	5606	3,7
India	62902	1256	2
Venezuela	2632	42	1,6
Cuba	1261	16	1,3
España	82845	997	1,2
Bulgaria	3908	43	1,1
Hungría	12194	119	1
Brasil	42725	371	0,9
Méjico	17954	128	0,7
Uruguay	894	5	0,6
Portugal	12598	68	0,5
Chile	6899	36	0,5
Argentina	15068	57	0,4
Rusia	75984	195	0,3
Grecia	18457	33	0,2
Egipto	8063	7	0,1

**Tabla 4** Publicaciones en SCI y patentes en USPTO. Fuentes: Science Citation Index y USPTO 2011.

Este indicador calculado para diferentes países, se muestra en la Tabla 4.

En la tabla se puede observar que Uruguay podría aumentar entre 10 y 100 veces, su tasa de conversión de ciencia en tecnología. Esta podría ser una meta de mediano plazo, que se podría lograr sin cambiar la productividad científica (PC), es decir sin aumentar la cantidad de investigadores o publicaciones por año.

### La productividad científica

Ahora tenemos un nuevo motivo para incentivar la productividad científica: la ciencia como generadora de conocimientos y riquezas. Definimos a la PC en la siguiente ecuación:

$$PC = \frac{TP}{NH} \cdot 106$$

donde,

NH: Población del país en el año 2008.

TP: Total de publicaciones indexadas en el Science Citation Index entre 2001 y 2005.

<b>País</b>	<b>PC</b>
Finlandia	4683
Israel	4486
Australia	3580
Noruega	3544
Estados Unidos	3239
Francia	2367
Japón	2213
Irlanda	2154
España	2046
Italia	2025
Grecia	1721
Hungría	1228
Portugal	1180
Rusia	540
Bulgaria	538
Chile	419
Argentina	372
<b>Uruguay</b>	<b>257</b>
Brasil	218
Méjico	163
China	112
Cuba	110
Costa Rica	109
Malasia	105
Egipto	104
Venezuela	100
India	55
Indonesia	4

**Tabla 5**  
productividad científica de diferentes países. Fuente: Science Citation Index 2011.

Aumentar la PC y la TC% deben ser metas simultáneas. Ambas requieren de un cambio cultural, mucho trabajo, y deben estar incluidas en las agendas de todos los partidos políticos, pues son proyectos de largo plazo y exceden los períodos de gobierno típicos de cuatro u ocho años. En la Tabla 6 hemos resumido la PC de países similares a Uruguay, como una manera de mostrar que el crecimiento es muy posible, pues las bases están y solo falta aprovecharlas.

País	Población	Area	Productividad Científica
Irlanda	4,670,976	70,273	2154
Uruguay	3,308,535	176,215	257
Noruega	4,691,849	323,802	3544
Finlandia	5,259,250	338,145	4683

**Tabla 6** Cuadro comparativo de la PC, entre países similares en tamaño y cantidad de población a Uruguay.

## Epílogo

El potencial tecnológico uruguayo es enorme, y transformar ciencia en tecnología puede ser el camino hacia un cambio productivo. A continuación resumimos las principales ideas desarrolladas:

- Uruguay puede diversificar su producción incorporando productos de alto valor agregado, pues posee un enorme potencial tecnológico. Actualmente su tasa de conversión de ciencia en tecnología es muy baja y, potencialmente, podría ser 10 a 100 veces mayor.
- Es recomendable aumentar la productividad científica, tomando como meta un valor 10 veces superior al actual. Esto significa reforzar su sistema científico fomentando las ciencias y los estudios de posgrado.
- Se debe incentivar la cultura de protección de los derechos de propiedad intelectual en ciencia y fomentar la

transferencia de tecnologías vía licenciamiento de patentes.

- Se deben crear nuevas empresas como spin-off académico, lo que puede significar un desafío para las nuevas generaciones de emprendedores, ayudando a revertir el éxodo de población.
- Se deben implementar planes de educación en propiedad intelectual en todos los ámbitos académicos.
- El Estado juega el papel más importante, pues debe incentivar el patentamiento y apoyar la creación de nuevas empresas.
- Países con población y área geográficas similares poseen productividades científicas y de patentes muy superiores. Alcanzar esos valores es una alternativa posible, pues Uruguay posee un pueblo con alta tasa de alfabetización capaz de tomar como propia una meta de esta naturaleza.
- Se sugiere diseñar e implementar en forma prioritaria, un plan de corto, mediano y largo plazo para la creación de riquezas a partir de la ciencia uruguayaya.

## Referencias Bibliográficas

Brunk G.G., Jason C.J. (1981): The impact of warfare on the rate of inventions: a time series analysis of United States patent activity, *Scientometrics* 3(6), pp 437-455.

Felice C.J. (2011): El patentamiento y la generación de riquezas a partir de la ciencia en Argentina, 2da Edición, Editorial Universitaria de Tucumán (EDUNT).



## CONFERENCIAS COMO TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

**Jean Claude Perez**

Investigador francés independiente.



# CAMINOS INTERDISCIPLINARIOS: 40 AÑOS DE RECORRIDO EN EL MUNDO DE LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

### **The Perez-school shows that the DNA is Fractal at DNA, Codon- and Full Chromosome Set and whole Genome Levels**

The interdisciplinary Perez-school of study of recursive systems (Perez 2011b) showed its first results in 1988 (Perez 1988a and 1991). The fractal nature of A, T, C and G coding or non-coding nucleotide sequences, chromosomes and genomes was evidenced over two decades (see review Perez 2011a). Details (Perez 1991 and Marcer 1992) are comprised in two books: Perez 1997 and 2009a. The results spanning from recursive studies through DNA and full genome analysis, including full set of chromosome levels, Perez (2008) are likely to be a serious candidate to the measure of "Abstract DNA Roughness".

### **Fractals to DNA numerical decoding: towards the Golden ratio**

"Small is beautiful". Inspired by the recursive "Game of Life"; Gardner (1970) -using the largest computers

available at that time- a cellular automata a large random 0/1 cell populations was run in 1988 (Perez 1988a and 20089b). After 110 parallel network iterations, with a recursive single-line code, a "clown" pattern. A strong illustration of "small is beautiful" is the discovery of a predictive formula of the Mendeleev's Elements periodic table architecture (Perez 2009a and 2009c).

### **The "Fractal Chaos" artificial Neural Network**

In the eighties, various parallel artificial neural networks were explored by Perez (1988a, 1988b), with a particular interest in discrete waves and fractals. In the dynamics of the fractal, a curious focal point seems to emerge: the "Golden ratio". The fractal network also provides "déjà vu" recall and holographic-like memories (Perez 1990a and 1990c). At that time chaos in the DNA was also searched, but it was discrete; A, T, C and G bases could be coded by integers while chaos theory is based on real numbers. Note that the ratio between 2 Fibonacci integers is near to the Golden ratio. This raised the

question of an integer-based chaos theory. Indeed, a hyper-sensitivity of the fractal for inputs based on recursive Fibonacci numbers was demonstrated (Perez 1990b).

### **“DNA SUPRACODE” overview**

A connection between DNA coding regions sequences as gene sequences A, T, C and G patterned proportions and Golden ratio based Fibonacci/Lucas integer numbers was proposed (Perez 1991, Marcer 1992). Correlation samples were established in genes or gene-rich small genomes with evolution or pathogenicity (particular example: HIV genome; see Perez 1997). “Resonances” were analyzed, where a resonance is a Fibonacci number of contiguous A, T, C and G nucleotides (i.e.144). If this sub-sequence contains exactly 55 bases T and 89 bases C, A, or G, this set was called a “resonance”. Thousands of resonances were discovered (see upper right corner of Panel 2 of Figure 1. from Perez 1991) : in HIV -the whole genome is long of about 9000 bases-, there are resonances overlapping about 2/3 of the genome.

### **In single-stranded DNA Human genome, codons population are fine tuned in Golden ratio proportions**

A new Bioinformatics bridge between Genomics and Mathematics emerged (Perez 2010). This “Universal “Fractal Genome Code Law” states that the frequency of each of the 64 codons across the entire human genome is controlled by the codon's position in the Universal Genetic Code table. The frequency of distribution of the 64 codons (codon usage) within single-stranded DNA sequences was analyzed. Concatenating 23 Human chromosomes, it was demonstrated that the entire human genome employs the well-known universal genetic code table as a macro structural model.

The position of each codon within this table precisely dictates its population. So the Universal Genetic Code Table not only maps codons to amino acids, but serves as a global checksum matrix. Frequencies of the 64 codons in the whole human genome scale are a self-similar fractal expansion of the universal genetic code. The original genetic code kernel governs not only the micro but also the macro scale as well. Particularly, the 6 folding

steps of codon populations modeled by the binary divisions of the “Dragon fractal paper folding curve” show evidence of 2 attractors. The numerical relationship between the attractors is derived from the Golden ratio. It was demonstrated that:

(i) The whole Human Genome Structure uses the Universal Genetic Code Table as a tuning model. It predetermines global codons proportions and populations. The Universal Genetic Code Table governs both micro and macro behavior of the genome.

(ii) The Chargaff's second rule from the domain of single A, T, C and G nucleotides was extended to the larger domain of codon triplets.

(iii) Codon frequencies in the human genome were found to be clustered around 2 fractal-like attractors, strongly linked to the Golden ratio 1.618 (Perez 2010).

### **A strange Meta-Architecture organizes our 23 Human Chromosomes**

A curious interaction network was found among our 23 human chromosomes Perez [2011a]. It was proven that the entire human genome codon population is fine-tuned around the “Golden ratio” (Perez 2010). Across the entire human genome, there appears to be an overall balance in the whole single-stranded DNA. This digital balance fits neatly around two attractors with predominant values of 1 and  $(3-\Phi)/2$ , where  $\Phi$  is the Golden ratio. Yet, the same analysis applied individually to each of the 23 human chromosomes and to each of the 24 chimpanzee chromosomes, which reveals a 99.99% correlation between both genomes but diversity and heterogeneity particularly in the case of our chromosomes 16 17 19 20 and 22; see the book “Codex Biogenesis” (Perez 2009a). Thus, a paradox emerges. The same analysis shows a global unity across the genome, whereas, applied to each of the constituent chromosomes a great heterogeneity between these chromosomes is revealed. With the objective to analyze in greater depth this paradox, a meta-structure was discovered that overlaps all 23 human chromosomes. It is based on a set of strong numerical constraints based particularly on  $\Pi$ ,  $\Phi$  and integer numbers such as 2, 3 etc. A functionality of this fine-tuned structure appears: the structure is 90% correlated with the density of genes per chromosome from the Human Genome project. It is 89% correlated

with the chromosome's permeability to intrusion by retroviruses like HIV, 94% with CpG density and 62% with SNP indels. Finally, a classification network of the 23 human chromosomes was discovered, including one measuring scale, ranging from  $1/\Phi$  (chromosome 4) to  $1/\Phi + 1/\Phi$  (chromosome 19), which is both correlated with the increasing density of genes and permeability to the insertion of external viruses or vaccines.

### **Unifying all Biological Components of Life: DNA, RNA, Proteins**

A powerful basic  $\Phi$ ,  $\Phi$  based numerical projection law of the C O N H S P bio-atoms average atomic weights was established (Perez 2009a), methods will be published in a forthcoming paper (Perez 2012b).

An integer-based code unifies the 3 worlds of genetic information: DNA, RNA and Protein-aggregating amino acids. Correlating, synchronizing and matching Genomics/Proteomics global patterned images in all coding/noncoding DNA sequences, all biologic data is unified from bio-atoms to genes, proteins and genomes. This code applies to the whole sequence of human genome, produces generalized discrete waveforms. In the case of the whole double-stranded human genome DNA, the mappings of these waves fully correlate with the well-known Karyotype alternate dark/grey/light bands. A complete proof of self-similarity within the whole human genome is provided by Perez (2008). In this "binary code" which emerges from whole human DNA, the ratio between both bistable states is exactly equal to "2" (the space between two successive octaves in music). As shown in Perez (2008) the Top State is exactly matching with a Golden ratio, the Bottom State is also related to the Golden ratio. If  $\Phi = 1.618$ , it is the Golden ratio, and is  $\phi = 0.618 = 1/\Phi$ , then the "Top" level =  $\phi = 1 / \Phi$  and the "Bottom" level =  $\phi/2 = 1 / 2 \Phi$ . Top / Bottom = 2.

### **El camino interdisciplinario de Jean Claude Perez**

Je vous suggère maintenant de revenir sur l'exposé conventionnel du précédent.

Nous allons le re-visiter sous un éclairage particulier: celui de l'interdisciplinarité qui s'y cache en tous points...

Tout d'abord son introduction utilise le terme "d'Ecole" (Perez-School)... Cet article ayant été co-rédigé avec Andraz Pellionisz - autre chercheur interdisciplinaire de la Silicon valley - c'est ce dernier qui a qualifié ma recherche de "school"! Au contraire le chercheur interdisciplinaire - au sens où je le conçois - cherche tout... sauf "à faire école"...

Nous allons donc revenir sur chacun des 6 paragraphes que nous commenterons sous l'angle et le point de vue de l'interdisciplinarité.

A propos de: Fractals to DNA numerical decoding: towards the Golden ratio. "Small is beautiful"

Paul Valery a écrit: "Tout ce qui est simple est faux, tout ce qui ne l'est pas est... inutilisable"

Si j'essaie de réfléchir aux moyens m'ayant permis de "voir" l'information du génome humain entier au niveau de synthèse, je constate que:

- ce résultat est radicalement novateur, mettant en évidence codes binaires - comme dans les ordinateurs - et ondes - comme dans la musique!

- personne à ce jour parmi ces milliers d'hyper-spécialistes que sont les bio-informaticiens, n'est parvenu à de tels résultats: Pourquoi?

- la raison est simple: je la dois à 2 "bifurcations" opérées voici 30 ou 40 ans: l'exploration du "jeu de la vie" Gardner (1970), et la découverte puis l'utilisation exclusive durant toutes ces années du langage informatique parallèle APL, Iverson (1962).

Comme le disait si bien dans ses magnifiques conférences le mathématicien français d'IBM Benoit Mandelbrot - découvreur de la géométrie fractale, Mandelbrot [1967] - je m'étais trouvé, malgré moi, "une NICHE de la Science"!

Benoit Mandelbrot était, au départ, tout le contraire d'un chercheur interdisciplinaire puisqu'il souhaitait se trouver une petite "niche" de la science qui ne soit rien qu'à lui, encore inexplorée dans l'infinie fractale des savoirs en sommeil, ce sera "la géométrie" fractale "et son application: "combien mesure la côte de la Grande-

Bretagne”?

Mandelbrot va alors découvrir la “Géométrie fractale”. Paradoxalement, il apparaîtra alors comme l'un des plus grands chercheurs interdisciplinaires contemporains puisque sa découverte est aujourd'hui appliquée dans toutes les disciplines: chimie, physique, biologie, sociologie, neurophysiologie et bien sur informatique et mathématiques, mais, plus surprenant: même les Artistes exploitent sa découverte!

Paradoxalement, celui qui, refusant d'être un “mouton de la recherche” en suivant les larges chemins droit tracés et déjà explorés par les “Ecoles”, va initier “une recherche - fondamentale - qui ne sert à rien”, et cette démarche égoïste et solitaire va le conduire à “donner” à la science une grande découverte aux multiples applications dans les sciences appliquées et les technologies: étrange paradoxe! Les plus grandes découvertes des sciences appliquées proviennent presque toujours de la recherche fondamentale, celle qui “ne sert à rien”.

Il explique sa découverte par la conjonction, la rencontre, l'accident des ingrédients suivants:

- avoir osé aller fouiller dans les “poubelles de la science” (dixit l'auteur), en re-visitant ces vieux écrits de Henri Poincaré ou Jean Perrin (début des années 1900) sur le chaos mathématique en particulier.
- avoir bénéficié d'une “très grande liberté de recherche” à IBM, celle que lui offrait le labo de recherche fondamentale de Yorktown pres de New-york.
- avoir bénéficié de l'émergence des tout premiers ordinateurs graphiques au dessin primitif et rustre.
- Pour en finir avec cet a-parté, je rappellerai que la découverte magistrale et majestueuse de Mandelbrot est infiniment simple... et belle: elle se résume en une formule de 6 signes:  $z = z^2 + c$ .

L'ensemble de Mandelbrot est une fractale définie comme l'ensemble des points  $c$  du plan complexe pour lesquels la suite définie par récurrence par la formule:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c \quad \text{avec } z_0 = 0$$

### **APL, le Langage informatique des “passionnés”**

C'est vers 1975 - alors que j'étais jeune ingénieur à IBM - que me fût présenté ce fabuleux langage informatique qu'est l'APL. Le point le plus intéressant d'APL c'est son

caractère multi-dimensionnel et parallèle. Bien que travaillant sur des ordinateurs séquentiels, avec APL, vous pensez parallèle: hyper-espaces à  $n$  dimensions etc... De plus, grace à son indépendance totale vis-à-vis des technologies, APL permet de créer des algorithmes à la vraie dimension mathématique de chaque problème, réduisant ainsi au minimum les contraintes spécifiquement informatiques et technologiques (boucles “DO” etc.).

### **Le “jeu de la vie” de J.H. Conway**

C'est dès 1970 que l'un de mes maîtres, Jean Hardouin-Duparc professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers de Bordeaux et à l'université de Bordeaux I, me fait découvrir ce fameux “game of Life” de John Horton Conway, Gardner [1970]. Un enfant de 3 ou 5 ans pourrait déjà comprendre les lois du jeu de la vie: des cellules habitées (1) ou vides (0). Chaque cellule possède 8 voisins, 4 en croix et 4 en diagonale. Si une cellule est habitée, elle continuera de vivre à l'étape suivante si elle possède 2 ou 3 voisins habités. Une cellule inhabitée “naîtra” à l'étape suivante si elle possède exactement 3 voisins habités. C'est tout. Hardouin Duparc recherchait... le “paradis perdu”, c'est-à-dire, pour une configuration quelconque de cellules donnée, “remonter le temps” en arrière jusqu'à découvrir la configuration originelle des cellules, sorte de “jardin d'Eden”... La plupart des gens considèrent le jeu de la vie comme un gadget ou une curiosité mathématique. Ils ont tort comme en témoigne l'énorme recherche de Stephen Wolfram, Wolfram [2002] qui considère que ce modèle est assez puissant pour modéliser l'origine et l'évolution des formes vivantes.

C'est vers 1975, que utilisant et mettant à genoux les plus puissants ordinateurs de l'époque, je programme en APL le jeu de la vie. Je sème au hasard sur un plan 100x100 10000 cellules au hasard. Je laisse évoluer tout ça. Des méta-structures émergent, naissent ou meurent. Le petit “U” formé de 7 cellules peut - et est - arriver. Alors, après 110 itérations parallèles, il deviendra... un “clown”! Ce jour-là j'ai compris toute la puissance de processus élémentaires appliqués en parallèle. J'allais dorénavant tenter de faire de la recherche en Intelligence artificielle selon ce type d'approche, l'approche dite connexionniste ou des “réseaux de neurones artificiels”. Je venais alors de comprendre toute la force de la petite

phrase du poète Paul Valéry.

### **La formule SIMPLE de prédiction de l'architecture de la table de Mendeleiev**

Bien des années plus tard, Perez (2009a et 2009b), j'allais illustrer cette maxime en découvrant une "belle" formule hyper-simple qui permet de prédire l'architecture de la célèbre table périodique des Eléments de Mendeleiev. Ma démarche ici aura été totalement esthétique: la structure de la table périodique des Eléments me semblant hétérogène et inesthétique, j'ai essayé de la rendre plus consistante, simple... et belle. Le lecteur observera dans cette formule l'omniprésence du nombre "2", combiné tout-à-tour à l'addition, à la multiplication, à la division, à la puissance carrée.

### **A propos de: The "Fractal Chaos" artificial Neural Network**

Tout au long des années 1980, j'explore divers réseaux de neurones artificiels, modélisés en APL: reconnaissance de formes, robotique, reconnaissance de l'écriture manuscrite. Mes systèmes parallèles se complexifient dans leur simplicité: ondes discrètes etc. Je réfléchis aussi sur les grands problèmes de mathématiques pures de la théorie des graphes: théorème des 4 couleurs, cycles hamiltoniens, conjecture de Syracuse. Je lis aussi énormément: Louis de Broglie, Ilya Prigogine, Douglas Hofstadter, Piaget, Winograd, etc. La recherche en intelligence artificielle implique une approche interdisciplinaire (Mizraji 2010).

C'est surtout la théorie de l'Autopoïèse du Franco-Chilien Francisco Varela et du Chilien Maturana qui va m'inspirer: mes systèmes, pour réagir par une infinité d'états intérieurs, posséderont à l'intérieur de chacun de leurs neurones, une FRACTALE. Je viens de créer mon modèle "chaos fractal". De ce réseau va émerger une mémoire holographique où le tout contient la somme des parties et où chacune des parties est un résumé du tout!

Ce système est capable de faire preuve de mémoire de rappel ou "déjà-vu". Un petit réseau de  $3 \times 3 = 9$  neurones fractales interconnectés est capable de se souvenir de milliers de "patterns" distincts déjà vus. De plus, ce système est hyper-sensible aux moindres fluctuations:

ainsi, montrons-lui une image dont nous augmentons progressivement la luminosité, puis dont nous diminuons progressivement la luminosité, un peu comme ces lampes d'éclairage réglables par rhéostats. Alors le système réagit d'une manière appropriée que nous baptiserons "R". Répétons cette même opération en atténuant la luminosité dans un rapport de 100. Puis même dans un rapport de 10000. Alors le réseau va continuer de réagir par la même réponse "R"! Étrange? Nous étions en 1989, je décrivais ce processus dans mon livre Perez (1988a) - dont le titre "De nouvelles voies vers l'Intelligence Artificielle: pluri-disciplinarité, auto-organisation et réseaux neuronaux", comportait déjà le mot "interdisciplinaire" -, à la même époque, le Biologiste Français Jacques Benveniste affole le microcosme scientifique avec sa "mémoire de l'eau".

Benveniste (1988) comment une molécule diluée des milliards de milliards de milliards de milliards de fois peut-elle restituer sa mémoire biologique fonctionnelle? Cela ne m'étonne guère puisque mes ordinateurs neuronaux savent, eux, déjà, diluer leur mémoire 10000 fois! Mon livre sous le bras, et armé de ma liberté de chercheur d'IBM et de mon interdisciplinarité, je rends visite au Docteur Benveniste durant l'été 1988. Bien plus tard, Benveniste sera "trainé dans la boue" et on lui décernera même l'ignobel! Aujourd'hui ses recherches sont re-visitées par Luc Montagnier, Prix Nobel de Médecine 2009. Ce dernier considère publiquement que l'affaire Benveniste est comparable à l'affaire Galilée! De cette visite allait naître une amitié interdisciplinaire et un intérêt mutuel partagé de chacun pour les recherches de l'autre.

### **A propos de: "DNA SUPRACODE" overview**

Nous sommes à la fin des années 80, c'est ici que va se produire "la grande bifurcation de ma recherche". Ses ingrédients se sont auto-assemblés sans que je n'en sois conscient:

- Le grand projet de séquençage du génome humain démarre: les biologistes se focalisent sur les gènes (2 à 5% du génome), négligeant tout intérêt pour les 98% restants qu'ils ont même baptisé "junk-DNA" (ADN poubelle). Mon approche holistique de l'information fait que je ne suis pas en accord avec leur approche réductionniste: je pense, intuitivement, qu'il doit exister

un ordre global à l'échelle des chromosomes et du génome.

- En contact avec le Nobel belge Ilya Prigogine et son école interdisciplinaire (de notoriété mondiale) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB), je lui suggère qu'il pourrait exister du "chaos" dans l'ADN. Le problème est que la théorie du chaos repose sur d'infimes fluctuations décimales de nombres réels (effet papillon) tandis que l'ADN est un milieu discret - au sens des nombres entiers - un nucléotide vaut T C A ou G, modélisable par des nombres comme 1 2 3 ou 4.

- Lorsque j'explore la dynamique de ma fractale, je constate que de multiples lignes de force semblent se focaliser vers un point central: ce point est celui du "Nombre d'or"  $\Phi=1.618$ . Le nombre d'or est selon moi un phénomène de "résonance", en effet il s'écrit  $1/x=1+x$ . C'est une esthétique numérique: "trouver un nombre  $x$  dont l'inverse est égal à lui-même + 1". On le définit aussi souvent par 2 segments de droite tels que: "le rapport du plus petit au plus grand est égal au rapport du plus grand à la somme des deux". Je mesure aussi une forte hyper-sensibilité de la fractale dans le voisinage immédiat de ce point (Perez 1990b).

- Je me souviens alors que le rapport de 2 nombres de Fibonacci consécutifs (55 et 89 par exemple) converge vers le nombre d'or. La suite de Fibonacci - 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 - est omniprésente dans la Nature: spirales de la fleur de tournesol, de la pomme de pins, ou proportions harmonieuses du coquillage Nautilé.

Eureka! Le chaos que je dois chercher dans l'ADN doit être basé sur des proportions de nucléotides TCAG obéissant exactement aux proportions de Fibonacci: exemple: 55 bases T, 89 bases C A ou G forment une suite contiguë de 144 nucléotides TCAG successifs. Je vais alors découvrir dans les gènes ou petits génomes comme le virus HIV des milliers de ce que je nommerai "résonances": Luc Montagnier baptisera cela "le supracode de l'ADN" et j'en tirerai même une musique: "le CD de la 1ère musique des gènes" (1994). Je mesure même - en musique - l'évolution en comparant, pour le même gène, l'ADN ancien d'un charançon fossile qui

vivait au temps des dinosaures, le primitif moustique *Aedes aegypti* actuel et l'évoluée mouche du vinaigre: la drosophile. C'est ainsi que j'allais abandonner ma large notoriété dans cet univers d'avant-garde des "réseaux de neurones artificiels" pour partir vers un chemin inconnu et semé d'embûches: le monde hyper-spécialisé des Biologistes et des Généticiens avec un double handicap: celui de "l'étranger qui vient les voir pour les faire avancer plus vite" et ce fardeau ésotérique (Sciencianueva8) du nombre d'or et des nombres de Fibonacci. Ce n'est pas un hasard si les rares Biologistes qui s'intéresseront à cette découverte seront, eux aussi, des chercheurs interdisciplinaires: par exemple, c'est dès 1992 que Luc Montagnier, découvreur du virus HIV du SIDA, propose - via sa Fondation FMPRS de l'UNESCO - de rechercher d'autres pistes pour vaincre cette terrible pandémie en s'appuyant sur la recherche interdisciplinaire en réunissant des Physiciens, mathématiciens, etc.

### **A propos de: In single-stranded DNA Human genome, codons population are fine tuned in Golden ratio proportions**

Si l'on place bout-à-bout les 23 chromosomes du génome humain, on obtient de l'ordre de 3.5 milliards de nucléotides TCAG pour chacun des 2 brins de la double hélice d'ADN. Si nous considérons l'une de ces 2 chaînes organisée en codons triplets de 3 bases, cela fait donc plus de un milliard de Codons...C'est cette immense population que nous avons analysée ici.

On découvre alors d'étranges résultats: le rapport de la population totale aux 2 codons les plus fréquents (TTT et AAA) est exactement égal à 13! Puis, on découvre que les 64 populations se partagent en 32 paires de "codons jumeaux". On découvre enfin... la figure du "Peace Symbol"<sup>1</sup> émergeant de cette immense population des codons du génome humain!

L'idée a alors été de projeter cette population suivant la table du code génétique universel qui compte 64 types de codons. Ce milliard de codons est donc maintenant rangé dans chacun des 64 " tiroirs " du code génétique. L'idée originale a consisté alors à "triturer" cette immense population en lui faisant subir 6 pliages successifs de la fameuse "courbe fractale du Dragon"!

**A propos de: A strange Meta-Architecture organizes our 23 Human Chromosomes**

Nous passerons rapidement sur ce § après avoir remarqué cette étrange classification des équilibres de

codons des 23 chromosomes se positionnant curieusement sur une échelle numérique dont les bornes puis l'amplitude sont liées à deux constantes Universelles: le nombre d'or (1/Phi) et Pi (1/Pi)<sup>2</sup>.

**«¿Nuestro ADN sabe contar?»**

Y los NÚMEROS 2 3 4 5 6...  
surgieron del ADN simple hebra del GENOMA HUMANO entero...

Los 4 « cuartiles »:

Q1= 316027664 bases Q2= 315402427 bases  
Q3= 158309529 bases Q4= 158064247 bases

Si consideramos 2 conjuntos de 32 codones cada uno, el más frecuente de los 2 (Q1+Q2) es exactamente 2 veces más numeroso que el menos frecuente de los 2 (Q3+Q4). La ratio exacta es: 1.995859355

**Ratios Números Enteros**

El Número « 1 »  $(Q1+Q3)÷(Q2+Q4) = 1.001838607$

El Número « 2 »  $(Q1+Q2)÷(Q3+Q4) = 1.995835745$

El Número « 3 »  $(Q1+Q2+Q3+Q4)÷Q1 = 2.99911677$   
 $(Q1+Q2+Q3+Q4)÷Q2 = 3.00506206$

$(Q1+Q2+Q3+Q4)÷(Q3+Q4) = 2.995835745$

El Número « 4 »  $(Q1+Q2)÷(Q4) = 3.994768602$

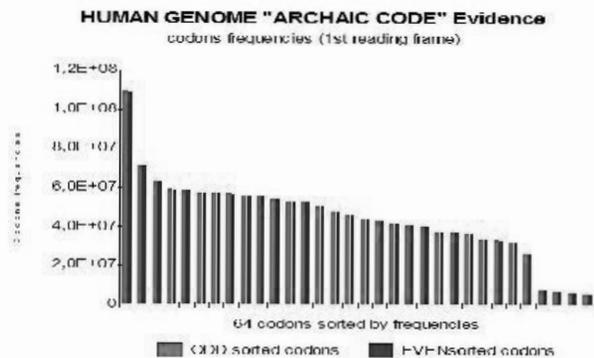
El Número « 5 »  $(Q1+Q2+Q3)÷(Q4) = 4.996320389$

El Número « 6 »  $(Q1+Q2+Q3+Q4)÷(Q4) = 5.996320389$

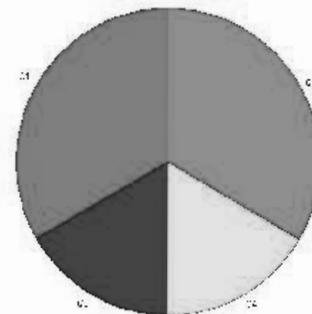
Otras ratios : « 3/2 » etc.

$(Q1+Q2+Q3+Q4)÷(Q1+Q2) = 1.501043236$

**Quando los « CODONES-GEMELOS » y el « PEACE SYMBOL » surgen del ADN simple hebra del Genoma humano entero...**



The NUMERICAL Code of the Human Genome  
4/11/2017 11:27:55



**Figure 1** Le PEACE SYMBOL émerge du milliard de codons du génome humain

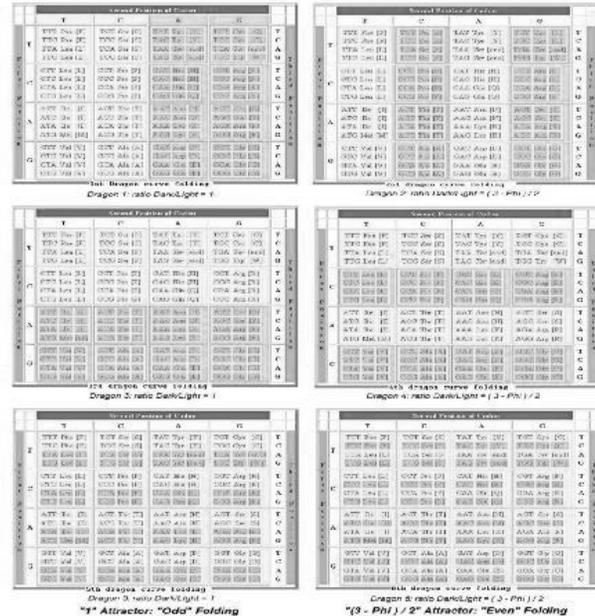
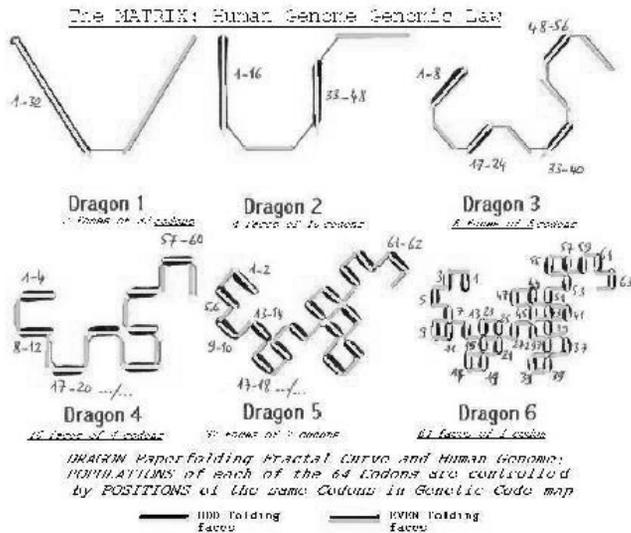
**A propos de: Unifying all Biological Components of Life: DNA, RNA, Proteins**

Comme pour la table de Mendeleiev, c'est aussi, vers 1997, la quête d'esthétique qui me conduit à vouloir

“unifier”, simplifier, rendre plus cohérente la Table du code génétique universel. En effet on sait Dame Nature très économe, alors pour quelles raisons cachées a-t-elle cru nécessaire d'utiliser 3 (trois) langages différents pour coder le vivant: l'ADN (T C A G), l'ARN (U C A G), et les 20

**Los PLIEGUES sucesivos de la TABLA del CÓDIGO GENÉTICO según la «curva del DRAGÓN»**

**La evidencia de 2 «atractores»: «1» y «(3-Phi)/2» donde Phi = 1.618033 el Número de Oro**

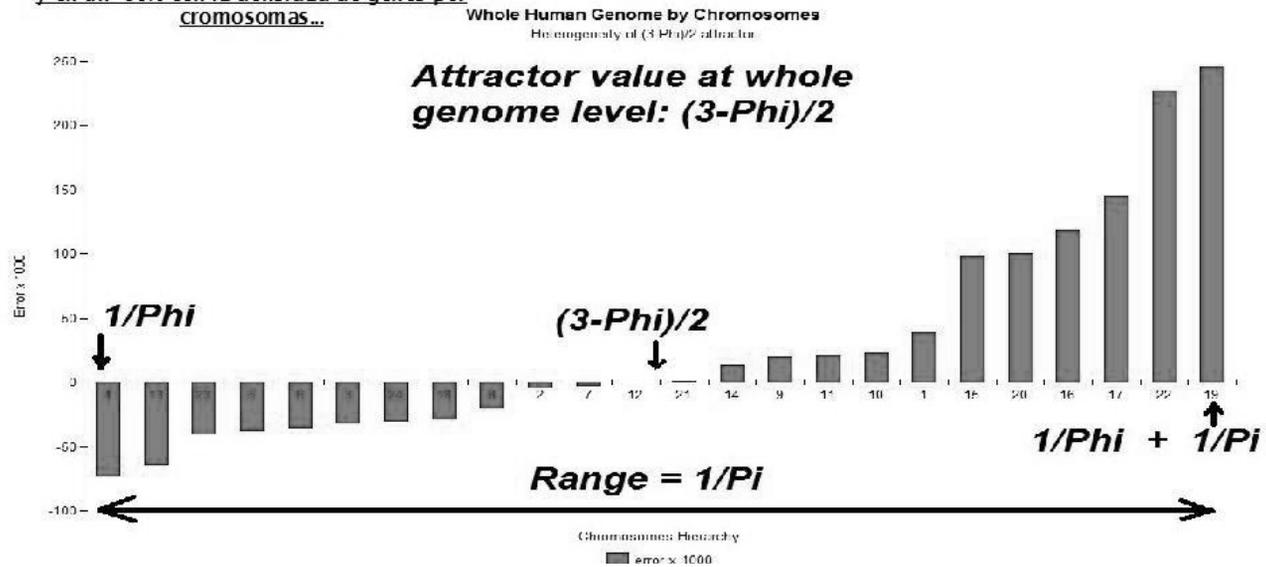


**Figure 2.** Les 6 pliales successifs de la courbe du dragon révèlent 2 attracteurs liés au Nombre d'or.

El análisis de cada cromosoma humano según el « atractor » «  $(3-\Phi)/2$  » revela HETEROGENEIDAD, SIMETRÍA Y JERARQUÍAS NUMÉRICAS basadas en  $\pi$  y  $\Phi$

ESTA METAESTRUCTURA DE LOS CROMOSOMAS ESTÁ CORRELACIONADA EN UN 89% CON LA PERMEABILIDAD DE ESTOS CROMOSOMAS FRENTE A LA INTRUSIÓN DE RETROVIRUS...  
y en un 90% con la densidad de genes por cromosomas...

Evidencia de 2 límites:  $1/\Phi$  (chr4) y  $(1/\Phi + 1/\Pi)$  chr19.



**Figure 3** L'échelle organisant les populations de codons des 23 chromosomes révèle les constantes universelles Phi et Pi

acides aminés. Pourquoi les correspondances codons/acides aminés dans la table du code génétique sont-elles hétérogènes, asymétriques et inesthétiques? Mon intuition était qu'il fallait considérer 3 éléments clef: la masse atomique, puisqu'elle était un dénominateur commun à ADN, ARN et acides aminés. Puis, riche de l'expérience du supracode de l'ADN, je pensais aussi que Phi le nombre d'or jouait peut-être un rôle clef. Le 3-ème ingrédient, c'était  $\Pi=3.14$ . J'eus alors la vision d'une projection de spirale dont la pente serait quelque chose comme les proportions du nombre d'or. L'idée de "projection" (comme le cosinus de la trigonométrie) me vint, curieusement, de la lecture suivante: nos anciens du moyen-âge, lorsqu'ils débutaient la construction d'une cathédrale, plantaient une sorte de "mât de

cocagne" dans le sol puis traçaient la projection au sol de l'ombre portée du soleil un certain jour de l'année, la saint jean par exemple...! C'est ainsi que je découvris cette formule que je nomme parfois "equation of life". Tous les matériels génétiques du vivant venaient s'aligner selon une échelle de multiples de  $\Pi/10$ . Mais le phénomène le plus étrange est que cette grandiose organisation ne fonctionne de manière optimale que pour les masses atomiques moyennes telles qu'elles existent dans l'atmosphère! Par exemple, N1% de C12, n2% de C13 et n3% de C14, les 3 isotopes du Carbone (avec  $N1+N2+N3=100\%$ ). Celà est étrange, tout se passe comme si la loi que je venais de découvrir ne fonctionnait que dans une atmosphère dans laquelle la pondération de chaque isotope d'un même atome est

celle qui règne dans l'atmosphère terrestre: que les hommes construisent une usine chimique lourde environnante et cet équilibre est brisé et la loi "equation of life" s'écroule. Etrange! D'autre part cela signifie que l'hypothétique vie extraterrestre dans des exoplanètes implique, bien sur, d'y trouver carbone, azote, oxygène et hydrogène, mais aussi les différents isotopes de ces bioatomes exactement dans des proportions relatives pondérées identiques à celles de notre atmosphère terrestre lorsqu'elle est non polluée en forêt d'Amazonie par exemple. Nous terminerons là-dessus, inutile d'y ajouter les ondes mesurées dans tous les génomes à partir de cette équation of life de même que les codes binaires, liés au nombre d'or, observés dans le génome

humain entier.

### Conclusion

Pour conclure, je vous suggère de réfléchir un instant sur ce tableau synoptique qui présente les interactions entre différentes disciplines et chacune des 6 étapes de ma recherche présentée ici.

	2.1. Small is beautiful	2.2. Le réseau de neurones CHAOS FRACTAL	2.3. Le SUPRACODE de l'ADN	2.4. Le milliard de CODONS du génome humain	2.5. la méta-architecture des 23 chromosomes	2.6. La "grande Unification" ADN, ARN, acides aminés
Mathématiques	X	X	X	X	X	X
Chimie	X			X	X	X
Physique	X	X	X			X
Informatique	X	X	X	X	X	X
Intelligence artificielle	X	X				
Bio-matématisques	X		X	X	X	X
Biologie			X	X	X	X
Génétique/ Génomique				X	X	X
Neurobiologie		X				X
Evolution et ADN ancien			X	X		X
Astrobiologie	X					X
Esthétique/ Arts	X	X	X	X	X	X
Savoirs anciens/ Esotérisme		X	X	X	X	X

**References**

- Benveniste J. et al, (1988) Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE, E. Davenas, F. Beauvais, J. Amara, M. Oberbaum, B. Robinzon, A. Miadonna, A. Tedeschi, B. Pomeranz, P. Fortner, P. Belon, J. Sainte-Laudy, B. Poitevin, J. Benveniste, Nature 333, 816-818, 30 juin 1988.
- CIENCIANUEVA8, Artículo pensamiento pitagorico en America Latina, from Pr. Eduardo Mizraji, [http://www.ei.ur.edu.uy/Enclave\\_Mizraji\\_CIENCIANUEVA8.pdf](http://www.ei.ur.edu.uy/Enclave_Mizraji_CIENCIANUEVA8.pdf)
- Gardner M (1970) Mathematical games. The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". Scientific American 223(Oct):120-123 [http://ddi.cs.uni-potsdam.de/HyFISCH/Produzieren/lis\\_projekt/proj\\_gamelife/ConwayScientificAmerican.htm](http://ddi.cs.uni-potsdam.de/HyFISCH/Produzieren/lis_projekt/proj_gamelife/ConwayScientificAmerican.htm)
- Iverson K. A Programming Language, John Wiley and Sons, (1962), [http://en.wikipedia.org/wiki/Kenneth\\_E.\\_Iverson](http://en.wikipedia.org/wiki/Kenneth_E._Iverson)
- Mandelbrot B (1967) How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. Science 5(156):3775 pp. 636-638 DOI:10.1126/science.156.3775.636 <http://www.sciencemag.org/content/156/3775/636.abstract>
- Marcus P.J. (1992) Order and chaos in DNA - the Denis Guichard Prizewinner: Jean-Claude Perez, in KIBERNETES 1992, vol 21, n°2, pp.60-61, ISSN 0368-492X <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1663901&show=abstract>
- Mizraji E. (2010), "En busca de la leyes del pensamiento", <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/Mizraji%281%29.pdf>
- Montagnier L. (2010), "DNA, waves and water: DNA between Physics and Biology, Lindau Nobels conference LINDAU 28 June 2010, <http://montagnier.net/montagnier/index.php/publications/>.
- Perez JC (1988a) De nouvelles voies vers l'Intelligence Artificielle: pluridisciplinarité, auto-organisation et réseaux neuronaux, Masson Paris, ISBN 2-225-81815-0.
- Perez JC et al. (1988b) Fractal chaos: a new neural network holographic model - INNS conference Boston, USA. Neural Networks
- Perez JC (1990a) Digital holograms computers, concepts and applications, in Neural networks: biological computers or electronic brains, Les entretiens de Lyon, Springer Verlag, ISBN 2-287-00051-8.
- Perez JC (1990b) Integers neural network systems (INNS) using resonance properties of a Fibonacci's chaotic golden neuron. Neural Networks 1, 859-865. IEEE 90CH2879-5. INSPEC Accession Number: 3926657 <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel2%2F148%2F3745%2F00137678.pdf%3Farnumber%3D137678&authDecision=-203>
- Perez JC (1991) Chaos, DNA, and neuro-computers: A golden link: The hidden language of genes, global language and order in the human genome. Speculations in Science and Technology 14, 336-346.
- Perez JC (1997) L'ADN décrypté, Résurgence, Liège Belgium. ISBN 2-87211-017-8.
- Perez JC (2008) Scale invariance embedded votes and self-emerging binary logics in the whole human genome. Relating the paper: What is complexity? by Gell-Mann PM. Complexity. 1(1) 1995, John Wiley and Sons <http://www.scribd.com/doc/68476137/JcperezLiveBitsFromDNA-from-John-NASH-Logics-to-J-C-PEREZ-Fractals-Biomathematics>
- Perez JC (2009a) Codex Biogenesis. Resurgence, Liege Belgium. ISBN 2-87434-044-8. <https://sites.google.com/site/codexbiogenesis/> and [http://www.ei.ur.edu.uy/JCP\\_codex.pdf](http://www.ei.ur.edu.uy/JCP_codex.pdf)
- Perez JC (2009b) Golden ratio and numbers in DNA <http://golden-ratio-in-dna.blogspot.com> and <http://golden-ratio-in-dna.blogspot.com/2008/01/1997-perezs-generic-predictive-equation.html>
- Perez JC, Bertille JM (1990c) A spatio temporal novelty detector using Fractal Chaos model, IJCNN Conference Washington; Neural Networks, INNS USA
- Perez JC (2010) Codon population in single-stranded whole human genome DNA are fractal and fine-tuned by the Golden Ratio 1.618. Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences Vol 2, Number 3, 228-340 DOI: 10.1007/s12539-010-0022-0 <http://urbanshakedown.files.wordpress.com/2011/01/adn-perez.pdf>
- Perez JC (2011a) Decoding non-coding DNA codes: Human genome meta-chromosomes architecture (support from Pr Luc Montagnier FMPRS World AIDS Foundation UNESCO and Jean-rené Fourtou Vivendi Universal chairman), BIT Life Sciences' Third Annual World Vaccine Congress-2011, Beijing March 2011 <http://www.scribd.com/doc/57828784/jcperez-Beijing032011>
- Perez JC (2011b) Caminos Interdisciplinarios, Seminario CLAVE INTER, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la Republica Montevideo Uruguay, 27 de Octubre 2011. <http://www.ei.ur.edu.uy/enclave.html#confperez>
- Perez et al (2012a), Andras J. Pellionisz, Roy Graham, Peter A. Pellionisz, and Jean-Claude Perez - " RECURSIVE GENOME FUNCTION OF THE CEREBELLUM; GEOMETRICAL UNIFICATION OF NEUROSCIENCE AND GENOMICS", To be published in "The CEREBELLUM" [2012] Springer Verlag Handbook (<http://www.springer.com/biomed/neuroscience/journal/12311>), in Press: The Cerebellum and Cerebellar Disorders. Ed. Manto, M., Springer Verlag. Submitted Oct. 20, 2011. Rev. Oct. 25. Accepted. Nov. 1, 2011.

Perez JC (2012b) paper in preparation: DNA, Waveforms and Numbers:  
Unifying all 1496 HIV1 whole genomes  
Wolfram Stephen (2002), book "a new kind of Science", Published by  
W o l f r a m M e d i a ( 2 0 0 2 ) I S B N 1 - 5 7 9 5 5 - 0 0 8 - 8  
<http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>  
WEB:<http://www.stephenwolfram.com/>

### **Remerciements**

Je veux remercier le Pr.Claudio Martinez Debat (Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay) qui m'a permis ici de réfléchir sur l'interdisciplinarité, mon ami Gilles Roquette avec lequel fût conduite une partie de l'aventure du décryptage de l'ADN (GeNum start-up), et Dr Andras Pellionisz chercheur interdisciplinaire de la Silicon Valley qui m'a permis ici de revenir vers mes fractales et neural networks de jadis. Je remercie mes amis Richard Morgan et Perry Marshall pour leur aide aux traductions.

## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

---

**LILIANA CARMONA**

INTERDISCIPLINA DESDE LA HISTORIA DE LA ARQUITECTURA



**MARITA FORNARO**

MUSICOLOGÍA E INTERDISCIPLINA EN URUGUAY: DESDE LA EPISTEMOLOGÍA A LA CIENCIA APLICADA

**ANA MEIKLE, DANIEL CAVESTANY, MARIANA CARRIQUIRY, LOURDES ADRIEN, VIRGINIA ARTEGOITIA, ISABEL PEREIRA, GRETEL RUPRECHTER, PAULA PESSINA, GONZALO RAMA, ANDREA FERNÁNDEZ, MARTÍN BREIJO, DANIEL LABORDE, OTTO PRITSCH, JUAN MANUEL RAMOS, ELENA DE TORRES, PAULA NICOLINI, ALEJANDRO MENDOZA, JOAQUÍN DUTOUR, MAITE FAJARDO, ANA LAURA ASTESSIANO, LAURA OLAZÁBAL, DIEGO MATTIAUDA,**

**PABLO CHILIBROSTE**

AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LA VACA LECHERA DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN EN URUGUAY: UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO

**ALICIA FERNÁNDEZ, GREGORY RANDALL**

SENSIBILIZAR Y FORMAR PARA EL ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO, LA EXPERIENCIA DEL GRUPO DE TRATAMIENTO DE IMÁGENES

**LUIS BÉRTOLA**

(DESGRABACIÓN DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA POR LUIS BÉRTOLA COMO PANELISTA DE LA MESA REDONDA).

**ALEJANDRO CHABALGOITY**

(DESGRABACIÓN DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA POR ALEJANDRO CHABALGOITY COMO PANELISTA DE LA MESA REDONDA).



## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

### PRESENTACIÓN

La temática de la Mesa Redonda “Interacciones y trayectorias entre disciplinas” se relacionó con el recorrido hacia la interdisciplina de diversas áreas del conocimiento y cómo estas trayectorias tendieron hacia la consolidación de campos disciplinares. Este abordaje se pensó como una manera potencial de abrir el debate sobre las formas de promover otros ámbitos interdisciplinarios.

El objetivo fue reflexionar sobre las interacciones entre las disciplinas y cómo éstas pueden dar lugar a ámbitos disciplinares diversos. En algunos casos estudiar ciertos enfoques históricos puede poner de manifiesto algunas similitudes entre las concepciones profundas de uno y otro campo que ayuden al diálogo y quizás también a enriquecer la comprensión de distintos aspectos investigados en común.

Se propuso ir delineando trayectorias desde diversos enfoques interdisciplinarios a partir de la participación de destacados investigadores de la Universidad de la

República. Marita Urquhart (Profesora Titular del Departamento de Investigación Operativa, Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería) ofició de moderadora de un panel integrado por: Luis Bértola (Programa Historia Económica, Unidad Multidisciplinaria, Facultad de Ciencias Sociales), Gregory Randall (Grupo de Tratamiento de Imágenes, Departamento de Procesamiento de Señales, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería), Alicia Fernández (Grupo de Tratamiento de Imágenes, Departamento de Procesamiento de Señales, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería), Marita Fornaro (Directora de la Escuela Universitaria de Música), Ana Meikle (Laboratorio de Técnicas Nucleares, Facultad de Veterinaria), Liliana Carmona (Instituto de Historia de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura) y Alejandro Chabalgoity (Departamento de Desarrollo Biotecnológico, Instituto de Higiene, Facultad de Medicina).



## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

Liliana Carmona

Instituto de Historia de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.

1

## INTERDISCIPLINA DESDE LA HISTORIA DE LA ARQUITECTURA

### Resumen

El texto está basado en la presentación realizada en la Mesa Redonda “Interacciones y Trayectorias entre disciplinas” del Seminario En\_clave Inter en octubre de 2011. Desde la perspectiva de la Historia de la Arquitectura se analiza su especificidad como disciplina, que aplica metodologías similares a las de la Historia pero con categorías de análisis propias relacionadas a la Arquitectura como objeto de estudio. La trayectoria de la Arquitectura hasta constituirse en un saber institucionalizado, permite identificarla como área de conocimiento interdisciplinaria en sí misma. La ausencia de la Arquitectura en las clasificaciones internacionales

de áreas dificulta su encuadramiento y evaluación, al tener que disgregarse en Humanidades, Ciencias Sociales y Tecnología. El proyecto, como práctica creativa condicionada, oficia de integrador de las disciplinas que concurren a la formación del arquitecto, lo que constituye una ventaja como hábito de pensamiento para la labor interdisciplinaria con otras áreas. En las interacciones de la Historia de la Arquitectura con otras disciplinas, se reconocen aquellas investigaciones que son propias del universo de estudio de la Arquitectura y que se enriquecen con el aporte de otras disciplinas, y las que se basan en la interdiscipliniedad como requisito indispensable para la construcción de nuevos conocimientos.

## Historia de la Arquitectura

La Historia de la Arquitectura como disciplina tiene dos anclajes consistentes, la Arquitectura y la Historia. Para comprender su identidad y relaciones con otras disciplinas resulta ilustrativo historiar estos anclajes.

### *Arquitectura*

Según expresó Marco Vitrubio, tratadista romano del siglo I a.C., “La Arquitectura es una ciencia adornada de otras muchas disciplinas y conocimientos, por el juicio de la cual pasan las obras de las otras artes” (Sánchez Ron 2006: 44).

La Arquitectura definida por diversos teóricos e historiadores, desde la antigüedad al siglo XX como conjunción de “ciencia y arte”, induce a recordar la figura de Leonardo da Vinci (1452-1519). Considerado genio universal y símbolo del hombre del Renacimiento, se aplicó al arte y a la ciencia, siendo pintor, escultor, arquitecto, urbanista, ingeniero, anatomista, botánico, músico, filósofo, escritor e inventor.

Quizás Leonardo representa el embrión de la interdisciplina, ya que el conocimiento de áreas tan diversas seguramente propició el desdibujamiento de fronteras, el enriquecimiento mutuo, la construcción de nuevos conocimientos a partir de esa integración. Podría contribuir a esta tesis la mera analogía formal observable entre la anatomía de las aves y sus máquinas voladoras.

El desarrollo en el tiempo de cada área de conocimiento puso fin a la posibilidad del genio universal, capaz de dominar varios campos del saber y dio lugar a la especificidad y la necesidad del trabajo colaborativo.

En cuanto a la especificidad de la Arquitectura, los campos de actuación de arquitectos e ingenieros estuvieron inicialmente muy solapados. En el siglo XVII surgieron las respectivas academias en Francia durante el reinado de Luis XIV. No obstante, por largo tiempo los ingenieros gozaron de mayor prestigio debido a sus conocimientos técnicos, motivo por el cual se les adjudicó la mayor parte de las grandes obras públicas realizadas en Europa durante los siglos XVIII y XIX.

Paulatinamente, la Arquitectura se fue deslindando como campo de saber que aunaba a la técnica los aspectos sociales y humanísticos del hábitat, así como conocimientos específicos sobre la concepción del

espacio, el lenguaje arquitectónico como sistema de comunicación simbólico y estético, las tipologías edilicias transmitidas históricamente y los materiales y técnicas para concretar los proyectos.

Como expresó el arquitecto Julio Vilamajó “Arquitectura es la expresión más acabada de la cultura que es, bajo cierto aspecto, la manera de hacer o proceder peculiar de un pueblo” (Lucchini 1970: 98). La arquitectura es reconocida como una de las representaciones más completas de la cultura de una sociedad, a través de ella podemos conocer las formas de vida, costumbres y rituales, el arte, el sentido estético y el desarrollo tecnológico, entre otros aspectos. La formación del arquitecto, incluyendo saberes teóricos, técnicos y artísticos que confluyen en la producción creativa del proyecto, es ilustrativa de la diversidad intrínseca de la Arquitectura.

En Uruguay, los estudios de Arquitectura surgieron junto con los de Ingeniería y Agrimensura, al crearse en 1885 la Facultad de Matemáticas y Ramas Anexas. Los estudios de Ingeniería y Arquitectura se diferenciaban inicialmente en unas pocas asignaturas, se trataba de



**Figura 1** Facultad de Arquitectura, especialización en la formación (foto Liliانا Carmona).

una formación fundamentalmente técnica.

*“El proceso de una mayor especialización profesional se verá estimulado por la creación hacia 1915 de la Facultad de Arquitectura y la fundación un año antes de la Sociedad de Arquitectos del Uruguay”* (Instituto de Historia de la Arquitectura 2008:422-23). Desde entonces, los sucesivos planes de estudios mantuvieron la organización característica de las asignaturas en tres áreas: proyectual, teórica y técnica. La Arquitectura no es pues una disciplina sino que comprende un conjunto de disciplinas. Esta integración de conocimientos de distintos campos de saber, requeridos para producir el proyecto, implica que la interdisciplinariedad es inherente a la actividad arquitectónica. Por otra parte, su práctica comprende la variedad de escalas que van desde el diseño de interiores, al edificio o conjunto edilicio, la ciudad y el territorio.

Esta particularidad, que ha sido motivo de orgullo de los arquitectos por la integración de saberes a la manera de Leonardo da Vinci, ha traído como consecuencia, en el presente, la dificultad para insertarse en los sistemas de estímulo a la investigación, debido a las clasificaciones disciplinares convalidadas internacionalmente. Por ejemplo, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), utiliza una “Clasificación en base a OCDE (2006): “Revised Field of Science and Technology (FOS) Classification the Frascati Manual 2002, con adaptaciones para Uruguay” (ANII 2008). Ésta no incluye la Arquitectura ni el Urbanismo en ninguna de las seis áreas de conocimiento ni en las cuarenta y dos subáreas. Como consecuencia, según la especificidad disciplinar, la investigación en Arquitectura se inscribe en distintas áreas. En términos generales, al Área Humanidades corresponden las asignaturas: Proyecto de Arquitectura, Diseño de Equipamiento, Diseño de Paisaje, Teoría de la Arquitectura e Historia de la Arquitectura; al Área Ciencias Sociales corresponden fundamentalmente los Estudios Urbano Territoriales y al Área Ingenierías y Tecnologías todo lo relacionado a Construcción, Cálculo de Estructuras, Instalaciones e Informática aplicada a la Arquitectura.

Esta dificultad de encuadramiento de la Arquitectura, semejante a un campo interdisciplinario inexistente en las clasificaciones, tiene como consecuencia la ausencia de pares académicos en la evaluación. Trasladando esta

problemática a la interdisciplinariedad, este aspecto debe ser tenido en cuenta especialmente, ya que si se procura fomentar su desarrollo es necesario viabilizar la adecuada evaluación e inserción en los programas de apoyo a la investigación.

Dejando de lado las dificultades reseñadas, la diversidad intrínseca a la Arquitectura y el modo de producir el proyecto como proceso creativo condicionado por conocimientos diversos, tienen sus ventajas para la construcción interdisciplinaria, tanto por la práctica habitual del pensamiento integrador como por la formación del arquitecto para desempeñarse en el trabajo en equipo.

De acuerdo a este análisis, la Arquitectura puede considerarse como un área de conocimiento centrada en el proyecto del hábitat. Más aún, si se considera el proyecto como modo de pensamiento y el desarrollo adquirido por diversos campos del diseño, la Arquitectura podría también ser entendida como una de las subáreas del proyecto, que se diferencian por sus respectivos campos de aplicación. Actualmente la Facultad de Arquitectura comprende cuatro carreras de grado que tienen en común el proyecto. Lo mismo sucede con los posgrados.

El proyecto como modo de pensamiento aplicable a diversas escalas y objetos de estudio, determina una lógica interna a esta congregación de carreras y una posibilidad de inserción en el mapa de saberes.

### *Historia de la Arquitectura*

Respecto a la Historia de la Arquitectura, es una modalidad de conocimiento histórico.

La Historia puede definirse como “ciencia de la temporalidad”, pero es preciso distinguir entre la historia como devenir de sucesos, la Historia como disciplina o historia escrita que construye interpretaciones posibles y la Historiografía que tiene como objeto de estudio la historia escrita.

Por otra parte, se habla en general de la “Historia” sin especificaciones, cuando se habla de los sucesos políticos, sociales, económicos, culturales, etc., pero cada Historia tiene su especificidad en el objeto de estudio, técnicas y metodologías.

La Historia de la Arquitectura aplica las técnicas de investigación de la Historia, como la investigación

documental, o sea el manejo de fuentes documentales escritas y gráficas, primarias y secundarias.

Sin embargo, su objeto de estudio presenta una particularidad que la distingue de la Historia, que es la existencia material en el presente, posibilitando el conocimiento directo y actualizado, aunque deban recomponerse los atributos y significados originales. Esta permanencia oficia de testimonio para la reflexión del historiador y para su percepción, habilitando la experiencia sensorial que enriquece notablemente el conocimiento. Como lo expresaba la historiadora de la arquitectura Marina Waisman: *“(...) el protagonista -la obra de arte o arquitectura- si bien pertenece a otro tiempo y lugar, es en sí mismo el testimonio histórico principal e imprescindible, el que reúne en sí los datos más significativos para su conocimiento. (...), el historiador del arte o la arquitectura se encuentra en presencia del hecho mismo que debe examinar, el que posee una extensión física y ha permanecido en el tiempo, desde el momento de su creación hasta el*



**Figura 2** Ciudad Vieja de Montevideo, testimonios de diversas épocas (foto Liliana Carmona).

*momento en que se presenta a los sentidos del historiador.”* (Waisman 1993:18).

El objeto de estudio implica además su anclaje principal en el proyecto arquitectónico, por lo tanto la Historia de la Arquitectura opera con categorías de análisis que le son propias, entre las que pueden citarse el lenguaje arquitectónico, las tipologías edilicias, la morfología urbana.

En cuanto a la evolución de los abordajes adoptados en la Historia de la Arquitectura, estos han ido incorporando el pensamiento crítico, que actualmente es considerado ineludible y que es inherente a la cultura, tiempo, lugar y marco teórico del historiador.

La producción historiográfica del Instituto de Historia de la Arquitectura, desde 1948 a la fecha, denota el tránsito de una actitud descriptiva hacia un enfoque crítico (ver Gómez 1989). Este cambio cualitativo ha permitido construir conocimientos que aportan al proyecto arquitectónico y a la planificación urbana y territorial.

### **Interacciones de la Historia de la Arquitectura con otras disciplinas**

En cuanto a la interacción de la Historia de la Arquitectura con otras disciplinas se debe distinguir entre:

- Las investigaciones que son propias del universo de estudio de la Arquitectura y que en su complejidad requieren el aporte de otras disciplinas.
- Las investigaciones que sólo pueden construirse por la concurrencia de dos o más disciplinas, incluso de diversas áreas.

#### *Investigaciones en Arquitectura con aportes de otras disciplinas*

En el primer caso se destacan los estudios urbano territoriales, que integran conocimientos provenientes fundamentalmente de la Arquitectura pero también de la Sociología, la Economía, la Geografía, las Ciencias del Ambiente y el Derecho, entre otros. Esto tuvo origen en el Plan Regulador para Montevideo de 1930, para el que se realizó previamente un “Expediente urbano”, que fue una experiencia pionera a nivel internacional. El expediente urbano consiste en el relevamiento y análisis

de múltiples aspectos del estado de situación, que sirven de insumo para elaborar el proyecto de futuro.

La Historia de la Arquitectura, en este caso historia urbana, integra el conocimiento de insumo para el proyecto, dando cuenta de las sucesivas transformaciones y tendencias de la ciudad, sobre la que los urbanistas con el equipo de técnicos de diversas disciplinas van a operar. Un plan urbano, atendiendo a problemas urbanos, sociales, económicos, ambientales, podrá plasmarse en intervenciones concretas, pero fundamentalmente va a implicar una normativa relacionada al uso del suelo, a la edificación, a la protección del patrimonio cultural y natural, entre otros aspectos.

El Instituto de Historia de la Arquitectura ha participado en el Plan de Ordenamiento Territorial para Montevideo y también integra la Red Temática de la Universidad de la República de Asentamientos Humanos Hábitat y Vivienda (REAHVI), en la que se articulan varios campos disciplinares participando las facultades de Arquitectura, Derecho, Ciencias Sociales y Humanidades.

Otro campo de integración encabezado por la Arquitectura son los estudios y gestión del patrimonio urbano arquitectónico. En el conocimiento y valoración del objeto de estudio participa la Historia de la Arquitectura, con posibles aportes de la Arqueología en el caso de hallazgos a registrar o preservar, la Antropología Social y el Derecho en el caso que se disponga la protección patrimonial.

El Instituto de Historia de la Arquitectura ha participado en la mayoría de los Inventarios de Patrimonio Urbano Arquitectónico realizados en Montevideo -Ciudad Vieja (2010-11), Rambla de Montevideo (2003-04), La Aguada (1996), Barrio Reus al Norte (1991)- y en varias ciudades del interior -Plan de Conservación de Colonia del Sacramento (2009-11), Programa Nacional de Recuperación Urbana de Salto, San José, Pando, Rivera y Tacuarembó (1997-98)-. También ha participado en investigaciones interdisciplinarias que relacionan el patrimonio urbano arquitectónico y el patrimonio cultural inmaterial, como la aplicada a los vínculos entre los barrios Sur y Palermo y el candombe.

Algunas investigaciones han cruzado lo territorial y lo patrimonial, como el proyecto Pequeñas Localidades: Turismo y Patrimonio, financiado por la Comisión

Sectorial de Investigación Científica (UDELAR) en la modalidad de apoyo al sector productivo y con contraparte en el Ministerio de Turismo. En éste participaron la Facultad de Arquitectura, la Facultad de Ciencias y la Unidad de Relaciónamiento y Cooperación con el sector productivo.

En la mayoría de los casos referidos anteriormente, más allá de la participación de las distintas disciplinas en la elaboración de los proyectos de investigación, la modalidad de trabajo suele producirse más por sumatoria que por integración, quedando esta etapa para la instancia final de conclusiones y de propuesta.

Estas investigaciones fueron realizadas en su mayoría mediante convenios, que se identifican como campo fértil para el desarrollo interdisciplinario.

#### *Investigaciones que se construyen desde varias disciplinas*

En cuanto al segundo caso, de conocimientos que sólo pueden construirse por la concurrencia de varias disciplinas, actualmente se van consolidando ciertos campos con distinta complejidad.

El Diseño de Paisaje, que antes era un campo de



**Figura 3** Parque José Enrique Rodó, paisaje diseñado (foto Liliana Carmona).

actuación difusa, cuya práctica era entendida como parte de la labor del arquitecto, actualmente cuenta con una maestría y un diploma. Indudablemente requiere conocimientos específicos sobre Historia del Paisaje y Diseño de Paisaje, pero estos deben integrarse con los correspondientes a su materia prima que provienen fundamentalmente de la Agronomía. Se trata de una carrera joven que promete un campo fértil de investigación interdisciplinaria.

Mayor complejidad presenta la Maestría en Manejo Costero Integrado, posgrado interinstitucional en el que participan las facultades de Arquitectura, Ciencias, Ciencias Sociales, Derecho e Ingeniería. Los problemas de la contemporaneidad relacionados al ambiente y el uso de recursos promueven nuevos campos de investigación en busca de alternativas para su protección en el marco del desarrollo sustentable.

### **Referencias Bibliográficas**

ANII (2008): Clasificación por áreas científicas y tecnológicas, En: [http://www.anii.org.uy/docs/clasificacion\\_areas.pdf](http://www.anii.org.uy/docs/clasificacion_areas.pdf).

GÓMEZ, M. J. (1989): EL I.H.A. Apuntes sobre su enfoque historiográfico en el período 1950 - 1973, Facultad de Arquitectura (inédito), Montevideo.

Instituto de Historia de la Arquitectura (2008): Guía arquitectónica y urbanística de Montevideo, 3ª edición, Intendencia Municipal de Montevideo, Junta de Andalucía, Montevideo.

LUCCHINI, A. (1970): Julio Vilamajó su arquitectura, Universidad de la República, Montevideo.

SÁNCHEZ RON, J. (2006): El canon científico, Crítica, Barcelona.  
WAISMAN, M. (1993): El interior de la historia, Escala, Bogotá.

## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

Marita Fornaro

Departamento de Musicología, Escuela Universitaria de Música Centro de Investigación en Artes Musicales y Escénicas Universidad de la República.



## MUSICOLOGÍA E INTERDISCIPLINA EN URUGUAY: DESDE LA EPISTEMOLOGÍA A LA CIENCIA APLICADA

### Resumen

Este artículo se ocupa de las trayectorias de trabajo interdisciplinario desarrolladas en Uruguay con participación de la Musicología. Luego de una breve referencia a la historia local de esta disciplina, analiza los proyectos en los que se concretaron investigaciones interdisciplinarias y los juegos de alteridades que influyeron en la articulación de saberes. Interesa especialmente la presencia de dos aspectos del trabajo interdisciplinario: por un lado, los problemas epistemológicos relacionados con alcanzar un nivel multi o interdisciplinario y con las posibles tipologías de esa interdisciplinariedad; por otro, la aplicación social del conocimiento generado. Se consideran factores que

influyeron en experiencias exitosas, algunos de ellos como elementos de disminución del riesgo de trascender la propia disciplina: la inclusión de disciplinas de vocación integradora como la Antropología, la búsqueda de innovación en metodología, el contexto de las instituciones públicas y privadas con las que se trabajó con enfoque interdisciplinario, la integración de los equipos en redes académicas. Se resumen los aspectos que la autora considera claves para el desarrollo interdisciplinario desde una disciplina que aún necesita reafirmar su estatus en el país: asunción del riesgo, resignación del control total, interés por la innovación, atención a los campos emergentes, creatividad en la formulación de problemas.

El planteo de este artículo<sup>1</sup> surge de la participación en la Mesa Redonda “Interacciones y trayectorias sobre disciplinas”, realizada en el marco del Seminario En\_clave Inter 2011. Entre los diversos enfoques desarrollados por los panelistas, me resultó de especial riqueza la vinculación del derrotero de las propias disciplinas de formación de cada uno de los participantes con la búsqueda personal del trabajo interdisciplinario, por lo que desarrollaré ese mismo enfoque en mi reflexión. Me centraré en la Musicología y en sus relaciones con otras disciplinas dentro del ámbito de la investigación desarrollada en el Departamento de Musicología de la Escuela Universitaria de Música, de cuyo diseño general soy responsable, y en el Centro de Investigación en Artes Musicales y Escénicas de la Regional Norte, creado en 2009 a partir del Programa de Polos Universitarios de Desarrollo de la UDELAR.

En primer lugar corresponde detenerse brevemente en las características de la disciplina desde la que parto: la Musicología presenta aún problemas en cuanto a su estatus científico y en cuanto a sus campos de trabajo, oscilando entre las Humanidades y las Ciencias Sociales, según el país que se considere. Es claro que las ciencias no existen en pureza y soledad, sino que se desarrollan en contextos históricos y políticos muy específicos, por lo que la conformación de las disciplinas en general y de sus historias locales en particular constituyen también procesos políticos, culturales e institucionales. Alcanza con observar la variopinta ubicación de una determinada disciplina en diferentes universidades para tener conciencia de la variedad de miradas que han llevado a sus diferentes estatus. En el caso particular de la Musicología, entre las históricas sistematizaciones de fines del siglo XIX, la de Guido Adler (1885; Muglestone y Adler 1981), más allá de su europeocentrismo – que coloca el estudio de las músicas no occidentales en el último casillero posible – ha logrado sobrevivir más de un siglo, y aún es utilizada en miradas rígidas que la siguen considerando una disciplina descriptiva y alejada de sus

**1** Escribo este artículo como homenaje a los docentes que despertaron mi curiosidad más allá de una disciplina: Lydia Umpiérrez, profesora de piano, quien me condujo hacia la Musicología, y Olaf Blixen, quien desde la Musicología me hizo descubrir la Antropología en la vieja Facultad de Humanidades y Ciencias, donde el encuentro de saberes era cotidiano.

potencialidades como ciencia social.

En Uruguay, la Musicología fundada por Francisco Curt Lange en la década de 1930 y desarrollada por Lauro Ayestarán ancló a mediados del siglo XX en la recién creada Facultad de Humanidades y Ciencias, luego de sus comienzos en el Instituto de Estudios Superiores y de una agitada historia de enfrentamientos entre la vocación latinoamericanista de Lange y la preocupación por una Musicología uruguaya de Ayestarán. En otro trabajo hemos desarrollado el tema de los modelos teóricos empleados en la disciplina naciente en el país (Fornaro 2010b). El carácter predominantemente descriptivo y romántico de la investigación de Ayestarán permaneció con persistencia en la visión que la sociedad tiene de la disciplina y también en el ambiente académico. Ayestarán murió tempranamente (1913 - 1966), y sus exégetas aplicaron a su figura la más rancia teoría del genio: lo que llegó a publicar pasó a ser materia no controvertible, sin siquiera hacerle justicia, pues los más conocidos de sus escritos nacieron como artículos de divulgación, editados como libros luego de su muerte (Ayestarán 1967; 1969). La confusión sobre el estatus de la disciplina –que cuando fallece Ayestarán estaba en eferescente cambio de paradigma a nivel internacional– se prolonga y profundiza cuando la Licenciatura, de las más tempranas del continente y quizás actualmente la más antigua en funcionamiento continuo, es arrancada de la Facultad de Humanidades y Ciencias por las autoridades intervencionistas de la dictadura que sufrió el país entre 1973 y 1985 y fusionada con el Conservatorio Nacional de Música, institución de nivel terciario dedicada a la formación de compositores, intérpretes y docentes de las materias técnicas básicas de la música. El sentido de alteridad desarrollado por docentes y estudiantes de la Licenciatura –recíproco con el de los creadores e intérpretes– la pérdida de su estatus de Instituto, los años sin presupuesto, retrasaron y anquilosaron el conocimiento científico sobre la música, en especial la producción de conocimiento sobre la música uruguaya. Consecuencia de esto fue el decaimiento de las investigaciones sobre Musicología Histórica, con un predominio de una Historia de la Música descriptiva, árida y sin atención al papel de la música en la sociedad, junto con la ausencia de atención a la vinculación entre la música popular y las tecnologías que

desde fines del siglo XIX modificaron su presencia en la vida cotidiana.

Antes de este proceso, mi búsqueda personal de ese perfil social había encontrado asidero en la Licenciatura en Ciencias Históricas y en las materias electivas que ofrecía el entonces Instituto de Musicología; entre ellas, Antropología Cultural. La Licenciatura en Antropología -creada, peculiarmente, durante el período dictatorial- me permitió avanzar en un camino de conexiones que desarrollo hasta ahora. Así, la formación en Antropología Social y Cultural y la formación en Musicología me permitieron desarrollar investigación en músicas tradicionales indígenas y folklóricas; la formación en Ciencias Históricas me proporcionó modelos para mis trabajos en Musicología Histórica. Sin embargo, este camino formativo que puede parecer idílico, más allá del esfuerzo de cursar tres licenciaturas -con los avatares históricos que lo rodearon- estuvo sembrado de lo que he llamado el “interdesprecio”: colegas antropólogos que sentían la Musicología como una disciplina menor respecto a la propia; compositores, intérpretes y también musicólogos que consideraban que esa mirada antropológica sobre la música -la que habían desarrollado figuras capitales como Alan Merriam (1964) y John Blacking (1973)- era menos valiosa que el ejercicio de un análisis formal y armónico de las obras, por ejemplo.

Por otra parte, uno de los campos en los que más profundicé, la Etnomusicología, si bien era concebida como una disciplina de síntesis, suponía una fragmentación de los saberes también desde las clasificaciones internacionales que hasta hoy están vigentes. Así, en la clasificación del llamado “Manual Frascati” -la “Propuesta de Norma Práctica para encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental”, documento oficial de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2001) -, coloca siempre los campos de trabajo en los que se han desarrollado gran parte de mis investigaciones en “Otras”: “Otras Ciencias Sociales” (Antropología Social y Cultural, Etnología); “Otras Ciencias Humanas”, donde aparecen “Filosofía (incluyendo la Historia de la ciencia y de la tecnología), Arte, Historia del Arte, crítica de Arte, pintura, escultura, musicología”. Toda clasificación de las

ciencias anquilosada o actual se viene abajo ante esta óptica de triunfo de las alteridades.

Como decía algunas líneas atrás, en mi ejercicio profesional sentí a menudo la plena vigencia de las barreras que aparecen planteadas en trabajos sobre interdisciplinariedad que tienen más de veinte años; por ejemplo, las que enumeraba Thomas Heberlein en un artículo de 1988, al ocuparse de las relaciones interdisciplinarias entre las Ciencias Sociales y las Ciencias Naturales: debilidad y supuesta ilegitimidad de las primeras, castigo por la osadía interdisciplinaria, ausencia de una estructura disciplinaria de soporte, problemas de poder y control. Afortunadamente, los años y la evolución de las disciplinas han hecho menores estos fosos, si bien no han desaparecido. Estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Antropológicas eligen hoy cursos de la Licenciatura en Musicología como materias electivas; estudiantes de esta última concurren a cursos de Antropología, Lingüística e Historia; sin embargo, aún carecemos de un posgrado que nos permita sintetizar enfoques que debí asumir por separado, sustituyendo estudios de mirada múltiple por varias carreras de grado. En este trabajo utilizaré como ejemplo y a la vez pretexto para la reflexión algunos de los proyectos realizados que considero más fértiles en cuanto a la vinculación entre disciplinas. A partir de ellos me ocuparé de dos aspectos del trabajo interdisciplinario que me han preocupado de manera predominante en mi desempeño profesional: por un lado, los problemas epistemológicos relacionados con alcanzar un nivel multi o interdisciplinario y con las posibles tipologías de esa interdisciplinariedad; por otro, la aplicación social del conocimiento generado y a su vez la producción de nuevo conocimiento en la búsqueda de ese trabajo de socialización de los resultados de la investigación. Estos dos polos del trabajo interdisciplinario han sido tratados por Creutzer Mathurin (2000) en su revisión bibliográfica sobre los estudios interdisciplinarios.

El proyecto “Música popular e imagen gráfica en Uruguay, 1920 - 1940” es un ejemplo pertinente de varios de los problemas planteados. En primer lugar, interesa el camino por el que llegué a estudiar las partituras populares, en cuanto significa un cambio radical de paradigma en el sentido más clásico planteado

por Kuhn. Mi formación de grado y posgrado en Etnomusicología implicaba el estudio de las músicas orales indígenas y aquellas consideradas folklóricas, de acuerdo a los rasgos exigidos por los teóricos europeos y latinoamericanos hasta la década de 1970 –oralidad, anonimato, profundidad temporal, entre otros-. Mis maestros, destacadas figuras de la disciplina en Latinoamérica, repetían “si lo aprendió de la radio o de un disco, no es folklore”, y establecían una neta división entre música tradicional y música popular, la que luego llamamos “popular mediatizada”. Pero el trabajo de campo me mostraba las incongruencias de esta división.

Así, un músico tacuareboense interpretaba en acordeón una versión de una maxixa que había aprendido de su tío, pero éste la había oído por radio en versión grabada a una troupe carnavalesca de la década de 1930, cantada a varias voces y yo conocía su partitura “de doble hoja” en versión para voz y piano (la que ejecutaban las señoritas en los pianos hogareños). Otro me ofrecía las más de mil de estas partituras, que su familia tomaba como base para hacer música todas las noches, a mediados de siglo, en un casco de estancia del Departamento de Tacuarembó –un paisaje sonoro doméstico hoy inimaginable-, con los instrumentos que tenían a disposición; un alumno me acercaba cientos de estas partituras que habían pertenecido a su abuelo, director de una pequeña orquesta de músicaailable. En Uruguay no se manejaba entonces el concepto de cultura popular escrita, que era lo que tenía en las manos con las partituras “de doble hoja”. Y las piezas supuestamente anónimas que grababa en campo eran identificadas displicentemente por mi padre, mientras yo las analizaba, pues él conocía los títulos y autores a partir de la audición a través de la radio. El paradigma que legitimaba los estudios sobre “folklore musical” no se sostenía frente a los datos del trabajo de campo.

La búsqueda de bibliografía sobre este dilema me llevó a conocer los trabajos sobre música popular mediatizada y sobre cultura popular escrita producidos desde la Sociología de la Música y a proyectos como “Música popular e imagen gráfica”. Primero tuve que animarme a romper el paradigma respetado por décadas sobre lo que era folklore, luego, fascinada –y empleo el término

conscientemente, si no hay ese toque de “querer saber ya” no hay proyecto que camine– por el arte gráfico de las carátulas, comencé la búsqueda de quién podía asociarse conmigo en su análisis más allá de los contenidos literarios y musicales. Me interesaba no sólo caracterizar los documentos, sino saber si era posible vincular arte gráfico con repertorios musicales, danza popular y funciones sociales de las partituras. Luego de varios rechazos por considerarse un tema “loco”, Samuel Sztern se llenó de mi propio entusiasmo. Y ahí comenzó un diálogo entre los criterios de las Bellas Artes y los criterios antropológicos de análisis de la imagen y su relación con el análisis literario y musicológico de textos, música y función coreográfica de los miles de partituras que fuimos adquiriendo en ferias, remates, particulares. Nada más rico, más fértil, de mayor intercambio entre su mirada desde el cánón artístico y mi interés en relacionar, por ejemplo, el expresionismo gráfico con el expresionismo de las letras de tango. Y Sztern fotografiando edificios Art Nouveau montevideanos, los dos descubriendo imprentas musicales uruguayas cuyas litografías empleaban los mismos motivos modernistas. Hasta hoy el Grupo de Investigación del Departamento de Musicología (GIDMUS)<sup>2</sup> aplica exitosamente ese modelo metodológico, ahora a programas de los teatros uruguayos. Los resultados del proyecto (Fornaro y Sztern 1997; Fornaro 2001) tuvieron, en un primer momento, diversos niveles de rechazo a nivel de la academia regional: el tema implicaba riesgo y rupturas.

La experiencia de intercambio entre disciplinas derivó también en una ampliación del campo de interés disciplinar, proceso que he comprobado varias veces, y que debe ser anotado como una potencialidad del trabajo con otras disciplinas. En este caso concreto, no podía obviarse la relación entre la industria de la partitura popular y del disco. En el fondo, subyacía una cuestión epistemológica disciplinar: ¿Dónde está la

<sup>2</sup> El GIDMUS es un grupo reconocido y financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica para el período 2010 - 2013. Integrantes: Marita Fornaro (Responsable Académica), Graciela Carreño, Jimena Buxedas, Marta Salom, Cecilia Mauttoni, Carlos Correa de Paiva, Ana Lecueder, Marcelo de los Santos, Emiliano Aires. Participan también los integrantes del Centro de Investigación en Artes Musicales y Escénicas (Regional Norte) Yoanna Díaz, Gabriela Selgas y José Luis La Greca.



**Figura 1** Cultura popular impresa: partituras populares comercializadas en Uruguay. Archivo Marita Fornaro.

música?

¿En la partitura, como tan segura estaba la Musicología Histórica del siglo XIX y parte del XX, con su enfoque positivista?

¿En la memoria del intérprete, del cultor tradicional, como sostenía la Etnomusicología?

¿En cada una de las performances irrepetibles, sea cual fuera la música interpretada?

¿En el frágil soporte del disco? ¿Y qué hacía que unas músicas fueran canónicas y otras no? ¿Cómo jugaban la política y la economía, expresadas, entre otros aspectos, por el canon europeo como “canon universal”, por las decisiones de las multinacionales del disco?

El Proyecto I+D “La radiodifusión y el disco en Uruguay, 1920 – 1985: un estudio sobre oralidad mediatizada”<sup>3</sup> fue el comienzo de un tema en el que hasta hoy continuamos

**3** Proyecto I+D financiado por la CSIC (2003 – 2005). Responsable académica: Marita Fornaro. Investigadores: Washington Benavides, Jimena Buxedas, Alejandra Argañaraz.

trabajando con los integrantes del GIDMUS y en solitario. Y con este proyecto comenzó una relación con la empresa Sondor, el estudio y sello fonográfico más antiguo del país que continúa hasta hoy. En este caso, hubo que aprender sobre tecnología relacionada con la grabación, dialogar con empresarios e ingenieros de sonido. Y nuevamente las estrategias de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) nos permitieron, una vez avanzado el Proyecto I+D, comenzar el primer relacionamiento con el sector productivo, en este caso privado, en uno de los proyectos que más visibilidad dieron al Departamento de Musicología: “El oro del sonido: una propuesta de vinculación con el sector fonográfico uruguayo en colaboración con el sello Sondor”<sup>4</sup>. El polo teórico de nuestro trabajo se complementó con el interés social: Sondor abrió sus magníficos archivos, los musicólogos

**4** Proyecto de Vinculación con el Sector Productivo financiado por la CSIC (2005 – 2007). Responsable académica: Marita Fornaro. Participaron Jimena Buxedas, Marta Salom, Cecilia Mauttoni, Ernesto Abrines.

debíamos aprender sobre ciencia aplicada para poder socializar ese “oro del sonido” en ediciones críticas -casi inexistentes en Uruguay hasta entonces- pero también aprender sobre tiempos empresariales, derechos de autor, problemas de difusión, trabajo con diseñadores. Como a menudo hemos reflexionado con integrantes de la Unidad Académica de la CSIC, los resultados de un proyecto sólo son visibles, con alguna claridad, años después de que oficialmente se cierra. Hasta hoy continuamos con ediciones críticas, pero tan importante



**Figura 2** Proyecto “Grabando...” Grabación de un cuento en el Estudio A de Sondor. Estudiantes del Liceo Departamental Nº 1 de Rivera. Sondor, Montevideo, 2011. Fotografía: Gonzalo Díaz Fornaro.

como eso, acabamos de cerrar el proyecto “Grabando... ciencia, tecnología y arte en la música de todos los días”, financiado por la ANII<sup>5</sup>, al que accedieron cientos de estudiantes secundarios de varios departamentos, con el sello Sondor como institución asociada. Ya no se trató

**5** Proyecto de Popularización de la Ciencia y la Tecnología, 2010. Responsable académica: Marita Fornaro. Responsable técnico: Rafael Abal. Equipo de trabajo: Marta Salom, Juan Manuel García Galiindo, Jimena Buxedas, Evangelina Galeano.

sólo de entendernos con ingenieros de sonido y empresarios; las dificultades vinieron de adaptar lo logrado a la enseñanza preuniversitaria y de comunicar el proyecto a educadores y gestores locales.

En otro trabajo presentado en este mismo ámbito (Fornaro et al. 2011a) nos hemos ocupado del trabajo multi e interdisciplinario realizado en el macroproyecto “La música y las artes escénicas en las instituciones teatrales uruguayas”. Esta área de investigación se ha ampliado desde la citada publicación, pues además de trabajar en el Teatro Solís de Montevideo y el Teatro Larrañaga de Salto hemos comenzado a hacerlo en el Teatro España de Melo y en el Teatro Young de Fray Bentos.

Nos interesa, ahora, reflexionar sobre las estrategias que nos permitieron relacionar los dos proyectos de largo alcance con enfoque interdisciplinario que ha desarrollado el GIDMUS, el centrado en la música popular mediatizada y el que se ocupa de la música y las artes escénicas en instituciones teatrales. Esta relación se concretó a partir del proyecto I+D “La música popular en el Teatro Solís”<sup>6</sup>, que significó, nuevamente, romper con enfoques construidos desde la academia respecto al Teatro Solís como “templo de la ópera”. Nuestro trabajo en los archivos de este Teatro, como también de los otros ya mencionados, evidenció la fuerte presencia de la cultura popular desde los comienzos mismos de su actividad. Aquí hubo que reflexionar sobre las diferentes modalidades de esta presencia, para lo que se recurrió a la mirada desde la Antropología, diferenciándose desde la distribución socioeconómica de los espacios teatrales hasta las características de los espectáculos, desde los bailes de carnaval hasta el rock y la murga (Fornaro et al. 2011b). Este proyecto incluyó el trabajo con artistas plásticos e investigadores de las artes escénicas y

**6** Proyecto I+D “La música popular en el Teatro Solís. De las cupleteras y los bailes carnavalescos al Canto Popular Uruguayo”, financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República (2009 - 2011). Equipo de trabajo: Marita Fornaro (Responsable Académica), Marta Salom (Responsable de Gestión e investigadora), Jimena Buxedas, Cecilia Mauttoni, Ana Lecueder, Verónica Calcagno (investigadoras). Asesor en Teatro: Sergio Marcelo de los Santos. Asesor en artes plásticas: Enrique Badaró. Participaron por el Teatro Solís como Institución Asociada: Daniela Bouret, Marcelo Sienna.

## ¿Cómo investigamos sobre la música popular en el Teatro Solís?

Te presentamos algunos tipos de documentos



Vestuario, guitarra, disco simple, notas de prensa sobre Diane Denoir.



Artículos de prensa, vestuario, instrumentos musicales, grabaciones...



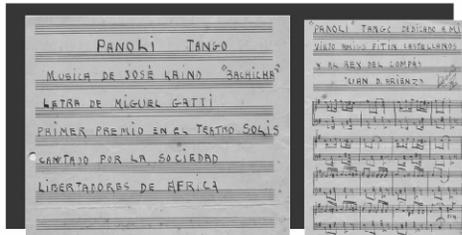
Jimmy Owens



fotografías



afiches



manuscritos



programas de mano

### ENTRADAS LATERALES

lámina 1

**Figura 3** Lámina de material didáctico producido para la exposición "Entradas Laterales: la música popular en el Teatro Solís de Montevideo". Diseño gráfico de Sebastián Pereira y Patricia Kramer.

concretó la actividad más ambiciosa realizada con el equipo de gestión del Teatro: la exposición *Entradas laterales*, que desde la polisemia de su título hasta la decisión de construirla a dos salas, en el Solís y en el edificio Facultad de Artes, intentó resumir seis años de trabajo conjunto. Debíó apelarse entonces a las Ciencias

de la Educación para la preparación de materiales didácticos y al trabajo con curadores y diseñadores. Finalmente, aportó algunas reflexiones sobre un tema de trabajo actual en el que el objeto requiere interdisciplinariedad de manera notoria: la relación entre cuerpo, gesto, música y cognición. Este tema y otros

¿Qué tipos de documentos identificas en esta fotografía de la exposición?



-----  
-----  
-----  
-----

Vincula estos documentos referidos a Eduardo Darnauchans poeta, compositor e intérprete uruguayo



-----  
-----  
-----  
-----

ENTRADAS LATERALES

lámina 2

**Figura 4** Lámina de material didáctico producido para la exposición "Entradas Laterales: la música popular en el Teatro Solís de Montevideo". Diseño gráfico de Sebastián Pereira y Patricia Kramer.

vinculados ha generado importante producción transdisciplinaria a nivel internacional; citamos como ejemplos recientes para la bibliografía en castellano el dossier *Música, cuerpo y cognición* editado por Rubén López Cano (2005); *Desvelando el cuerpo: perspectivas desde las ciencias sociales y humanas*, editado por Josep Martí (2010); *El cuerpo in-cierto. Arte/Cultura/Sociedad*, compilado por Elina Matoso (2010). En nuestro caso, hemos centrado nuestra atención en la relación entre cuerpo, gesto corporal y manifestaciones artísticas, primero atendiendo a la presencia del cuerpo de los artistas y las concepciones del cuerpo en materiales producidos en los medios artísticos uruguayos (Fornaro 2007; 2010), luego buscando la relación entre cuerpo,



**Figuras 5 y 6** Cuerpo, música y género en partituras populares comercializadas en Uruguay durante la década de 1940. Archivo Marita Fornaro.

gesto y producción de música.

Luego de la investigación desarrollada en forma individual, surgió el proyecto “El cuerpo y su registro”, con la Cátedra de Fotografía del Instituto “Escuela Nacional de Bellas Artes” (2009 - 2010)<sup>7</sup>. “El cuerpo y su registro” constituye un ejemplo de que no siempre los objetivos verbalizados en un proyecto son entendidos de igual forma por los participantes. El proyecto, financiado por la Comisión Sectorial de Enseñanza (CSE) en su llamado a propuestas para incentivar la capacidad de investigación de los estudiantes, produjo materiales fotográficos de altísimo valor y constituyó un ejemplo de diferentes enfoques del marco teórico, evidenciados en la diversidad de lectura de los objetivos explicitados, las distintas definiciones de qué es análisis desde la musicología y desde los profesionales de la fotografía. Quizás esta diversidad constituya una de las instancias más saludables que nos han ocurrido en el camino de búsqueda de la investigación interdisciplinaria, para aprender sobre las dificultades de comunicación entre disciplinas. Para quienes participaron desde la Cátedra de Fotografía, la foto es el análisis; quienes trabajamos en Musicología necesitamos la verbalización del análisis de esos magníficos gestos de un artista “congelados” por otro. Y aquí surgen preguntas que, creo, nos hacen avanzar, aunque aún no hayamos encontrado las respuestas.

¿Por qué hemos logrado entendernos mejor con ingenieros de sonido que con artistas? ¿Cómo influyen proximidades y lejanías de las disciplinas? ¿Cómo se da el juego de alteridades? Buscando respuestas, en 2011 trabajamos sobre “El gesto musical y su especificidad”, con estudiantes de Musicología y de interpretación musical, porque, si bien para el outsider todo es música, el enfoque desde la creación artística y el enfoque desde el análisis musicológico puede ser más lejano que el construido entre dos disciplinas como la Musicología y la Antropología, por poner un ejemplo.

<sup>7</sup> Responsables académicos: Marita Fornaro, Alfredo Cha. Con la participación de Héctor Borgunder, Diana Mines y estudiantes del IENBA y la EUM.

Ahora bien, luego de este recorrido, corresponde plantearse si se logró investigación interdisciplinaria y qué tipo de interdisciplinariedad se concretó. En el Seminario *En\_clave inter* 2010 planteamos consideraciones sobre los vínculos con la Archivología. Reflexiono ahora sobre las múltiples clasificaciones de la interdisciplina. Considero que el proyecto “Música popular y arte gráfico” logró lo que ha sido definido como “interdisciplinariedad unificadora” desde la década de 1980, con una coherencia que implica integración teórica y metodológica entre las disciplinas. El trabajo con archivólogos supone un tipo diferente, en ocasiones llamada “interdisciplinariedad auxiliar”: no construimos teoría juntos, sino que recurrimos a las exigencias de la otra disciplina para el adecuado manejo de los materiales.

Una clasificación reciente que puede aportar a este intento tipológico es la sostenida por Barry, Born y Weszkalnys (2008) al plantear tres “lógicas de la interdisciplinariedad”: la que corresponde a un modelo integrativo o de síntesis, en el que el campo interdisciplinario es concebido en términos de integración de dos o más “disciplinas antecedentes” en forma relativamente simétrica. Para Mansilla y Gardner (2007, *vide* Barry, Born y Weszkalnys 2008) este tipo de relación es de tipo aditivo. Un segundo tipo de interdisciplinariedad es concebida como de subordinación o servicio, con una división jerárquica del trabajo; y un tercer tipo supone una modalidad de trabajo agonista/antagonista, en el que no se da síntesis ni subordinación sino una actitud crítica o de oposición respecto a los límites intelectuales, políticos o éticos de las disciplinas establecidas. Este modelo de trabajo respondería al objetivo de refutar o trascender los supuestos epistemológicos de disciplinas con estatus adquirido históricamente (Barry, Born y Weszkalnys 2008:28 - 29).

El análisis de nuestras investigaciones a la luz de esta clasificación nos permite identificar el primer modelo en el proyecto “Música popular y arte gráfico”. En la investigación sobre instituciones teatrales y artes escénicas encontramos, según las disciplinas, diferentes tipos de vinculaciones: el trabajo con archivólogos

implica, en algunos casos, relaciones de subordinación, en otros, de integración, mientras que en los objetivos de la producción de conocimiento original son evidentes los aspectos de antagonismo respecto a los supuestos epistemológicos de una Musicología Histórica tal como era concebida en Uruguay hasta comienzos del siglo XXI. Para cerrar estas reflexiones encontramos útil resumir algunos aspectos que consideramos factores de influencia en el camino recorrido:

1. Desde el punto de vista de la teoría, fue importante incluir siempre la mirada de una disciplina de vocación integradora como la Antropología.

2. Desde el punto de vista de las expectativas metodológicas, creemos que haber logrado una visión juzgada como innovadora (luego de ser considerada como desquiciada, claro) en el primer trabajo interdisciplinario de largo aliento, “Música Popular e Imagen Gráfica”, nos alentó a profundizar en las vinculaciones a nivel de métodos: el acercamiento de múltiples métodos para proponer una metodología nueva.

3. Por otro lado, el contexto de las instituciones en las que desarrollamos gran parte del trabajo más allá del ámbito de la UDELAR fue de suma importancia para los proyectos de mayor visibilidad. Luego de décadas donde la indiferencia del sector público y privado desanimaba al investigador más tenaz, desde los primeros años de este siglo instituciones públicas y privadas han comenzado un camino de confianza y colaboración que esperamos sea irreversible. Ese camino incluyó la multi o

interdisciplinariedad, que sentimos profundizar con el tiempo. Para el GIDMUS resulta fundamental habernos relacionado con las demandas sociales a través de instituciones concretas.

4. Otro aspecto a señalar es la importancia de la integración de nuestros investigadores en redes académicas, ya sea redes en sentido estricto, ya sea a través de la pertenencia a instituciones de perfil interdisciplinarios.

5. El tiempo de trabajo conjunto es indispensable para penetrar en la alteridad. Y aquí debe anotarse una diferencia: las dificultades no son las mismas si dos profesionales acercan sus enfoques, que cuando dos equipos buscan trabajar en conjunto. El trabajo en equipo multiplica las ventajas, pero también el riesgo.

Finalmente, cabe señalar la efervescencia actual de las miradas inter y transdisciplinarias sobre lo sonoro y la cognición del sonido. Trabajos como *Noise, Water, Meat. A History of Sound in the Arts* de Douglas Kahn -para poner un ejemplo, si bien ya tiene más de una década-hubiera sido impensable para mis maestros, a pesar de haberme formado en varias disciplinas. Por ello, quiero cerrar este trabajo resumiendo los aspectos que me parecen clave para el desarrollo interdisciplinario a partir o con la participación de una disciplina que aún necesita reafirmar su estatus en el país: asunción del riesgo, resignación del control total, interés por la innovación, cuestionamiento continuo de la actualidad del quehacer disciplinario, atención a los campos emergentes y, sobre todo, necesidad de saber más y de manera creativa. En eso consiste, creo, la esencia de la búsqueda y el encuentro de socios para este camino de trabajo.

**8** Red Temática “Contrapunto” (1997 - 1999), con vinculaciones hasta la actualidad. Red financiada por el Ministerio de Educación y Cultura de España. Universidades participantes: Universidad de Valladolid (coordinadora), Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Oviedo, Universidad Católica de Chile, Universidad del Litoral (Argentina), Universidad de la República. Red Temática “Músicas Iberoamericanas actuales: marcos teóricos, metodologías, resultados” (2004 - 2005). financiada por el Ministerio de Educación y Cultura de España. Universidades participantes: Universidad de Valladolid (coordinadora), Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Oviedo, Universidad Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Instituto Superior de Arte de La Habana, Universidad de la República.

**9** Como la International Society of Musicology, a través del Study Group “Rapporti Italo Ibero Americani. Il Teatro Musicale” (RIIA), de enfoque multidisciplinario, y la “International Society for the Study of Popular Music” a través de su Rama Latinoamericana, de vocación claramente interdisciplinaria. Esta pertenencia a redes nos ha permitido contrastar continuamente los resultados de nuestra investigación a nivel teórico y metodológico con expertos de otros países y de compartir y complementar conocimiento generado (la base de datos compartida sobre el Teatro Solís, generada con el Study Group antes mencionado, es un ejemplo de los productos de estas vinculaciones).

**Referencias Bibliográficas**

Adler, G. (1885): "Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft", Vierteljahrsschrift für Musikwissenschaft, 1: pp 5-20.

Ayestarán, L. (1967): "El folklore musical uruguayo", Arca, Montevideo.

Ayestarán, L. (1968): Teoría y práctica del folklore, Arca, Montevideo.

Barry, A., Born G., y Weszkalnys, G. (2008): "Logics of interdisciplinarity". Economy and Society, Vol. 37, Nº 1.

Blacking, J. (1973), How musical is man?, Seattle/Londos, University of Washington Press.

Fornaro, M. (2001): "Difusión y publicidad de modas musicales en Uruguay: 1920 - 1950", Campos interdisciplinarios de la Musicología, Begoña Lolo, Sociedad Española de Musicología, Madrid.

Fornaro, M. (2007): "La voz corporeizada: voz e imagen en la industria radiofónica uruguaya durante la primera mitad del siglo XX", Actas del VII Congreso Latinoamericano de la IASPM En:[http://www.hist.puc.cl/iaspm/lahabana/articulosPDF/Marita\\_Fornaro.pdf](http://www.hist.puc.cl/iaspm/lahabana/articulosPDF/Marita_Fornaro.pdf)

Fornaro, M. (2010a): "Género, belleza y salud: la representación del cuerpo en los medios artísticos uruguayos durante la primera mitad del siglo XX". En: Josep Martí y Yolanda Aixelà (Eds.), "Desvelando el Cuerpo. Perspectivas desde las ciencias sociales y humanas", Institución Milá y Fontanals, CSIC, Barcelona.

Fornaro, M. (2010b): "Teoría y terminología en la historia de la música popular uruguaya: los primeros cincuenta años", En: Actas del IX Congreso de la IASPM-AL. En: [iaspmal.net/ActasIASPMAL2010.pdf](http://iaspmal.net/ActasIASPMAL2010.pdf).

Fornaro, M. y Sztern S. ( 1997): "Música popular e imagen gráfica en el Uruguay, 1920 - 1940", Universidad de la República, Montevideo.

Fornaro, M., Salom, M., Carreño, G. y Buxedas, J. (2006): "El Archivo del Teatro Solís de Montevideo: análisis de la inserción del Teatro en la sociedad uruguaya a través de los programas de espectáculos, 1856 - 1930", Boletín Música Casa de las Américas Nº 17, La Habana.

Fornaro, M. y Salom, M. (2007): "El género Ópera en Uruguay: una mirada múltiple". En: Opus Ópera, Teatro Solís, Montevideo.

Fornaro, M., Salom, M., Carreño, G., Buxedas, J. y Mauttoni, C. (2007): "Presencia e influencia española en el Teatro Solís de Montevideo (1856-1930): zarzuelas, sainetes, cupleteras y tangos...", Cuadernos de Música Iberoamericana, Vol. 13, Instituto Complutense de Ciencias Musicales, Madrid.

Fornaro, M. (2011): "Los archivos musicales en Uruguay: sobre las relaciones entre Musicología y Archivología", En: Archivos y música. Reflexiones a partir de experiencias de Brasil y Uruguay, Comisión Sectorial de Educación Permanente/Escuela Universitaria de Música, Universidad de la República, Montevideo.

Fornaro, M., et al. (2011): "Investigar las artes musicales y escénicas: aperturas interdisciplinarias para atrapar lo efímero", En: Reflexiones

sobre la interdisciplina en la Universidad de la República, Seminario En\_Clave Inter, Espacio Interdisciplinario, Udelar, Montevideo.

Fornaro, M., Lecueder, A. y Selgas, G. (2011): Voces del Larrañaga. Las historias de un teatro, Catálogo de la exposición, CIAMEN, Montevideo.

Fornaro, M., et al. (2011b): Entradas laterales: la música popular en el Teatro Solís. Montevideo: EUM. (CD ROM).

Frascati Manual, The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development (2002), OECD, En: [http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECDFrascatiManual02\\_en.pdf](http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECDFrascatiManual02_en.pdf)



## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

**Ana Meikle<sup>1</sup>, Daniel Cavestany<sup>1</sup>, Mariana Carriquiry<sup>2</sup>, Lourdes Adrien<sup>1</sup>, Virginia Artegoitia<sup>1</sup>, Isabel Pereira<sup>6</sup>, Gretel Ruprechter<sup>1</sup>, Paula Pessina<sup>1</sup>, Gonzalo Rama<sup>1,5</sup>, Andrea Fernández<sup>1</sup>, Martín Breijo<sup>3</sup>, Daniel Laborde<sup>6</sup>, Otto Pritsch<sup>3,5</sup>, Juan Manuel Ramos<sup>6,7</sup>, Elena de Torres<sup>1</sup>, Paula Nicolini<sup>1</sup>, Alejandro Mendoza<sup>4</sup>, Joaquín Dutour<sup>2</sup>, Maite Fajardo<sup>2</sup>, Ana Laura Astessiano<sup>2</sup>, Laura Olazábal<sup>8</sup>, Diego Mattiauda<sup>2</sup>, Pablo Chilibroste<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Veterinaria, <sup>2</sup>Agronomía, <sup>3</sup>Medicina; <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, <sup>5</sup>Institut Pasteur de Montevideo, <sup>6</sup>Veterinarios Profesión liberal Uruguay; <sup>7</sup>Universidad de la Empresa, <sup>8</sup>Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

# AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LA VACA LECHERA DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN EN URUGUAY: UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO

### Resumen

La transición del estado preñada no lactante al no preñado lactante es un período de cambios dramáticos para la vaca, la cual debe adaptar su metabolismo a las fuertes exigencias que le demanda la producción. Del equilibrio con que la vaca resuelva este proceso dependerá la capacidad de maximizar la producción y la calidad de la leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez. La mejora nutricional, la selección genética y el manejo animal han aumentado la producción de leche en las últimas décadas, y esto se asocia a una disminución del desempeño reproductivo y al aumento de problemas sanitarios. Esta revisión resume trabajos realizados en los últimos años en

Uruguay, enfatizando el manejo diferencial de nutrientes, la respuesta en comportamiento ingestivo, los mecanismos endocrino-moleculares de la partición de nutrientes y su relación con la fertilidad en vacas lecheras. Se reportan experimentos que estudian la eficiencia productiva de diferentes biotipos lecheros y razas, así como marcadores moleculares asociados a parámetros de interés económico. Se describen trabajos en salud que identifican el período de transición como período de riesgo a enfermedades metabólicas, infecto-contagiosas y traumáticas. Se concluye que los estudios integrados en problemas de relevancia nacional es la respuesta necesaria a sistemas biológicos complejos como lo es la vaca lechera en pastoreo en transición.

## **La producción de leche en Uruguay**

En Uruguay, la producción de leche ha venido creciendo en los últimos 30 años, sin embargo, el número de productores descendió significativamente, desapareciendo más de 2000 productores en los últimos 20 años y concomitantemente ha habido un aumento de la escala de los tambos en términos de vacas en ordeño. Las exportaciones de productos lácteos se aproximan al 70% en relación al volumen total disponible, fundamentalmente como commodities (leche en polvo, quesos) por lo que cobra relevancia el contenido de sólidos de la leche; consecuentemente las industrias han impuesto el criterio de pago por los mismos. Estas condiciones son inmejorables para sentar las bases y generar las herramientas necesarias que permitan agregar valor a la materia prima para la elaboración de productos básicos especializados para nuestros mercados compradores.

En nuestro país por tratarse de un sistema pecuario de base pastoril, la producción de leche acompaña la producción estacional de las pasturas dándose en primavera el máximo de producción de leche. Los sistemas de producción de leche exhiben un desbalance estructural entre oferta y demanda de nutrientes. Este desbalance se intenta corregir con suplementación, con reservas forrajeras y concentrados, derivando en sistemas con niveles crecientes de complejidad operativa, requerimientos de infraestructura y fundamentalmente de precisión en el manejo de los recursos alimenticios. El uso intensivo de pasturas mejoradas con concentrados y ensilados fueron uno de los factores claves que permitió el salto productivo de 1695 a 3388 litros por vaca en ordeño en los últimos 15 años. Las evaluaciones genéticas nacionales de la raza Holando indican que la genética del rodeo lechero uruguayo proviene predominantemente de América del Norte. La selección genética por producción de leche - asociado a la difusión del Holando de alta producción- a nivel mundial durante las últimas décadas ha sido un factor primordial en la mejora productiva internacional.

## **Aspectos limitantes del sistema de producción lechero uruguayo**

La leche bovina juega un papel central en la nutrición humana y es un ingrediente que se consume globalmente en diferentes formas y destinos. Las principales líneas de investigación de la industria láctea internacional se focalizan en la valorización e innovación de productos por las propiedades de algunos componentes lácteos en la promoción de aspectos saludables y terapéuticos de la leche (Bauman et al. 2006). Por ejemplo, el ácido linoleico conjugado (CLA), tiene diferentes propiedades como inhibidor de la carcinogénesis y de la aterogénesis, mejora de la capacidad del sistema inmune, previene la obesidad y posee efectos antidiabéticos y mejoras en la mineralización ósea (Pariza et al. 2001). El aumento en la ingesta de la pastura fresca resulta en un aumento de 2 a 3 veces en el contenido CLA en la leche (Dhiman et al. 1999) y esto posiciona a nuestro sistema pastoril de producción de leche de forma ventajosa a nivel internacional. La investigación nacional respecto a calidad de leche en Uruguay respecto a la maximización de componentes nutraceuticos de forma natural es escasa, actualmente el agregado de alguno de estos elementos es netamente a nivel industrial. Resulta entonces prioritario que Uruguay como Marca País genere su mensaje claro, sólido, inteligente y coherente acorde a esa imagen.

Por otro lado, el consumo de materia seca (MS) en sistemas de pastoreo es usualmente más bajo que en sistemas de confinamiento y podría ser insuficiente para sostener la alta producción de leche que puede lograrse con el potencial genético (Kolver y Muller 1998; Chilibroste et al. 2012). En investigaciones nacionales el análisis de las curvas de lactancia sugiere que los animales no logran expresar su potencial productivo, seguramente en respuesta al desacople entre requerimientos-oferta de nutrientes y ambiente productivo (Chilibroste et al. 2012). A la complejidad mencionada del sistema pastoril de producción de leche se le debe agregar la comprensión del comportamiento

ingestivo de la vaca lechera en el posparto temprano. Esto es especialmente relevante debido a la depresión de la ingesta de materia seca que tiene lugar al parto. Producir un ternero a intervalos regulares es un prerrequisito para obtener una performance de la lactación rentable (Royal et al. 2002) y el intervalo parto concepción es quien lo determina. El aumento productivo ha provocado una disminución de los indicadores reproductivos; la información es consistente en señalar tasas de preñez de entre un 20 a 30 % menores desde la década del '60 al presente en diferentes países y mayores problemas reproductivos y sanitarios (Roche et al. 2000; Lucy 2001; Royal et al. 2002). En Uruguay, estudios en 200 mil lactancias, indicaron que el intervalo parto-concepción (IPC) aumentó de 131 a 150 días de 1997-2001 a 2001-2005 (Rovere et al. 2007). Esto indica que la situación nacional actual no escapa a la de Holstein a nivel mundial, la presión por la selección, sus consecuencias en producción y reproducción. El síndrome de subfertilidad surge de la interacción del sistema de manejo, el biotipo y los procesos metabólicos que subyacen en ese aumento de la producción (Gutierrez et al. 2006). Como forma de levantar estas restricciones, en los últimos años se ha introducido genética de Nueva Zelanda, debido a la similitud del sistema pastoril con el de nuestro país. Nueva Zelanda exporta alrededor del 90% de la producción, por lo que cobran importancia los sólidos en leche. La producción en Nueva Zelanda prioriza el manejo de pasturas - 90 % de la dieta - por lo que la mayoría de los predios presentan parición estacional, se procuran vacas livianas, sanas y fértiles (Holmes 2007). A nivel nacional, la investigación al respecto es incipiente. Hay aún menos información respecto a la asociación de marcadores moleculares genéticos (ej: cambios de un solo nucleótido) y parámetros productivos y reproductivos en leche; a pesar de que estos kits comerciales están en Uruguay y se utilizan para predecir comportamientos fenotípicos de interés.

El conflicto en el desempeño productivo versus el reproductivo está en gran parte condicionado por el manejo diferencial en el que se puede incidir especialmente durante el período de transición. A la alta

demanda metabólica por producción de leche se le suma la disminución (30%) del consumo previo al parto (Grummer 1995) que promueve la movilización de reservas corporales, es decir, el balance energético negativo (BEN). Los cambios que ocurren durante este período están directamente relacionados a los procesos<sup>1</sup> de adaptación del sistema digestivo<sup>2</sup> a la alimentación que recibirán luego del parto y del metabolismo<sup>3</sup>. Los cambios en el metabolismo de los tejidos/órganos del cuerpo necesarios para apoyar una función fisiológica específica (teleoforesis) (Bauman y Currie 1980), aseguran la uniformidad del flujo de nutrientes en apoyo de la lactancia. Esta partición de nutrientes es comandada por señales hormonales que en conjunto con los perfiles metabólicos pueden ser utilizados como herramientas predictivas del estado de salud de rodeo. En ese estado fisiológico las vacas lecheras de alta producción tienen una utilización de nutrientes por parte de la glándula mamaria superior a la del resto del cuerpo, a tal extremo que Brown (1969) ha sugerido que la vaca debe ser concebida como un apéndice de la ubre y no viceversa. Este tiempo de sub-alimentación experimentado por los animales al inicio de la lactancia no sólo afecta la magnitud de la respuesta residual de producción en toda la lactancia, sino que agrava el desempeño reproductivo. Es en este período que se concentran las enfermedades metabólicas o tecnopatías de la producción de leche actual. Del equilibrio con que la vaca resuelva este proceso dependerá la capacidad de maximizar la producción de leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez (Grummer 1995).

La fragilidad del organismo se refleja en la actividad del sistema inmune de la vaca que está fuertemente deprimida alrededor del parto. Se ha descrito una disminución transitoria importante de células de defensa después del parto causado por un importante pasaje de neutrófilos hacia el tracto reproductivo. La capacidad de los linfocitos para responder y la producción de

1 <http://www.monografias.com/trabajos14/administ-procesos/administ-procesos.shtml#PROCE>

2 <http://www.monografias.com/trabajos7/sidiy/sidiy.shtml>

3 <http://www.monografias.com/trabajos14/metabolismo/metabolismo.shtml>

anticuerpos se ve también afectada alrededor del parto (Kehrli et al. 1989), por lo que se reportó una disminución dramática de los niveles séricos totales de IgG e IgM en el período entre la semana 8 previa al parto y la cuarta semana postparto (Herr et al. 2011). Aún se desconoce el mecanismo fino que determina la depresión del sistema inmunológico en el periparto pero se acepta que factores endócrinos y nutricionales estarían fuertemente involucrados (Goff y Horst 1997; Vangroenweghe et al. 2005). Estos hallazgos podrían explicar la alta incidencia de enfermedades infecciosas durante este período.

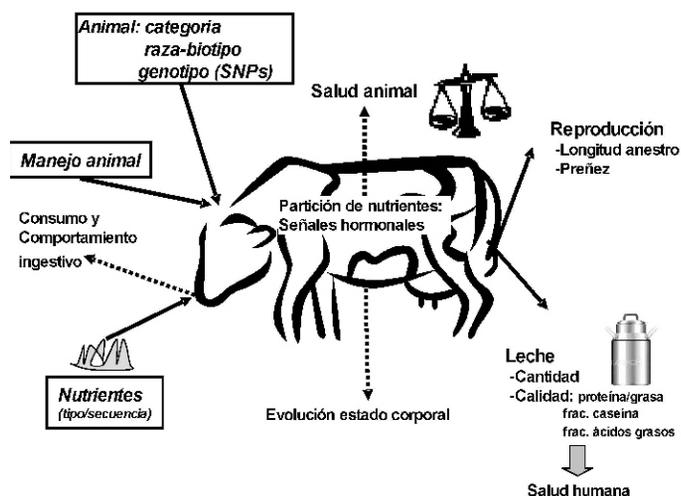
Finalmente, la presión por producción y el manejo a gran escala de los tambos ha aumentado significativamente los factores de riesgo que desencadenan varias de estas enfermedades. En esas circunstancias, el período de adaptación de las vacas a la dinámica de ordeño y cambios de manejo de la alta producción se puede ver comprometido. Pautas de comportamiento animal y diseño de instalaciones comienzan a jugar un importante rol como factores de riesgo de enfermedad y daño del bienestar animal. Uno de los problemas es el mantenimiento de los caminos y áreas de pasaje; así como los largos períodos que las vacas permanecen sobre el cemento de la sala de espera y las largas distancias que recorren para comer; esto representa un gran potencial traumático para el aparato locomotor. Por otra parte, la alimentación de estas máquinas metabólicas para producir grandes volúmenes de leche, implican un gran desafío nutricional. En nuestras condiciones, las grandes variaciones en la disponibilidad de diferentes tipos de granos y la inestabilidad de los precios conspiran contra una adecuada planificación de la nutrición de las vacas y exponen al sistema a riesgos sanitarios. Cambios bruscos y desajustes en estos aspectos pueden ser el origen de brotes de acidosis, cojeras y otros tipos de patologías que causan gran dolor, daño al animal y merma en la producción del rodeo.

Es por lo tanto el período de transición donde se concentran los problemas sanitarios del rodeo lechero y la base radica en la presión metabólica que implica los altos niveles de producción de leche potenciales del rodeo lechero actual desfasada con la capacidad de ingesta. La clínica individual carece de efecto preventivo

y representa un enfoque erróneo de las problemáticas sanitarias. Cuando las vacas se enferman, la leche ya se perdió y la intervención clínica -si bien necesaria- supone un esfuerzo tardío que en ocasiones tiene un magro impacto en controlar las pérdidas económicas que representan estas patologías (Ramos 2007). Además, la buena imagen de la industria láctea pastoril asociada al bienestar animal y productos saludables se ve comprometida por la presencia de enfermedades en los rodeos lecheros actuales. El desafío de los sistemas de producción de leche al que se exponen los técnicos asesores no es posible de ser alcanzado por una sola disciplina. La necesidad de conocimiento original que permita comprender los procesos biológicos que subyacen a la relación ambiente-animal-producto es esencial para maximizar la relación costo-beneficio de la empresa. Esto es aún más relevante si se tiene en cuenta que la investigación de estos procesos se concentran en sistemas de estabulación y que el sistema pastoril de producción de leche sudamericano tiene características particulares que limitan la transferencia del conocimiento generado en otros sistemas productivos, incluso pastoriles.

### **Modo conceptual de trabajo**

En la figura 1 se esquematiza la forma de trabajo propuesta para generar conocimiento original en lechería. Los recuadros indican los efectos o tratamientos (inputs) estudiados; el énfasis se ha puesto en el manejo nutricional antes o después del parto referido tanto a niveles de suplementación u oferta de pastura como tipo de nutriente. Hemos estudiado aspectos del manejo animal (hora de pastoreo, dominancia) y caracterizado las respuestas acorde a la categoría animal (edad, número de partos) e iniciado estudios respecto genética animal (cruza y biotipo lechero y presencias de alelos específicos). Las variables de respuesta (outputs) económica implican el producto (leche: cantidad y calidad en términos de grasa/proteína y de fracciones de caseínas y ácidos grasos) o parámetros reproductivos que son mas difíciles de cuantificar (longitud del anestro postparto, tasas de preñez, etc.).



**Figura 1** Esquema de forma de trabajo en vaca lechera en transición.

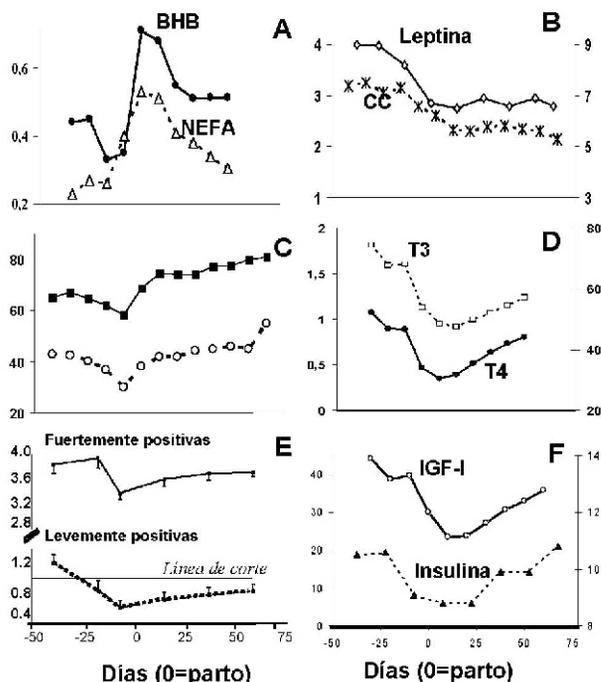
Las variables de respuesta que implican determinaciones en el animal como lo son el comportamiento ingestivo, la evolución de las reservas corporales (condición corporal), los perfiles hormonales y metabólicos en sangre y la sensibilidad y/o respuesta de tejidos específicos permiten comprender cómo los diferentes inputs (efectos que se desean investigar) provocan los outputs. El estudio integrado de los mecanismos que implican la respuesta productiva a manejos animales diferenciales constituye el camino al desarrollo de tecnologías a ser transferidas a nuestro medio productivo. La investigación debe contemplar la repercusión a diferentes niveles de respuesta para así maximizar la rentabilidad del sistema productivo lechero, teniendo como eje primordial el mantenimiento de la salud y bienestar de los animales.

### Período de transición: datos nacionales

En los experimentos realizados hemos observado que la gran movilización en condición corporal (CC) que ocurre en el pre y posparto temprano (Figura 2B) se acompaña

de una pronunciada elevación de ácidos grasos no esterificados (NEFA, Figura 2A, Meikle et al. 2004; Cavestany et al. 2005, 2009; Adrien et al. 2012; Rupprechter et al. 2011), que se asociaron con una mayor abundancia de los transcriptos en hígado de enzimas reguladoras de la  $\beta$ -oxidación (Carriquiry et al. 2010). A este aumento de NEFA le sigue frecuentemente un aumento de  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) el cual refleja la importante lipólisis y déficit energético (Figura 2A) que frecuentemente se mantiene elevado posiblemente debido a la hidroxilación ruminal del butirato.

La pérdida de condición corporal es, en general, más abrupta en vacas primíparas que multíparas (Meikle et al. 2004; Meikle et al. 2005; Adrien et al. 2012) y se acompaña con una disminución en las concentraciones de leptina (Figura 2B) lo cual es consistente ya que ésta es sintetizada por los adipocitos y varía con cambios en el porcentaje de depósitos grasos (Delavaud et al. 2000). Las vacas lecheras frecuentemente pierden más del 60 % de su grasa corporal durante la lactación temprana (Tamminga et al. 1997). La leptina inhibe el consumo y aumenta la tasa metabólica por lo que se sugiere que esta disminución es estratégica para estimular el consumo de la vaca lechera posparto y para disminuir el consumo periférico de nutrientes (disminución de la tasa metabólica). En el mismo sentido las hormonas tiroideas (T3, T4) disminuyen drásticamente antes del parto y las concentraciones observadas durante el posparto no se recuperan comparativamente con las del preparto (Meikle et al. 2004).



**Figura 2** Perfiles metabólicos y endócrinos y evolución de la Condición Corporal en el periparto. A) Ácidos grasos no esterificados (NEFA, mM) y  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB, mM), B) Condición corporal (CC) y leptina (nM), C) Proteínas totales plasmáticas (g/L) y globulinas (g/L), D) Tiroxina (T4, nM) y 3,30,5-triiodotironina (T3, nM), E) Absorbancias relativas a los controles positivos del kit VMRD a Leucosis bovina (absorbancias mayores a 1 son positivas a Leucosis), F) IGF-I (nM) e insulina ( $\mu$ UI/mL). Modificaciones de Meikle et al. 2004; Cavestany et al. 2005; Rama et al. 2012.

Los metabolitos nitrogenados disminuyen alrededor del parto y están vinculados a la dieta (datos no mostrados, Cavestany et al. 2005, 2009; Meikle et al. 2004, 2006; Pereira et al. 2010b; Adrien et al. 2012). Vacas con dietas pobres en proteína compensan en parte el déficit a través de la movilización de sus reservas corporales y la disminución de la eliminación renal de urea, lo que se

refleja en pérdidas de peso, CC y disminución de la producción láctea. Por otro lado, el aumento de proteína plasmática durante el posparto está correlacionado positivamente con el consumo de MS que gradualmente se incrementa durante el posparto (Figura 2C). Las concentraciones de insulina e IGF-I están disminuidas alrededor del parto (Figura 2F, Meikle et al. 2004, Cavestany et al. 2009, Pereira et al. 2010, Adrien et al. 2012; Astessiano et al. 2012), consistente con la reducción de la ingesta y el balance energético negativo que caracteriza este período. Estos datos son consistentes con el conocimiento generado respecto de la partición de nutrientes del período de transición de la vaca lechera. La hormona del crecimiento (GH) es la hormona teleforética por excelencia, que promueve el uso de estos nutrientes por la ubre, ya que “apaga” el consumo del combustible esencial (glucosa) por parte de los tejidos periféricos. Una de las estrategias utilizadas por la vaca lechera de alta producción es desacoplar el eje somatotrófico, es decir, insensibilización hepática a la GH (menores concentraciones del receptor de GH, GHR) que se traduce en menores concentraciones de su mediador, el factor insulina-simil I (IGF-I), (Kobayashi y col. 1999). Resultados nacionales (Astessiano et al. 2012), demuestran que la expresión hepática de los transcritos de GHR-variante 1A e IGF-I disminuyeron en el pre al posparto en vacas lecheras sobre pastoreo, pero en menor medida en vacas alimentadas con raciones totalmente mezcladas (TMR). El desacople del eje GH-IGF-I repercute en varios órganos y tejidos, pero se destaca que la falta de retroalimentación negativa sobre la GH, promueve una mayor concentración circulante de esta hormona y por lo tanto, una mayor acción teleforética. Asimismo, menores concentraciones de IGF-I e insulina (Figura 2F), favorecen el catabolismo periférico que soporta a la lactancia.

Por otro lado, la insulina y el IGF-I son las mismas hormonas que estimulan el desarrollo folicular y el reinicio a la ciclicidad ovárica luego del parto. Hemos demostrado que una mejor CC al parto (3) se asocia con concentraciones de IGF-I más altas y anejros pospartos más cortos (Meikle et al. 2004). La relación insulina/GH/IGF-I y el día del nadir de balance energético influncian el crecimiento folicular y primera ovulación posparto (Beam y Butler 1999). El reestablecimiento del

BEN se refleja en el aumento de insulina e IGF-I, (Figura 2F) y se asocia con el comienzo del aumento de la ingesta y con el fin del desacople del eje somatotrófico.

Las vacas primíparas presentan mayor dificultad para recuperarse del BEN, reflejado esto a través del perfil metabólico y endócrino más desbalanceado y peores índices reproductivos que las múltiparas (Meikle et al. 2004, 2005; Cavestany et al. 2009; Adrien et al. 2012), proceso probablemente agravado por el estrés que implica su primera lactancia. Esto puede ser el resultado de que estos animales están en desarrollo, aunque también bajo condiciones pastoriles, el efecto de dominancia por la disponibilidad de comida está presente (Grant y Albright 2001). Además, se ha observado que la actividad durante la sesión de pastoreo es baja y se observan muy bajas tasas de bocado en vacas primíparas recién paridas (Chilbroste et al. 2012). La inmunodeficiencia que caracteriza al período de transición se puede observar en la disminución marcada de las globulinas (re-dirección calostro, Figura 2E) y está asociada al marcado incremento de las patologías infecciosas reproductivas, mamarias, podales u otras (Blowey 2005; de Torres 2010). En estudios nacionales se encontró que el recuento celular por cuarto es significativamente más alto en el primer tercio de lactancia que en el segundo (odd ratio:1.58, de Torres 2010), en acuerdo con la bibliografía internacional que reporta que la mayor incidencia de mastitis es durante los primeros 70 días de lactación (Seegers et al. 2003). En un trabajo reciente (Rama et al. 2012) reportamos que vacas positivas a Leucosis - es decir con densidades ópticas por encima de los controles positivos incluidos en los kits -presentan una disminución en estos títulos que representan entre 40-60% de los niveles preparto iniciales (Figura 2E). Se demostró la existencia de falsos negativos desde el día -20 al +60, indicando que debe evitarse tomar muestras para diagnóstico serológico de enfermedades infecciosas en este período, al menos para Leucosis bovina. Además de las consideraciones respecto al diagnóstico, la inmunosupresión existente en este período podría modificar la carga de posibles patógenos presentes en la madre durante el periparto, es decir, el animal podría perder la capacidad de controlarlos, reactivando la infección y originando como consecuencia un aumento de su carga con las

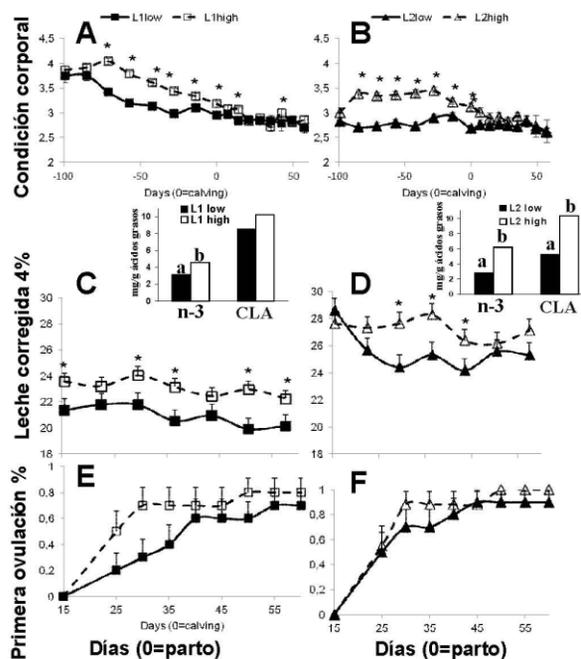
consecuencias obvias en el propio animal y en el rodeo. Otras patologías se ven exacerbadas por el balance energético negativo que sufre la vaca lechera durante el período de transición. Ramos et al. (2012) han demostrado que en nuestras condiciones productivas, las cojeras tienen mayor posibilidad a presentarse en la etapa de lactancia media (60 - 120 días posparto, dpp) respecto a la temprana (<60 días) o tardía (>120 dpp). Esto es consistente con estudios que demuestran que la condición corporal de las vacas está positivamente correlacionada con el espesor del cojinete plantar, el cual disminuye desde el primer mes de lactancia y alcanza su nadir a los 120 días posparto. La disminución del cojinete plantar - estructura compuesta fundamentalmente de tejido adiposo que disminuye presiones mecánicas en el pie - se asocia al aumento en la prevalencia de varias patologías podales (Bicalho et al. 2009).

### **Nutrientes: Énfasis en memoria metabólica y manejo nutricional diferenciales en el periparto**

Los efectos del manejo nutricional sobre la producción de leche (cantidad y calidad) y los parámetros reproductivos han sido reportados exhaustivamente a nivel mundial. Sin embargo, los resultados son variables y frecuentemente contradictorios. Los diseños difieren en el grado de reservas corporales (memoria metabólica), nivel de energía/proteína y fuente de la dieta, inclusión de nutrientes específicos, magnitud y duración del BEN, además de otros factores experimentales como raza, edad, momentos en los cuales se aplica tratamientos nutricionales respecto al período de transición y a la toma de observaciones. Esto obviamente dificulta la comparación de resultados y obtener conclusiones prácticas de manejo; esto es especialmente relevante en estudios sobre pastoreo controlado, debido a que la mayor parte de la información proviene de sistemas de producción de leche de estabulación.

Todos nuestros experimentos han mostrado que vacas con mayor condición corporal, movilizan más reservas y presentan mayores concentraciones de NEFA que vacas con pobre CC en el preparto o al parto (Meikle et al. 2004, Adrien et al. 2012). En la figura 3, se muestra la evolución de las vacas primíparas (L1) y múltiparas (L2) con baja (low) o alta (high) CC, inducida nutricionalmente de los -

100 a los -30 días preparto (Adrien et al. 2012); a las 3 semanas posparto no se encontraron diferencias de CC entre grupos.

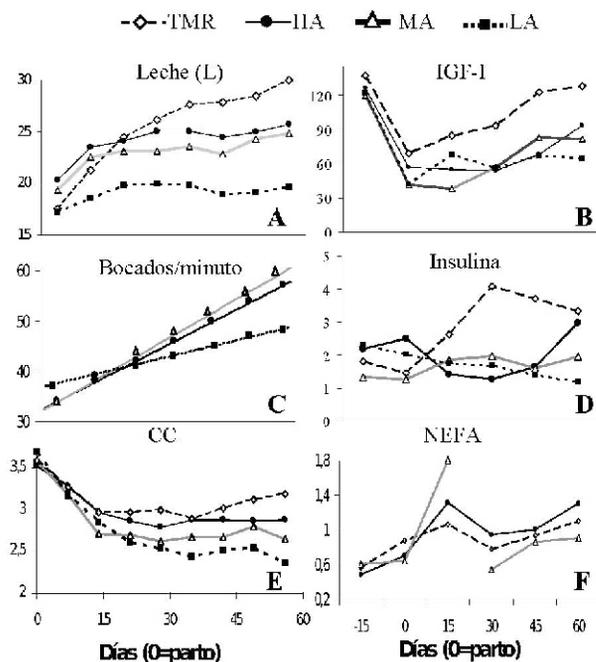


**Figura 3** A/B) Evolución de la condición corporal, C/D) leche corregida por grasa al 4% y E/F) primera ovulación en vacas primíparas (L1) y multiparas (L2) con alta (high) y baja (low) condición corporal un mes antes del parto. Gráficos insertos son ácidos grasos omega 3 (n-3) y ácido linoleico conjugado (CLA). Asteriscos  $P < 0.05$ . a vs b  $P < 0.05$ . Adrien et al. 2012; Artegoitia et al. 2012.

Esta mayor oferta de reservas energéticas se visualizó en mayores producciones de leche corregida por grasa y de ácidos grasos polinsaturados (PUFA), como los omega 3 (n-3) y CLA conocidos por su rol beneficioso en la salud humana (Figura 3C,D). Las dietas pastoriles presentan una alta proporción de PUFA (50-75%) de los ácidos grasos totales (Dewhurst et al. 2001), y por lo tanto hemos sugerido que vacas con alta CC presentan un mayor consumo de pasturas que no sólo redundaría en contenidos mas altos de PUFA ingeridos (Figura 3C,D), sino en una tasa de pasaje mayor que limita la hidrogenación ruminal de los mismos (Artegoitia et al. 2012).

Las concentraciones de IGF-I durante el periparto y lactación temprana fueron mayores en las vacas multíparas de CC más alta inducida nutricionalmente (Adrien et al. 2012). Las concentraciones de IGF-I se asociaron a su vez a un reinicio de la ciclicidad posparto más corto; las vacas con alta CC presentaron un anestro de 15 días más corto que las de baja CC (Figura 3E,F, Adrien et al. 2012). El reinicio a la ciclicidad ovárica afecta drásticamente los indicadores reproductivos de interés económico; en un estudio poblacional con determinaciones de progesterona en leche dos veces por semana durante los primeros 90 días posparto en aproximadamente 900 vacas lecheras se determinó que si un animal no reinicia la ciclicidad ovárica durante los primeros 60 días posparto presenta un alargamiento del intervalo parto primer servicio de 67 días frente a otro que presente sus muestras positivas a progesterona (datos no publicados).

En nuestro país, se han realizado numerosos trabajos de suplementación pre y posparto pero relativamente pocos trabajos incluyeron la determinación del anestro y los perfiles endocrinos. Ofertas de forraje diferenciales (7.5, 15 y 30 kg de materia seca (MS)/vaca/día) y TMR proporcionada ad libitum provocaron niveles de producción de leche y CC acorde a la oferta de nutrientes (Figura 4A,E, Chilibroste et al. 2012).



**Figura 4** A) Producción de leche (Litros), B) IGF-I (ng/mL), C) bocados/minuto, D) insulina (UI/mL), E) condición corporal y F) ácidos grasos no esterificados (mM) en vacas alimentadas con ración totalmente mezcladas ad libitum (TMR), u ofertas de forraje altas (HA), medias (MA) o bajas (LA) (30 kg, 15 o 7.5 MS/día/vaca respectivamente) Modificaciones de Chilibroste et al. 2012, Meikle et al. 2012.

En dos experimentos distintos, se observó que la producción de las vacas TMR fue mayor que los grupos a pastoreo y esto fue consistente con una mayor densidad de nutrientes que también se reflejó en mayores concentraciones de insulina e IGF-I (Figura 4B, D; Meikle et al. 2012, Fajardo et al. 2012; Astessiano et al. 2012). No se encontraron diferencias en producción de leche entre vacas HA y MA que fueron mayores a vacas LA. La probabilidad de pastoreo aumentó linealmente en vacas

HA (0.39 min/100 min/día) y MA (0.44 min/100 min/día) a una tasa más alta que vacas LA (0.22 min/100 min/día). La tasa de bocado fue mayor en vacas HA y MA respecto LA. La muy baja oferta de forraje en las vacas LA modificó el comportamiento ingestivo ya que pastorearon menos tiempo y a menores tasas de bocado. Esto se reflejó en la producción de leche ya a la segunda semana posparto, que fue menor que los otros grupos (Figura 4A). Sin embargo, el grupo de media oferta (MA) mantuvo una producción de leche comparable con el grupo de alta (HA), y observando el perfil endocrino-metabólico (B,D,E) se puede sugerir que compensó esta producción con una movilización de reservas mayor. Las concentraciones más altas de NEFA (Figura 4F) y más bajas de urea (datos no mostrados) en el grupo MA respecto vacas TMR y HA durante el primer mes posparto, fue consistente con el reinicio a la ciclicidad ovárica posparto demorado en vacas MA (datos no mostrados).

Otros reportes nacionales han utilizado la suplementación estratégica para la mejora de los índices reproductivos. Cavestany et al. (2009) suministrando una suplementación energética 3 semanas preparto, reportaron un anestro 12 días más corto en el grupo suplementado. La adición de la semilla de girasol a la dieta durante los primeros dos meses posparto promovió la ovulación en vacas primíparas, pero esto no se observó en vacas múltiparas (Mendoza et al. 2008), confirmando una vez más la relevancia de la categoría animal en el desempeño reproductivo, incluso aún en respuesta a tratamientos nutricionales.

### Líneas genéticas, cruza y marcadores moleculares

En función de las consideraciones realizadas, respecto de los objetivos de producción definidos en nuestro país, resulta de interés la evaluación comparativa productiva y reproductiva de vacas de diferentes líneas genéticas. Se estudió la performance de vacas Holando uruguayo (HU) y craza Holstein Friesien neocelandesa (HU-HFNZ) seleccionadas por mérito económico en la lactancia previa en un mismo ambiente productivo. La producción acumulada de leche, grasa, proteína y sólidos totales (grasa + proteína) a 305 días de lactancia no fueron afectadas por la línea genética, sin embargo, las vacas

HU produjeron  $0.5 \pm 0.23$  L/d más de leche que las HU-HFNZ en los primeros 240 días de lactancia (Pereira et al. 2010a). Los porcentajes de grasa y lactosa fueron mayores y los de proteína tendieron a ser mayores en las vacas HU-HFNZ que en las HU. Las vacas HU fueron  $49 \pm 3$  kg más pesadas que las HU-HFNZ y produjeron menos sólidos en leche por kg de peso metabólico. El porcentaje de preñez a los primeros 40 días de servicio fue mayor y la preñez general tendió a ser mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU. Las concentraciones de los ácidos grasos no esterificados y de -hidroxibutirato aumentaron en torno al parto y fueron mayores en las vacas HU (Pereira et al. 2010b). La eficiencia -producción de sólidos de leche por peso metabólico- fue mayor en las vacas HU-HFNZ fundamentalmente debido al menor peso vivo de éstas, así como también el desempeño reproductivo. Las diferencias en las variables endócrinas y metabólicas observadas en ambas líneas genéticas sugieren una partición de nutrientes y energía diferente; en la que las vacas HU utilizan mayor energía proveniente de las reservas corporales, mientras que en las HU-HFNZ habría un menor gasto de energía de mantenimiento (Pereira et al. 2010b).

La información generada respecto cruza lecheras es incipiente; hemos estudiado el comportamiento productivo y reproductivo de vacas primíparas de hijas de madres Holando Uruguayas y padres Holando americano (HA), y de vacas primíparas cruza Holando Uruguayo con Holando Neozelandés (HNZ), Sueca Roja y Blanca (RBS) y Jersey (J) (Dutour et al. 2010a,b). La producción de leche del grupo HA fue superior a las cruza RBS y J, mientras que no difirió significativamente del grupo HNZ. Sin embargo, cuando se analizó la producción de leche según el peso metabólico no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes grupos genéticos. El grupo J fue significativamente más liviano que el resto de los genotipos que no variaron entre ellos. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos genéticos para varios indicadores reproductivos, pero las cruza J presentaron mayor proporción de vacas preñadas a los 21 y 42 días de inicio del periodo de inseminación.

Finalmente y como se mencionó anteriormente si bien los kits comerciales de marcadores moleculares están presentes en nuestro país y se utilizan, no hemos encontrado reportes de los mismos en sistemas

productivos de leche sudamericanos. Nuestros avances respecto a marcadores moleculares, caracteres fenotípicos de interés y endocrinología metabólica se han centrado en la hormona del crecimiento (GH-AluI) y su mediador, el IGF-I (IGF-I-Snab I) (Rupprechter et al. 2011). Estos marcadores no presentaron efectos relevantes en parámetros productivos, a pesar de que el genotipo de IGF-I afectó el intervalo parto primer servicio en vacas primíparas, presentando las vacas BB intervalos más largos. Estos resultados son consistentes con estudios anteriores en los que las vacas BB presentaron anestros más largos (datos no publicados). Los hallazgos más relevantes se centraron en los efectos encontrados de los genotipos de GH e IGF-I sobre los perfiles endócrinos y metabólicos, constituyendo el primer reporte internacional que encuentra asociación en vacas lecheras durante el periodo de transición.

### **Mensaje Final**

De este documento se desprende la complejidad del sistema biológico que implica la vaca lechera en transición y el medio ambiente productivo. Se debe considerar que contribuir en la mejora de un parámetro productivo no implica necesariamente la mejora de la eficiencia económica. Aspectos que usualmente no se toman en cuenta (variables reproductivas, salud animal), así como también el mantenimiento a largo plazo del ecosistema pastoril son parte de la respuesta existente a los manejos realizados por el hombre en el sistema lechero. Es por esta razón, así como también la maximización de los recursos limitados -humanos, animales, vegetales y materiales- disponibles para la investigación en nuestro país, es que se concluye que los estudios integrados e interdisciplinarios es la respuesta necesaria para la mejora del manejo de la vaca lechera en pastoreo en transición.

### **Referencias Bibliográficas**

Adrien ML, Mattiauda DA, Artegoitia V, Carriquiry M, Motta G, Bentancur O, Meikle A. 2012. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*. 6(2):292-9. Artegoitia V, Meikle A, Olazábal L, Damián JP, Adrien ML, Mattiauda D, Bermudez J, Torre A, Carriquiry M. 2012. Caseins and fatty acid fractions in

milk are affected by parity and nutritional regulated body condition score at the beginning of the transition period in dairy cows under grazing conditions. 2012 ADSA®-AMPA-ASAS-CSAS-WSASAS.Joint Annual Meeting. Aceptado.

Astessiano AL, Chilibraste P, Fajardo M, Laporta J, Gil J, Mattiauda D, Meikle A, Carriquiry M. 2012. Hepatic expression of GH-IGF axis genes in Holstein cows with different nutritional managements during early lactation. 2012 ADSA®-AMPA-ASAS-CSAS-WSASAS.Joint Annual Meeting. Aceptado.

Bauman DE, Mather IH, Wall RJ, Lock AL. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci.* 89:1235-124.

Bauman DE, Currie WB. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 63:1514-1529.

Beam SW, Butler WR. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J Reprod Fert Suppl* 54: 411-424.

Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. 2009. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease o a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J. Dairy Sci.* 92:3175-3184.

Blowey RW. 2005. Factors associated with lameness in dairy cattle. *Farm Animal Practice* 27: 159-160

Carriquiry M, Adrien L, Artegoitia V, Mattiauda D, Meikle A. 2010. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in dairy cows on grazing conditions: hepatic expression of fatty acid metabolism genes. *J Dairy Sci*, v. 93 E-Suppl 1 , p. 390.

Cavestany D, Kulcsár M, Crespi D, Chilliard Y, La Manna A, Balogh O, Keresztes M, Delavaud C, Huszenicza G, Meikle A. 2009. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reprod Dom Anim* 44: 663-671.

Cavestany D, Blanc JE, Kulcsar M, Uriarte G, Chilibraste P, Meikle A, Febel H, Ferraris A, Krall E. 2005. Studies of the transition cow under and pasture-based milk production system: metabolic profiles. *J Vet Med A.* 52:1-7.

Chilibraste P, Mattiauda D, Soca P, Bentancour O, Meikle A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behaviour and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feeding Science and Technology*, en prensa.

Chilibraste P, Soca P, Mattiauda D. 2012. Estrategias de alimentación en Sistemas de Producción de Leche de base pastoril. In: *Pasturas 2012- Hacia una ganadería competitiva y sustentable-Jornada técnica-Unidad Integrada Balcarce-INTA-Balcarce-Argentina-pp91-100.*

De Torres E. 2010. Estudio de la evolución del recuento celular y el aislamiento bacteriano durante la lactancia en vacas lecheras. Tesis de Maestría. Posgrado Facultad de Veterinaria.

Delavaud C, Bocquier F, Chilliard Y, Keisler DH, Gertler A, Kann G. 2000. Plasma leptin determination in ruminants: effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by a specific RIA in sheep. *J Endocrinol* 165: 519-526.

Dewhurst RJ, Scollan ND, Youell SJ, Tweed JKS, Humphreys M. 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass Forage Sci.* 56:68-74.

Dhiman TR, Anand GR, Satter LD, Pariza MW. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82:2146-2156.

Doutour EJ, Laborde D, Chilibraste P. 2010. Producción y composición de leche de vacas primíparas de diferentes grupos raciales en un sistema pastoril. *Revista Argentina Producción Animal* 30, 1:106-107.

Doutour EJ, Laborde D, Meikle A, Chilibraste P. 2010. Comportamiento reproductivo de vacas primíparas de diferentes grupos raciales en un sistema pastoril. *Revista Argentina Producción Animal* 30, 1:108.

Fajardo M, Mattiauda D, Meikle A, Carriquiry M, Gil J, Motta G, Guala G, Ortega G, Pelaez D, Sorhouet P, Souza F, Chilibraste P. Performance of Holstein dairy cows under different feeding strategies in early lactation 2012 ADSA®-AMPA-ASAS-CSAS-WSASAS.Joint Annual Meeting. Aceptado.

Goff JP, Horst RL 1997. Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *J. Dairy Sci.* 80: 1260-1268.

Grummer RR. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci.* 73: 2820-2833.

Grant RJ, Albright JL. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.): E156-E163.

Gutiérrez CG, Gong JG, Bramley TA, Webb R. 2006. Selection on the predicted breeding value for milk production delays ovulation independently of changes in follicular development milk production and body weight. *Anim. Reprod. Sci.*95:193-205.

Herr M, Bostedt H, Failing K. 2011. IgG and IgM levels in dairy cows during the periparturient period. *Theriogenology.* 75: 377-385.

Holmes CW. 2007. Bajos costos de producción de leche a partir de forrajes pastoreados. *Jornada Técnica de Conaprole Est. El Alba. Colonia Uruguay.* Kehrl ME, Nonnecke BJ, Roth JA. 1989. Alterations in bovine lymphocyte function during the periparturient period. *Am. J. Vet. Res.* 50: 215.

Kobayashi Y, Boyd CK, Bracken CJ, Lamberson WR, Keisler DH, Lucy MC. 1999. Reduced growth hormone receptor (GHR) messenger ribonucleic acid in liver of periparturient cattle is caused by a specific down-regulation of GHR 1A that is associated with decreased insulin-like growth factor I. *Endocrinology* 140: 3947-3954.

Kolver ES, Müller LD. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci* 81:1403-1411.

Lucy MC Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* 2001, 84: 1277.

Meikle A, Kulcsar M, Chilliard Y, Febel H, Delavaud C, Cavestany D, Chilibruste P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*. 127: 727-737.

Meikle A, Cavestany D, Ferraris A, Blanc EJ, Elizondo F, Chilibruste P. 2005. Efecto del manejo de la alimentación durante el período de transición sobre la primera ovulación posparto en vacas primíparas y multíparas. XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría : p.226-227.

Meikle A, Adrien ML, Mattiauda DA, Chilibruste P. 2012. Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feeding Science and Technology* enviado.

Mendoza A, La Manna A, Crespi D, Crowe MA, Cavestany D. 2008. Whole sunflower seeds as a source of polyunsaturated fatty acids for grazing dairy cows: Effects on metabolic profiles and resumption of postpartum ovarian cyclicity. *Livest Sci* 119: 183-193.

Pariza MW, Park Y, Cook ME. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog Lipid Res*. 40 (4): 283-298.

Pereira I, Laborde D, Carriquiry M, Lopez Villalobos N, Meikle A. 2010a. Productive and reproductive performance of Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian cows in a predominantly pasture-based system. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, v. 70, 306-310.

Pereira I, Laborde D, Carriquiry M, López-Villalobos N, Meikle A. 2010b. Blood metabolic profiles in Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein-Friesian dairy cows. *Proc New Zeal Soc Anim Prod* 70: 311-315.

Rama G, Pritsch O, Adrien, ML, Moratorio G, Meikle, A. 2012. Análisis del descenso de anticuerpos en el periparto y su impacto en el diagnóstico serológico de la Leucosis Enzootica Bovina. *Revista Veterinaria en prensa*. Ramos JM. 2007. El riesgo de la rutina. *Infortambo Pp* 94-96.

Ramos JM, Espasandin A, Rovere M, Carriquiry M. 2012. Lameness in grazing dairy system: effects of season, parity, and lactation stage. *Enviado New Zealand Veterinary Journal*.

Roche JF, Mackey D, Diskin MD. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 703-712.

Rovere G, Sotelo F, Valena J, Slavica J. 2007. Mejoramiento Lechero y el monitoreo reproductivo de los tambos uruguayos. IX Congreso Holstein de las Américas - Colonia, Uruguay. Abril 2007. (Memorias en edición CD). Royal MD, Flint APF, Woolliams JA. 2002. Genetic and phenotypic relationships among endocrine and traditional fertility traits and production traits in Holstein-Friesian dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 958-967.

Ruprecht G, Carriquiry M, Ramos J, Pereira I, Meikle A. 2011. Metabolic and endocrine profiles and reproductive parameters in dairy cows under

grazing conditions: effect of polymorphisms in somatotrophic axis genes *Acta Veterinaria Scandinavica* 53:35-40.

Tamminga S, Luteijn PA, Meijer RGM. 1997. Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livest Prod Sci* 52: 31-38.

Seegers H, Fourichon Ch, Beaudeau F. 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34: 475-491.

Vangroenweghe F, Lamote I, Burvenich C. 2005. Physiology of the periparturient period and its relation to severity of clinical mastitis. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29(2): 283-93.

### **Agradecimientos**

El primer autor quiere dedicar este trabajo y agradecer a la Prof. Dra. Elsa G. Garófalo por su esfuerzo y constancia rigurosa en la construcción de nuestra comunidad científica y al Prof. Dr. Mats Forsberg por su apuesta generosa en la formación de jóvenes uruguayos. En este trabajo se incluyen parcialmente resultados de 11 tesis de posgrado recientes o en marcha, los estudiantes respectivos son coautores del mismo.

## MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS

MR

**Gregory Randall  
Alicia Fernández**

Grupo de Tratamiento de Imágenes, Departamento de Tratamiento de Señales.  
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

4

## SENSIBILIZAR Y FORMAR PARA EL ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO, LA EXPERIENCIA DEL GRUPO DE TRATAMIENTO DE IMÁGENES

### Resumen

Se busca compartir la trayectoria interdisciplinaria del Grupo de Procesamiento de Imágenes (GTI) del Instituto de Ingeniería Eléctrica, centrándose en la experiencia en el área biomédica. Se describe el abordaje metodológico, con hincapié en la formación de recursos humanos capaces de trabajar en las fronteras entre disciplinas y cuál ha sido el enfoque del GTI para avanzar en ese sentido. Se muestra cómo la interacción con referentes de otras áreas en el proceso de formación aporta no sólo conocimiento disciplinar sino metodológico. Se muestra cómo se ha producido un proceso de acumulación a

través del GTI que ha permitido abordar la solución de problemas concretos y la producción de aportes al conocimiento en aspectos más fundamentales. En cada proyecto de interacción interdisciplinaria el proceso de formación, intercambio y grados de maduración en la relación puede ser muy distinto. Algo en común es que se requiere mucha paciencia en el trabajo y en lo que respecta a la valoración de los resultados de largo plazo, así como respeto mutuo en la valoración del tiempo y el aporte del otro. Otro aspecto central es la construcción de un cierto lenguaje común en torno al problema específico.

Desde sus inicios hace 15 años, el Grupo de Procesamiento de Imágenes (GTI) tiene una **vocación** por el trabajo interdisciplinario. Esta vocación se basa en el **gusto y la valoración** de lo que aporta el trabajo multidisciplinario y aún más el interdisciplinario sin perjuicio del esfuerzo y tiempos extra que puede requerir en relación con el trabajo disciplinar.

La ingeniería eléctrica y el tratamiento de señales existen para resolver problemas que en general son planteados por otros, esa es parte de la naturaleza de nuestra profesión y allí radica a la vez un fuerte motivador de la relación con otras disciplinas y una de las trampas en que es fácil caer: la de funcionar en un modo limitado a resolver las necesidades del demandante, más que en colaboración genuina para buscar juntos una nueva solución a los problemas. En general, el primer acercamiento por parte de especialistas de otras disciplinas es para que le implementemos un software que procese sus datos en forma similar al de un paquete especializado de alto costo. Un avance se logra cuando, en el proceso de interacción, ese objetivo primario pasa a ser de segundo nivel frente a la posibilidad de producir soluciones novedosas adecuadas a las necesidades reales o de mayor impacto para la comunidad.

Una constante en el GTI ha sido que, sin importar cual sea el marco formal de la colaboración (proyectos de investigación conjuntos, convenios, simple inicio de colaboración); el proceso incluye la formación de recursos humanos a través de proyectos de fin de curso, proyectos de fin de carrera, maestrías o doctorados. Desde el vamos cuando un grupo de estudiantes se acerca con interés en un proyecto de fin de carrera en el área de imágenes o de señales le presentamos problemas en los que existe una contraparte interesada. Esto genera un cambio cualitativo en la formación del joven profesional, hay que recordar que el proyecto de fin de carrera muchas veces coincide con el primer acercamiento a la investigación o a la actividad profesional. En ese sentido es fundamental promover una interacción desde el inicio con un referente de la disciplina en la que surge el problema.

En muchos casos se podrían lograr resultados

(algoritmos) satisfactorios desde el punto de vista ingenieril definiendo los objetivos del proyecto a partir de las especificaciones funcionales del software de referencia, e implementando mejoras sobre técnicas recientes probadas sobre bases de imágenes públicas, sin requerir el interactuar o con una interacción mínima con una contra parte. En ese caso el problema a resolver se lleva a una formulación como problema de procesamiento de imágenes del tipo “diseñar un algoritmo que haga tal cosa a partir de tales imágenes en determinadas condiciones técnicas”. Sin embargo, es claro que desde el punto de vista de la formación de recursos humanos y también para generar acumulación de conocimiento local es mejor encontrar una solución a un problema planteado, con una visión ingenieril pero con una perspectiva más amplia, buscando algoritmos generales o abordajes novedosos. Un paso más es abordar la solución de manera mancomunada, utilizando el saber hacer del que plantea el problema y tiene muchas veces una solución no algorítmica para el mismo y los conocimientos propios de la ingeniería que puede aportar el grupo.

En esa perspectiva pasa a ser una etapa crítica el análisis, es decir entender **cuál es el problema**. O cuáles son los problemas y su relevancia relativa. De allí se desprende un camino a seguir. A veces con herramientas básicas se pueden producir cambios cualitativos en el trabajo del especialista y en los resultados del mismo. Muchas veces el especialista no se plantea determinados objetivos porque no sabe que eso se puede hacer. Todo ello se explora en esta etapa.

Los resultados de esta etapa clave que condiciona el resto del proyecto requieren de una interacción y comprensión profunda por ambas partes. Si se está al inicio de la colaboración, y especialmente cuando se inician estudiantes, se requiere una fase de formación básica a cargo del o los especialistas (médicos, biólogos, técnicos especializados, técnicos dactiloscópicos, físicos, operarios, etc.) que proponen el problema. Este proceso en general incluye charlas, seminarios, presentaciones. Es conveniente que el ingeniero aprenda a procesar la información con la metodología que

habitualmente utilizan dichos especialistas, aun si la metodología es manual y engorrosa. Una vez logrado ese conocimiento básico como para comprender el alcance de la problemática comienza la revisión del estado del arte por parte de los ingenieros en la cual se da el proceso inverso: generar un involucramiento y formación básica de los especialistas en aspectos propios del tratamiento de imágenes que permita una definición conjunta de **cuál es el problema y cómo abordar su solución.**

En cada proyecto de interacción interdisciplinaria el proceso de formación, intercambio y grados de maduración en la relación puede ser muy distinto. Algo en común es que se requiere mucha paciencia en el trabajo y en lo que respecta a la valoración de los resultados de largo plazo, así como respeto mutuo en la valoración del tiempo y el aporte del otro. Otro aspecto central es la construcción de un cierto lenguaje común en torno al problema específico.

Luego de más de quince años de existencia, los trabajos del GTI se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. Una aproximación ingenieril conformada por proyectos que pretenden resolver un problema planteado por especialistas, en general vinculados a la solución de problemas que surgen en la actividad académica (por ejemplo la reconstrucción y visualización de estructuras biológicas), sociales (por ejemplo la identificación de focos epilépticos en imágenes SPECT o la construcción de un navegador experimental para apoyo en neurocirugía) o productiva (por ejemplo un sistema de valoración cárnica o un sistema para detectar fibras coloreadas en lana).

2. Una aproximación más científica conformada por proyectos que pretenden aportar soluciones a problemas básicos del tratamiento de imágenes por computador (por ejemplo la segmentación automática de imágenes, el registrado automático, la detección de estructuras). A veces estos aportes se vinculan con trabajos en otros campos del conocimiento, por ejemplo cuando se busca avanzar en la interpretación automática de escenas que nos vincula con la neurociencia y la psicología, entre otras disciplinas.

Esta clasificación, como todas, es algo arbitraria.

Abundan los casos donde la aproximación más científica aportó mucho a soluciones ingenieriles y viceversa, pero pensamos que este agrupamiento permite observar el problema desde un ángulo útil para esta discusión. Un aspecto importante es que no parece deseable, y muchas veces no es posible, avanzar realmente sin proponerse un diálogo real entre partes. Para ello es importante abordar los proyectos del primer tipo con cierto sesgo propio del segundo conjunto, o se cae fácilmente en una relación de trabajo acotada, poco enriquecedora, donde una parte “hace ciencia” y la otra “resuelve problemas”.

Conviene ejemplificar con algunas experiencias desarrolladas por el GTI a lo largo de estos años. Nos centraremos en este artículo en lo que ha sido la colaboración con el área biomédica, lo que deja fuera experiencias muy valiosas en otras áreas. Desde el inicio nos pareció importante centrar esfuerzos en esa dirección. Entre las razones para dicha opción podemos mencionar: la posibilidad de aplicar los conocimientos a problemas que aporten a la mejora de la calidad de vida (en contraposición con otros dominios donde nuestro esfuerzo podría contribuir a destruir o empeorar la vida de la gente), la existencia de contra partes calificadas locales y como factor no menor la importante tradición de investigación básica en el área biológica que podía beneficiar el desarrollo de la investigación en el GTI.

La primera experiencia del grupo fue una colaboración con la comunidad de biólogos y médicos del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE). Comenzó en el año 1996 con un proyecto de investigación para el diseño de un software (SW) de reconstrucción y visualización de neuronas a partir de cortes seriados, para el Grupo del Dr. Omar Trujillo. Se trataba de un problema práctico y el pedido era que el GTI produjera un SW que ayudara a la investigación de los biólogos. La historia de la colaboración que surgió desde entonces es ilustrativa del proceso, sus dificultades y sus éxitos.

Al principio organizamos dos cursos cruzados:

- Un curso de “Tratamiento de Imágenes para biólogos y médicos”, de una semana, evitando el uso de formulaciones matemáticas y que culminó con la

discusión de algunas problemáticas planteadas por los participantes.

- Un curso sobre neurociencia para los ingenieros que incluyó prácticas de laboratorio.

En esos cursos participaron todos los miembros del GTI, incluyendo los estudiantes que estaban haciendo sus proyectos de fin de carrera en el tema, que incluso dieron algunas de las clases del curso de imágenes. El ejercicio de ponerse en el lugar del otro para explicar un concepto o para realizar una experiencia era importante para construir un terreno propicio a una colaboración fructífera. En esos cursos, además, se invitó a biólogos y médicos de otros centros del país, para abrir el juego. Al finalizar se abordaron problemas aportados por los participantes, lo que se convirtió en fuente de colaboraciones futuras. La colaboración con el Dr. Sapiro, que ha sido fundamental en el crecimiento del GTI, surgió a raíz del diálogo establecido al finalizar ese curso con su hermana, bióloga participante del mismo.

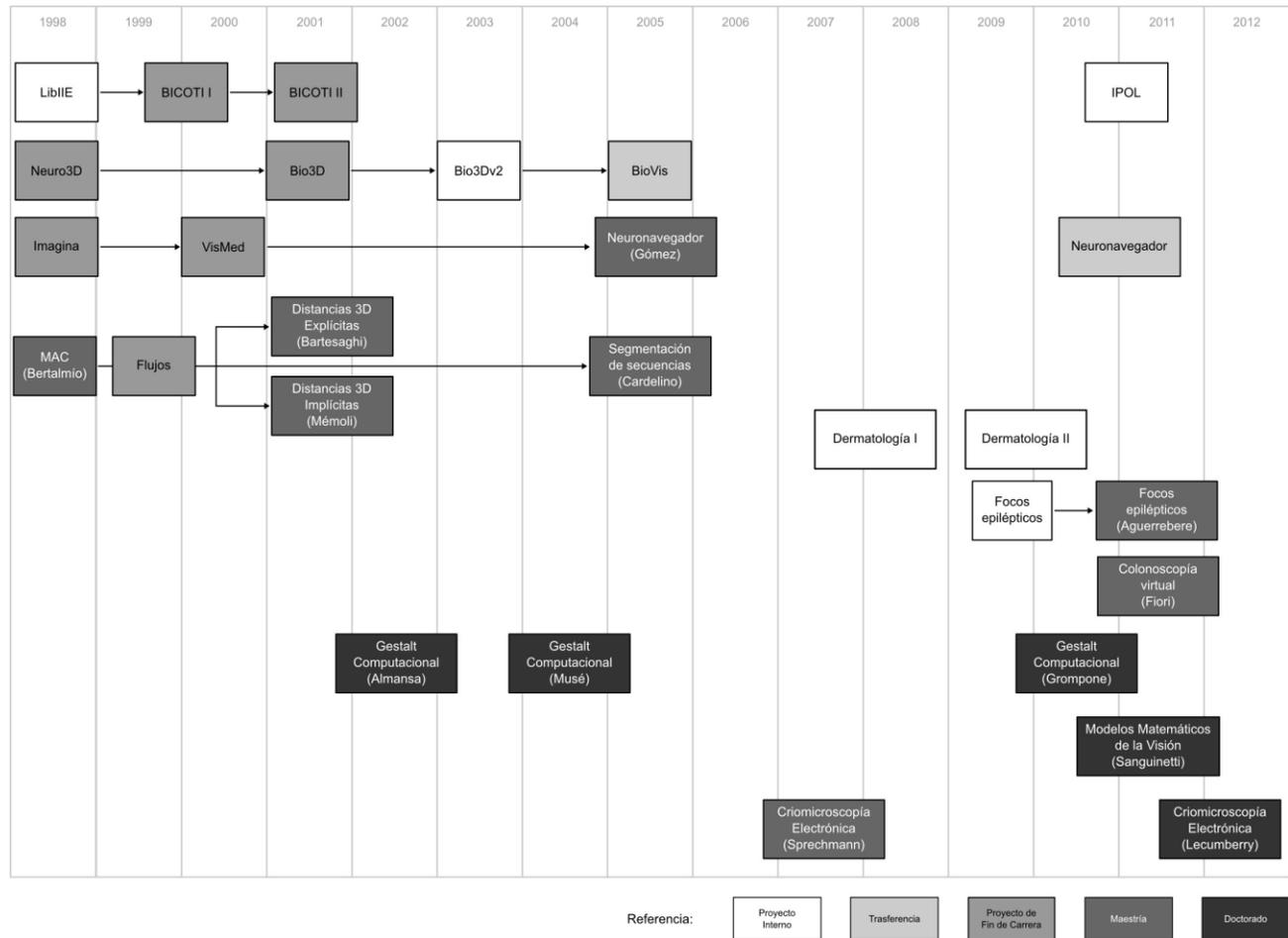
Estudiantes de ingeniería realizaron varios proyectos de fin de curso y grado en el IIBCE que dieron lugar al SW Neuro3d para la reconstrucción y visualización tridimensional de neuronas. En ese primer proceso se desarrolló un sistema adaptado al Microscopio Electrónico de Trasmisión (TEM) del IIBCE, que incluía la adquisición de las imágenes a través de una cámara CCD montada en el visor del TEM y un SW para trazar manualmente los contornos celulares, registrarlos de manera automática y visualizarlos en 3D (Randall, Fernández, Trujillo, Malmierca, Morelli, Apelbaum, Bertalmío, Vázquez 1998). Posteriormente se produjo una segunda versión Bio3d, con mejores prestaciones, que ampliaba el espectro de imágenes de entrada a las producidas por microscopía óptica y confocal, entre otras, y automatizaba otras funciones, además de incorporar bibliotecas gráficas más modernas. Se fue ampliando el conjunto de usuarios del producto que se iba construyendo incluyendo a otros equipos de biólogos del IIBCE, Facultad de Ciencias y Facultad de Veterinaria. En el proceso de mejoramiento del SW se definieron aspectos más originales que fueron objeto de tesis de maestría en ingeniería eléctrica, en particular se abordaron como problemas de investigación los relativos a la segmentación automática en conjuntos de imágenes

3D (Vázquez, Sapiro, Randall 1998) y 2D (Cardelino, Randall, Bertalmío 2005 y Cardelino, Randall, Bertalmío, Caselles 2006).

La Figura 1 muestra algunos de los proyectos llevados adelante en el GTI en temas relacionados con el área biomédica. Puede observarse que algunos proyectos alimentan a otros, lo que se indica con flechas. Todos los proyectos del GTI utilizaron en algunos períodos bibliotecas de algoritmos de tratamiento de imágenes enriquecidas por los diferentes proyectos en curso. La primera fue llamada LibIIE, luego se desarrolló la Biblioteca de Objetos de Tratamiento de Imágenes (BICOTI) en dos versiones y actualmente el GTI participa de un proyecto internacional llamado Image Processing On Line (IPOL)<sup>1</sup>. El código de colores indica la naturaleza de los proyectos. Los nombres entre paréntesis hacen referencia a los miembros del GTI que hicieron dichas Maestrías o Doctorados. Varios de ellos habían desarrollado sus proyectos de fin de carrera en alguno de los bloques previos. Puede observarse que el proyecto de fin de carrera Neuro3d dio lugar luego a una nueva versión Bio3D y posteriormente a una segunda versión del mismo. Finalmente ese SW fue transferido a una empresa de base tecnológica formada por varios estudiantes que habían participado en la fase de proyecto de fin de carrera y que ha sido incubada con el apoyo de la Fundación Julio Ricaldoni y está produciendo el SW BioVis3D. La biblioteca de algoritmos de tratamiento de imágenes que soportaba el primer prototipo, LibIIE, también evolucionó hacia una más moderna (BICOTI), objeto de otro proyecto de fin de carrera. Una maestría se centró en buscar métodos automáticos de segmentación adaptadas a este tipo de datos. No se pretende ser exhaustivo pero sí mostrar que la forma de trabajo implica una acumulación de conocimiento y nuevas propuestas que se alimentan de proyectos anteriores. Varias maestrías y doctorados desarrollados por miembros del GTI que habían comenzado en los proyectos mencionados dieron lugar a aportes más generales (Bertalmío, Sapiro, Randall 1999 y Bertalmío, Sapiro, Randall, 2000).

Luego de algunos años de este proceso se sintió la

<sup>1</sup> <http://www.ipol.im>



**Figura 1** Algunos de los proyectos desarrollados por el Grupo de Tratamiento de Imágenes en relación con el área biomédica.

necesidad de realizar un seminario conjunto que durante casi un año permitió estudiar artículos o capítulos de libros para ir construyendo un lenguaje común. Finalmente, en el año 2004 se organizó el seminario internacional “Representación de la realidad por los cerebros y las máquinas”. En ese encuentro participaron

referentes internacionales de ambos campos, que abordaron en algunos temas desde sus propias perspectivas (<http://iie.fing.edu.uy/reality>). En 2006, se realizó un segundo encuentro que llamamos “Vision by Brains and Machines” (<http://iie.fing.edu.uy/vbm2006>) para profundizar el diálogo entre ambas

áreas. Los jóvenes del GTI, que habían trabajado en varios de los proyectos mencionados anteriormente fueron participantes activos de estos encuentros y posteriormente varios de ellos empezaron sus estudios de doctorado. En varios casos dichos posgrados se centraron en torno a temas de interfaz, y en muchos casos bajo la dirección de algunos de los participantes de esos seminarios conjuntos (Grompone 2010 y Sanguinetti 2011).

A partir de ese primer trabajo conjunto se fue dando una relación cada vez más estrecha, que derivó en nuevos proyectos.

A la vez, el GTI desde sus inicios tuvo una actitud muy pro-activa en la búsqueda de interacción con la comunidad médica y al día de hoy podemos mencionar varios proyectos desarrollados en colaboración con los médicos. Al inicio se exploró colaborar con cátedras de la Facultad de Medicina con fines docentes: con anatomía para construir un cadáver virtual a partir de cortes anatómicos seriados y con histología en el desarrollo de un SW de análisis de imágenes para uso cotidiano. Luego se logró conectar con el área más clínica. El GTI ha desarrollado varios proyectos en ese campo entre los que cabe mencionar:

- El desarrollo de un neuronavegador para intervenciones quirúrgicas que se encuentra en uso experimental en los hospitales de Clínicas y de Tacuarembó (Carbajal, Gómez, Pereyra, Lima, Preciozzi, Vázquez, Villar 2010).

- El desarrollo de un módulo de realidad aumentada para enriquecer la imagen del microscopio durante intervenciones de neurocirugía.

- El desarrollo de un sistema de clasificación de melanomas a partir de imágenes dermatoscópicas (Capdehourat, Corez, Bazzano, Alonso, Musé 2011).

- El desarrollo de un sistema de colonoscopia virtual (Fiori, Musé, Aguirre, Sapiro 2010).

Algunos de esos desarrollos fueron realizados como proyecto de fin de carrera, otros como tesis de maestría o proyectos de investigación llevados adelante por el grupo. Todos se basaron en la misma filosofía general señalada antes. Todos estos casos corresponden a la puesta en marcha de prototipos que resuelven problemas de otros, bajo el paradigma típico de la

ingeniería eléctrica. En general la relación con los médicos se hace más compleja pues el tiempo de que disponen es muy acotado y sus preocupaciones están más relacionadas, en general, con resolver asuntos vitales de los pacientes, que con encontrar procedimientos generales. Los casos exitosos son aquellos en que hemos encontrado buenos interlocutores.

El caso quizás más interesante en ese sentido fue con el Dr. Ferrando de la Cátedra de Medicina Nuclear del Hospital de Clínicas que desde el vamos se propuso un problema con un enfoque interdisciplinario. En ese caso se trataba de localizar focos epilépticos en imágenes SPECT (Mottini, Miceli, Albín, Aguerrebere, Fernández, Núñez, Ferrando 2010). A partir de la presentación del problema se hizo un primer trabajo de fin de curso de posgrado que dio lugar a una publicación en congreso internacional y la elaboración de un proyecto de investigación conjunto. El proyecto incluyó la tutoría conjunta de estudiantes de grado y maestría en ingeniería eléctrica que tuvieron que familiarizarse con el problema médico, entender el análisis que realiza el especialista cuando se enfrenta al estudio y cómo interpreta.

En la búsqueda de la solución a cada problema se produce una interacción más o menos rica con la contraparte y en ocasiones se logra producir un aporte al área del tratamiento de imágenes (algún algoritmo nuevo o una manera diferente de enfocar un problema más general) que da lugar a publicaciones en revistas o congresos de nuestra especialidad.

Más allá de los aportes reales de las experiencias mencionadas, todas se pueden considerar aproximaciones ingenieriles que pretenden resolver un problema planteado por otros especialistas, tal como fue mencionado al principio de este artículo. Sin embargo, siempre tuvimos también el sueño de avanzar en un aspecto más “científico”: la búsqueda de soluciones más generales a la visión por computador, que se independizaran de la aplicación específica para encontrar algoritmos que procesaran la información visual e intentaran “interpretar la escena”. Se trata de una vieja utopía: la de dar una solución “informática” a

un problema para el que existe al menos una evidente solución biológica.

La interacción con los biólogos, por ejemplo a través de los seminarios internacionales de 2004 y 2006, contribuyó sin dudas a esta aproximación. Varios jóvenes miembros del grupo conocieron la forma de trabajar de los biólogos, que tiene otros objetivos, tiempos y estilos que la forma de trabajar de los ingenieros. De modo que en el GTI se han ido desarrollando también varios trabajos que apuntan a esa vertiente. En general se trata de doctorados en los cuales se han embarcado diversos miembros del grupo, y en trabajos en colaboración con colegas de otras universidades. Mención especial merece al respecto la colaboración con el grupo del Prof. Jean Michel Morel, en la ENS Cachan, en Francia. A lo largo de más de 10 años de colaboración, el grupo ha contribuido a un programa de investigación llamado "Gestalt Computacional" que pretende proponer una metodología para abordar el análisis de una escena basada en los aportes desarrollados por la escuela de la Gestalt durante buena parte del siglo XX. Los doctorados de Andrés Almansa, Pablo Musé y Rafael Grompone, así como ciertos trabajos de otros compañeros constituyen aportes a ese programa científico (Musé, P, Sur, Cao, Gousseau, Morel, 2006 y Grompone, Jakubowicz, Morel, Randall 2008).

### **Algunas reflexiones finales**

La interacción en el proceso de formación con referentes de otras áreas aporta no sólo conocimiento concreto sino metodológico. Los estudiantes experimentan otras formas de adquirir el conocimiento (rotaciones, seminarios, metodología de gestión de proyectos, informática, etc.). Aún en los casos exitosos de abordajes interdisciplinarios es difícil mantener un nivel de actividad continuo cuando finalizan los proyectos de investigación. En general esto se traduce en compases de espera en la actividad que puede retomarse con los mismos u otros actores. El funcionamiento colectivo y el trabajo con diversas contrapartes permite atenuar el efecto de dichas discontinuidades y lograr una acumulación de conocimiento más eficaz. Un análisis

primario de la producción de los miembros del grupo muestra que es mayoritariamente multidisciplinar. En los casos en que es interdisciplinaria es más relevante. Es de esperar que el retorno de investigadores que culminaron su proceso de formación con producción en la frontera disciplinar ayude a consolidar un espacio interdisciplinar más estable, con proyectos de investigación de largo plazo que estén enfocados al abordaje de problemas de índole más general que contribuyan tanto a avanzar en el aspecto ingenieril como científico de nuestro campo.

### **Selección Publicaciones del Grupo de Tratamiento de Imágenes (1996 - 2011)**

Bartesaghi, A., Sprechmann, P., Liu, J., Randall, G., Sapiro, G., Subramanian, S., (2008): Classification and 3D averaging with missing wedge correction in biological, *Journal of Structural Biology*, Volume 162, Number 3, pp 436-450.

Bertalmío, M., Sapiro, G., Randall, G., (1999): Region tracking on level-sets methods, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Volume 18, Number 5, pp 448-451.

Bertalmío, M., Sapiro, G., Randall, G., (2000): Morphing active contours, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume 22, Number 7, pp 733-737.

Cao, F., Musé, P., Sur, F., (2005): Extracting meaningful curves from images, *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, Volume 22, Number 2-3, pp 159-181.

Capdehourat, G., Corez, A., Bazzano, A., Alonso, R., Musé, P., (2011): Toward a combined tool to assist dermatologists in melanoma detection from dermoscopic images of pigmented skin lesions, *Pattern Recognition Letters*, Volume 32, Number 16, pp 2187-2196.

Carbajal, G., Gómez, A., Pereyra, G., Lima, R., Preciozzi, J., Vázquez, L., Villar, A., (2010): First neuronavigation experiences in Uruguay, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Annual Conference : Proceedings*, 2010. Buenos Aires, Volume 1, pp 2317-2320.

Cardelino, J., Randall, G., Bertalmío, M., (2005): An active regions approach for the segmentation of 3D biological tissue, *IEEE International Conference on Image Processing. Proceedings. ICIP 2005*, Volume 1, pp 277-280 - 11-14

Cardelino, J., Randall, G., Bertalmío, M., Caselles, V., (2006): Region based segmentation using the tree of shapes, *IEEE International Conference on Image Processing, Proceedings*.

Fiori, M., Musé, P., Aguirre, S., Sapiro, G., (2010): Automatic colon polyp flagging via geometric and texture features, *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pp 3170 - 3173.

Grompone, R., (2010): Géométrie inverse: interprétation automatique des images graphiques en vision par ordinateur, *Tesis de Doctorado*.

Grompone, R., Jakubowicz, J., Morel, J.-M., Randall, G., (2008): LSD: A Fast Line Segment Detector with a False Detection Control, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol 99, No. 1.

Mottini, A., Miceli, F., Albín, G., Aguerrebere, C., Fernández, A., Núñez, M., Ferrando, R., (2010): Integrated Software for the Detection of Epileptogenic Zones in Refractory Epilepsy, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Annual Conference: Proceedings*.

Musé, P., Sur, F., Cao, F., Gousseau, Y., Morel, J.-M., (2006): An a contrario decision method for shape element recognition, *International Journal of Computer Vision*, Volume 69, Number 3, pp 295-315.

Randall, G., Fernández, A., Trujillo Cenoz, O., Malmierca, F., Morelli, P., Apfelbaum, G., Bertalmío, M., Vázquez, L. (1998): Neuro3d: an interactive 3D reconstruction system of serial sections using automatic registration, *SPIE BIOS'98*. San Jose, California

Sanguinetti, G. (2011): A mathematical model for the functional architecture of the primary visual cortex, *Tesis de Doctorado*.

Vázquez, L., Sapiro, G., Randall, G., (1998): Segmenting neurons in electronic microscopy via geometric tracing, *IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 98. Proceedings*.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen la especial colaboración de Federico Lecumberry en la elaboración de este artículo.

**MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS****Luis Bértola**

Programa Historia Económica, Unidad Multidisciplinaria, Facultad de Ciencias Sociales.  
Desgrabación de la intervención realizada por Luis Bértola como panelista de la mesa redonda.

5

**MESA REDONDA “INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS”**

Mi experiencia de tipo más interdisciplinario sería en esta confluencia de la Historia Económica, y a su vez más recientemente, con mayor énfasis en los problemas sobre la teoría y los estudios sobre el desarrollo. La Historia Económica como campo tiene una historia un poco complicada. Porque si uno se para en los años ´60 en Uruguay y dice “¿qué es la Historia Económica?”, era un campo natural de confluencia de muchas miradas. Uno podría decir que los economistas eran todos historiadores económicos, porque cada vez que un economista iba a hablar de la realidad empezaba haciendo una historia de 30, 40, 50 años, no podía empezar a hablar de la coyuntura sin hacer historia, cosa que hoy se perdió, los economistas no hablan más de 6 meses para atrás y 6 meses hacia delante.

A su vez, cuando los historiadores hablaban de Historia,

hablaban de Historia Económica, porque la cultura, la ideología y la economía eran las determinantes del sustento de las civilizaciones. En aquel momento hablar de Economía era hablar de Sociología, y hablar del Estado era hablar del Estado muy vinculado a las clases sociales y a la Economía. Entonces si uno lo mira desde esta óptica puede decirse que la Historia Económica era un campo de confluencia de las ciencias sociales, aunque tal vez no tenía necesariamente ese nombre.

Lo que ha pasado, es una historia larga, es como un divorcio. A mí me gusta hablar de ese concepto: el divorcio entre la Historia y la Economía. Que tiene que ver con un proceso de disciplinamiento, de construcción disciplinaria. Hay gente que dice las ciencias sociales se constituyeron como disciplinas tal y como las conocemos hoy en la década del ´30, esa separación tan dura entre

la Economía y la Sociología. Progresivamente esa separación entre la Economía y la Historia se fue consolidando al punto que los economistas se olvidan de la Historia y los historiadores entienden que la Economía es una cosa aburrida, estéril, hiper abstracta, hiper formalizada.

Mi experiencia en ese sentido ha sido un poco rara, porque yo me formé en un paradigma donde la Historia Económica, naturalmente, era un campo de confluencia, pero después resulta que cuando entro en mi madurez intelectual encuentro que el mundo de esas disciplinas, Historia y Economía, están completamente divorciadas y que gran parte de mi trabajo ha sido el de “terapeuta disciplinario”, tratar de reconstruir una familia, reconstruir un vínculo entre la Historia Económica y la Economía. Paradójicamente, uno empieza con una cuestión interdisciplinaria pero termina normalizando, tratando de consolidar un campo que es específico.

Repito en breves pasos: comienzo con una formación que yo creo que abarca todo, cuando me recibo y entro en la vida profesional resulta que hay un divorcio, me dedico en buena parte, con muchos colegas, a tratar de restablecer el vínculo entre Historia y Economía, y eso termina en determinado ámbito institucional, porque la ciencia no existe sola, la ciencia existe en contextos históricos, políticos, muy específicos. Entonces las conformaciones de las disciplinas son procesos, también procesos político-institucionales, culturales, no son cuestiones endógenamente científicas. De esta forma uno termina trabajando en entornos donde las cosas son acotadas y para sobrevivir termina desarrollando un campo disciplinario y un entorno institucional específico. Así, es paradójico que en nuestra Universidad, habiendo una Facultad de Humanidades donde se cultivaba la Historia y también la Historia Económica, y una Facultad de Ciencias Económicas que tiene una cátedra de Historia Económica, un programa de Historia Económica termine estando en la Facultad de Ciencias Sociales porque es una nueva construcción institucional. Allí desarrollamos un programa de investigación primero, un diploma de posgrados luego, una maestría y finalmente un programa de doctorado en Historia Económica. De esta forma, siempre vivimos en esa dualidad: por un lado tenemos una cultura integradora y por otro terminamos construyendo un espacio que sigue siendo como un

espacio casi disciplinario a partir de una institucionalidad muy propia.

Eso se agrega a otro fenómeno, que es la propia lucha dentro de la Economía, sobre qué es la Economía. Uno podría decir que la Ciencia Económica sufre una lucha importante de paradigmas, una lucha sumamente desigual donde hay un paradigma claramente dominante que ha contribuido fuertemente a deshistorizar la Economía, no sólo en el sentido de querer construir muchas leyes de validez universal y supra históricas, sino que también ha tendido a consolidar a la Economía de manera bastante divorciada de otras ciencias sociales. Dentro de la Ciencia Económica hay muchas corrientes de pensamiento que enfatizan la dificultad de generalización en las Ciencias Sociales, la necesidad de recuperar la historización y de mantener un vínculo con otras ciencias.

Se podría afirmar que actualmente existe una alianza estratégica entre la Ciencia Económica y la Ciencia Política desde el momento en que las instituciones pasan a ser la explicación última del dispar desempeño de las naciones, donde el mercado es prácticamente un punto de partida, un axioma desde el cual se explica todo. Cuando se explican las instituciones, éstas pasan a tener un mayor contenido histórico, mayor contextualización, y la propia Ciencia Económica se vuelve un poquito más histórica.

Esto me permite hacer un último apunte: “¿Cómo nos terminamos vinculando a este problema de los estudios del desarrollo?”. En la Facultad de Ciencias Sociales hemos creado, hace muy poco, una Licenciatura de Estudios del Desarrollo, donde los historiadores económicos hemos jugado un rol, no dominante ni nada por el estilo, pero un rol justamente de interacción muy fuerte con los científicos políticos, con algunos economistas, incluso con gente de otras facultades y de otros orígenes, por ejemplo los docentes de la Unidad Académica de la CSIC.

De esta forma, hemos construido una Red Temática de Estudios del Desarrollo. Ese es otro ámbito que, sin ser de Historia propiamente dicho, es una forma interdisciplinaria de abordar los estudios de desarrollo, como una cosa multidimensional, con recurso a muchas disciplinas, donde la Economía juega un rol muy importante. Este está siendo un nuevo campo de

interacción interdisciplinaria, espero que se vayan formando equipos y creando nuevos desafíos. No digo que vamos a crear una nueva disciplina de desarrollo, pero sí fortalecer un campo de encuentros fuertemente interdisciplinarios.

Si se puede cambiar la dualidad entre la conformación disciplinaria por preguntas y la conformación más temática por problemas, esta Licenciatura en Desarrollo apuntaría un poquito más a esto último: ir a problemas donde confluyen distintas disciplinas. Pero quizás si esto tiene éxito se transforme en un nuevo campo normalizado, que consiga sus propios espacios institucionales, y la rueda siga girando. Lo bueno de esto es que sepamos que éste es un proceso permanente de construcción, deconstrucción, reconstrucción, que nos vamos encontrando en distintos roles y nos vamos viendo de manera diferente, y si nos da para dar tres vueltas de esas a lo largo de nuestras vidas, creo que seremos felices.



**MESA REDONDA INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS****Alejandro Chabalgoity**

Departamento de Desarrollo Biotecnológico, Instituto de Higiene, Facultad de Medicina.  
Desgrabación de la intervención realizada por Alejandro Chabalgoity como panelista de la mesa redonda.

6

**MESA REDONDA “INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS”**

Voy a tratar de contarles qué es lo que hacemos y por qué tendría sentido comentarlo en este contexto de multidisciplinariedad. Nosotros trabajamos en el área de vacunas. Probablemente las vacunas no precisen presentación, pero quizás vale la pena remarcar que las vacunas se consideran el aporte de las Ciencias Biomédicas más importante de todos los tiempos. Se dice que el impacto que han tenido en la salud sólo es aventajado por la incorporación de agua potable, ninguna otra medida ha tenido tanto impacto en la salud pública.

Con el desarrollo del agua potable la expectativa de vida de la población se incrementó notablemente. Luego hubo un montón de enfermedades infecciosas que siguieron haciendo estragos, las famosas “pestes”. La introducción de las vacunas cambió dramáticamente la

expectativa de vida de la población. El impacto que han tenido se puede medir tanto viendo su incidencia en algunas de las enfermedades más relevantes, y como, en el aumento de la expectativa de vida de la población, lo cual ha generado enormes beneficios y nuevos problemas.

Por tal razón, diría que el tema de las vacunas es relevante, eso es una de las cosas que a uno lo lleva a incursionar e interesarse por él. Pero además es un tema de actualidad y un tema en el cual existen muchísimos problemas sin resolver. Sin embargo, las vacunas con las que contamos son, por decirlo de una manera más vulgar, las que eran más fáciles de hacer: aquellas en las que se podía aplicar un principio clásico, trabajarlas y desarrollarlas. Ello nos deja un montón de situaciones en las cuales podríamos aplicar vacunas para incidir sobre

determinadas patologías pero hoy no contamos con ellas. El principio clásico de la vacuna como preparación profiláctica, algo que se da antes de que la persona tenga la enfermedad para protegerla contra el eventual desarrollo, es aplicable a un tipo de enfermedad pero no a otras.

Si uno quiere pensar en vacunas contra el cáncer, sería imposible pensar que uno va a vacunar a toda la población del mundo contra todos los tipos de cáncer que se pueden llegar a desarrollar alguna vez. Eso es impracticable. Y hay otro tipo de enfermedades en las cuales la población ya está infectada en buena proporción, entonces es necesario cambiar del concepto profiláctico al concepto terapéutico, desarrollando vacunas que puedan actuar sobre personas que están cursando la enfermedad. Ese es un primer gran desafío. Un segundo gran desafío es que la idea clásica de la vacunación, aquella que Jenner desarrolló a finales de 1700, está basada en un principio que se sabía desde el siglo V a.C. en la Grecia Antigua. En ese momento ya se tenía el concepto de que un individuo que contrae una enfermedad infecciosa y sobrevive a ella, no la vuelve a contraer. Entonces la idea es que si una persona se enfermaba y no parecía quedaba protegido contra futuros embates de esa enfermedad. Eso es el principio clásico de la vacunación: un primer encuentro con el patógeno, modificado de alguna manera para que no produzca enfermedad, nos va a proteger contra futuros embates.

Sin embargo, ese principio es aplicable sólo a un número particular de enfermedades, hay enfermedades en las cuales un primer encuentro con el patógeno, aún cuando nosotros sobrevivimos, no nos protege contra la enfermedad subsiguiente. Es el caso de todas las enfermedades crónicas, las parasitosis, muchas infecciones virales latentes frente a las cuales ante una primer infección desarrollamos una respuesta inmune pero no quedamos protegidos de ninguna manera. Eso nos genera otro gran tema de investigación.

Por último, además, es un problema de actualidad, hay muchísima investigación y desarrollo en vacunas. ¿Por qué? Porque hoy conocemos mucho más cómo los patógenos causan enfermedad o cómo se desarrollan las

patologías en los casos en que no hay patógeno, cómo el sistema inmune nos protege contra esas enfermedades y, además, contamos con un arsenal de tecnologías mucho más importante para desarrollar cosas y para actuar sobre esas situaciones.

Entonces trabajar en esta área implica tres cuestiones: cómo los patógenos causan enfermedad, cómo nuestro sistema inmune se puede proteger y cómo podemos usar los desarrollos tecnológicos para poder hacerlo. Eso nos obligó a pensar en un grupo multidisciplinario. El grupo que conformé a mi vuelta al país incluye microbiólogos, parasitólogos, inmunólogos, biólogos moleculares, gente que sabe modificar un patógeno para hacerlo hacer determinadas cosas y otras no, así como gente que sepa cómo eso se escala y cómo se hacen procesos, y además contamos con médicos clínicos.

Uno tiene que tener un grupo de investigación en estos temas donde el núcleo del grupo sean investigadores preparados en las áreas más básicas porque los mejores estudiantes de los patógenos son los médicos. ¿Por qué? Porque tienen una necesidad de tiempo mucho más acotado y no piensan los experimentos en términos de ratoncitos sino de frecuencias porque están acostumbrados a eso y le aportan una frescura muy importante.

Sin embargo, ello nos obligó, en los primeros tiempos, a hacer seminarios internos del grupo en los cuales nos contábamos el lenguaje en el que cada uno hablaba. En los primeros tiempos el médico relataba su forma de visualizar el tema que era distinta del que la veía desde un ratón o de forma artificial. Realmente fueron momentos muy enriquecedores desde donde construimos nuestro equipo multidisciplinario.

Para poder hacer todo eso es necesario también avanzar en aplicar lo que se investiga. Y eso implica pensar la interacción con el sistema productivo. La tendencia en el mundo cambia, hoy por hoy la idea central es que la investigación biomédica es una cuestión pública. ¿Por qué? Porque se dice que hay drogas, medicamentos y vacunas que no se desarrollan porque los costos de investigación y de desarrollo son muy altos. Entonces la idea es que si los institutos de investigación, hacemos investigación y tenemos fondos para hacerlo, hagamos

toda esa parte, avancemos en nuestras investigaciones en un aspecto más trans-relacional y después logremos interacciones con la industria.

Termino diciendo que en el último mes me han dicho el elogio más grande que yo he sentido en mi vida académica. Yo he tenido mucha interacción con la industria y en particular hace diez años que trabajamos con la industria uruguaya productora de vacunas veterinarias. Conversando hace un tiempo con uno de los dueños, comentaba lo que había sido nuestra historia de relacionamiento: al principio un poco truculenta pero que se ha ido perfilando con el tiempo. Él me comentaba que han estado incorporando nuevos trabajadores a la empresa y que les pide como nivel mínimo una Maestría y en algunos casos Doctorado. En la relación con nosotros, han pasado dos cosas: nosotros somos más empresarios que hace diez años, cuando recién comenzamos a interactuar con ellos. En contrapartida, se puede decir que ellos se han vuelto mucho más académicos, pues se están planteando cosas que hace diez años ni pensaban. Honestamente, siento que cumplí buena parte de mi rol académico.



## TALLERES DE DISCUSIÓN

---

**INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS**  
**ÁNGULOS Y ÁMBITOS DE LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA**





## TALLERES DE DISCUSIÓN

---

### PRESENTACIÓN

La dinámica de los talleres de discusión propuso una reunión informal de intercambio sobre algunas cuestiones clave que funcionaron como disparadores de reflexiones, preguntas, respuestas y nuevas preguntas. A través de una convocatoria amplia, se buscó encontrar puntos en común y temas para la reflexión así como insumos para profundizar en las prácticas colectivas. El objetivo central buscó que estos Talleres se instalen como un espacio fermental de construcción de ideas y

consensos - y disensos- desde perspectivas diversas, donde nuevas redes y vínculos pudieran formalizarse. En definitiva, se intentó avanzar hacia la construcción de un espacio de significados y experiencias compartidos del cual emergieran preguntas y temas a ser tratados en las próximas ediciones del Seminario En\_Clave Inter. Aquí se presentan los ejes discutidos en los dos talleres llevados a cabo en el Seminario En\_Clave 2011.



# INTERACCIONES Y TRAYECTORIAS ENTRE DISCIPLINAS<sup>1</sup>

## Introducción

A partir de la Mesa Redonda “Interacciones y Trayectorias interdisciplinarias” y utilizando como disparador los conceptos vertidos en la misma, la modalidad de funcionamiento de este Taller consistió en reflexionar sobre las interacciones entre las disciplinas y cómo éstas han ido dando lugar a ámbitos disciplinares diversos. A partir de un set de preguntas presentadas para su discusión, el debate se centró mayormente en cuestiones vinculadas a la complejidad de las prácticas interdisciplinarias poniendo también en cuestión algunas concepciones teóricas vinculadas a la interdisciplina y al conocimiento científico en general.

El perfil de los participantes fue diverso, provenientes de

diferentes áreas del conocimiento -estudiantes, profesionales de distintas disciplinas, docentes universitarios- lo que permitió un intercambio nutrido y más complejo.

A continuación presentamos el cuestionario base en primer lugar, para luego presentar de forma más o menos ordenada algunas cuestiones relevantes que surgieron de la discusión y que encontraron ciertos consensos entre los participantes.

## Preguntas ordenadoras de la discusión

Con anterioridad a la realización del taller, se le entregaron a los moderadores algunas preguntas que

<sup>1</sup> Este resumen se elaboró con la colaboración de la Dra. Verónica Díaz (Núcleo Ingeniería Electroquímica).

podrían ordenar la discusión en torno a los ejes del seminario:

1. ¿Qué problemas de investigación actuales requieren de la interacción e integración de diversas disciplinas?
2. ¿Qué recorridos podrían surgir en torno a la interacción de las disciplinas en función de los problemas mencionados?
3. ¿Cómo generar nuevas instancias de interacción entre las disciplinas para abordar estos problemas complejos?
4. ¿Cuáles pueden ser las bases para esa colaboración?
5. ¿Cuáles son las motivaciones que como investigadores pueden conducirnos a participar o a construir esos espacios de interacción entre las disciplinas?
6. ¿Cuáles son las dificultades para implementar estos espacios de interacción en el corto y mediano plazo?

### **Problemas que demandan un abordaje interdisciplinario**

Lo que surge de la discusión es que no existen temas que a priori demanden un abordaje interdisciplinario, es el objeto el que demanda un tipo de abordaje u otro. Los problemas que surgen como demandas sociales, que requieren un cierto nivel de aplicabilidad en la búsqueda de soluciones, requieren de un abordaje interdisciplinario. Cuando estudiamos problemas de la realidad, éstos no encuadran necesariamente con las divisiones disciplinares.

Algunos participantes plantean que la lógica interdisciplinaria supone que una vez definido el problema, confluyan diferentes disciplinas con el fin de abordar y buscar soluciones desde un abordaje integral e interdisciplinario. Para ello, se torna fundamental la actitud del investigador que requiere de flexibilidad, capacidad de escuchar, motivación para resolver el problema y de la capacidad de incorporar miradas diferentes.

Se reconoce la necesidad de fortalecer los vínculos entre Universidad y la sociedad, que permitan un mayor acercamiento. Se reconoce que vincularse con otros actores, que operan con lógicas diversas, hace más complejo el desafío pero no por ello menos necesario.

### **Articulación de las diversas disciplinas a partir de estos recorridos interdisciplinarios**

Los recorridos son complejos, ese es el acuerdo base. Se reconocen dificultades en la formulación del problema, así como en la articulación entre los diversos actores involucrados.

A partir de la inquietud sobre el desconocimiento de quiénes se encuentran trabajando sobre ciertos temas, se plantea como necesidad generar instancias que faciliten el encuentro entre académicos (Cvuy online, fichas para vincular de CSIC, medios de comunicación de la UDELAR, entre otros). Esta información puede facilitar el encuentro, si bien al mismo tiempo se plantea un cuestionamiento a la propia comunidad académica en cuanto a la vinculación interdisciplinaria. La interdisciplina requiere de estructuras más flexibles que faciliten la interacción.

Se señala que existe un potencial en experiencias interdisciplinarias que vienen llevándose a cabo dentro y fuera de la Universidad, como los programas integrales de base territorial, así como la posibilidad de visualizar a los programas de extensión como usinas de identificación de problemas.

### **Requisitos para el trabajo interdisciplinario: bases para la colaboración**

La interdisciplina se construye sobre bases disciplinares, por lo que algunos participantes sostienen la importancia de la solidez de cada disciplina para poder vincularse de forma consistente con otras, lo que al mismo tiempo permitiría un relacionamiento horizontal entre ellas.

El requisito mínimo necesario consensuado se encuentra relacionado al encuentro entre las disciplinas y la construcción de espacios e instancias que la faciliten. Por otra parte, y vinculado a la especificidad de las diversas disciplinas, se reconoce la necesidad de acordar pautas que permitan evaluar y valorar al otro en clave “inter”, es decir, que trasciendan las evaluaciones disciplinares y sectoriales. Cada disciplina asimismo depende de diferentes tiempos para obtener resultados, lo que también debe ser tenido en cuenta en las instancias de planificación y evaluación.

Se sugiere la idea de creación de espacios de formación

en interdisciplina (apertura) centrados en el encuentro y no en la especificidad del profesional.

*“El estudiante está en proceso de construcción de la identidad disciplinaria profesional y por tanto ese mismo proceso puede ser problematizado. Es necesario habilitar otras identificaciones disciplinarias y profesionales más abiertas, más centradas en el encuentro interdisciplinario que en la diferencia de la especificidad. No porque no la haya, sino porque no debe ser vivenciada como competencia sino que la principal ignorancia que podemos tener los universitarios es la ignorancia de nuestras ignorancias”.*

### **Motivaciones para los investigadores**

De acuerdo a las opiniones vertidas, se podrían discriminar las motivaciones en dos grandes grupos. En primer lugar, las motivaciones que tienen que ver con hacer un aporte a los problemas que el país y la sociedad demandan, es decir, la posibilidad de trabajar en temas que trascienden la agenda académica y pasan a la política, a la social. La Universidad, en este sentido, ocupa un lugar privilegiado en intentar dar respuestas a temas de la agenda pública, y eso se percibe como una clara motivación, la de trascender las fronteras académicas y formar parte de movimientos más amplios con incidencia directa en la sociedad.

Por otra parte, se registran motivaciones vinculadas más a la formación del académico y a su actitud frente al conocimiento científico. Es decir, motivaciones vinculadas más estrechamente a la formación académica, al crecimiento profesional y, de alguna manera, a una cierta actitud o predisposición a este tipo de prácticas.

*“El amor al saber, el amor a aprender de otro que sabe lo que yo no sé, “otro” interdisciplinario u otro social”.*

### **Un proceso difícil pero necesario**

Las prácticas interdisciplinarias no son una novedad para la Universidad de la República. Aparece esta idea de proceso, de camino hacia la interdisciplina, que la Universidad viene recorriendo.

Estas experiencias existentes nos permiten visualizar cosas a potenciar, cosas a modificar, cosas para

aprender, no repetir lo que no ha funcionado. El Espacio Interdisciplinario se percibe como una nueva oportunidad, que da cuenta de un momento de la Universidad y del conocimiento científico.

Se destaca la existencia de experiencias en enseñanza interdisciplinaria -en las que se puede apreciar el problema de la evaluación antes mencionado- sobre las que hay que reflexionar para construir a futuro.

La multiplicación de la variable tiempo, las cuestiones vinculadas a la gestión, las estructuras universitarias son percibidas como dificultades, como cuestiones con las que debe convivir el trabajo interdisciplinario. Se reconoce como más dificultoso en general, pero como necesario de acuerdo a los problemas a investigar, y de alguna forma como la única manera de abordar ciertas problemáticas.

En este sentido se señala como punto importante el tiempo para la gestión de proyectos interdisciplinarios y la necesidad de estructuras más flexibles, menos burocráticas y más eficientes.

En resumen, el camino está lleno de dificultades, pero se percibe y expresa un amplio consenso entre los participantes en cuanto a lo necesario de seguir explorando y seguir avanzando en nuevas formas de conocimiento y de aproximación a los problemas de investigación.



## ÁNGULOS Y ÁMBITOS DE LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

### Introducción

A partir de los aportes brindados por la Dra. Lyall en su videoconferencia y de un libro “Interdisciplinary Research Journeys: Practical Strategies for Capturing Creativity”, se conformó un grupo de trabajo con la finalidad de discutir y hacer propuestas en torno a la promoción de la interdisciplina y a su evaluación.

El grupo de discusión estuvo integrado por 18 personas y fue moderado por la Dra. Judith Sutz (Coordinadora Académica, Comisión Sectorial de Investigación Científica) y el Dr. Felipe Arocena (Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales). En su

presentación, los participantes mencionaron diversas relaciones con la interdisciplina: carreras de grado “intrínsecamente interdisciplinarias” (Estudios Internacionales, Arquitectura), cursos de maestrías o diplomas en temas interdisciplinarios (Manejo Costero Integrado, Género), trayectorias personales que enlazan distintas disciplinas, participación en experiencias de investigación (estudios de frontera, observatorios, núcleos, redes), docencia (proyecto integral, taller de temas regionales) o prácticas interdisciplinarias (por ejemplo: Flor de Ceibo).

## **Aristas de la interdisciplina**

La calificación de interdisciplina fue cuestionada por algunos docentes, señalando la diferencia entre la participación en equipos multidisciplinarios, la asesoría y otros modos de interacción, y la investigación interdisciplinaria como “construcción de pensamiento”. A partir de estas distinciones comenzaron a mencionarse dificultades concretas para lograr conformar una investigación interdisciplinaria, entre ellas: compartir información entre varias disciplinas pero centrar la decisión en una disciplina, realizar estudios sobre un mismo tema pero no vincularlos entre sí, trabajar conjuntamente pero evaluar por separado. También se mencionó que las estructuras de formación educativa (previas y universitarias) e institucionales (cátedras) dificultan los encuentros, así como las actitudes personales ligadas a la formación disciplinaria como la definición de ciertos objetos como susceptibles de ser abordados por determinadas disciplinas y no por otras.

*“Estamos muy habituados a tomar la opinión del otro y administrarla, eso para mí es una barrera enorme que tenemos. Intentamos decir que trabajamos interdisciplinariamente, pero nos cuesta mucho construir pensamiento”.*

*“Es difícil, y yo creo que no por el objeto de estudio, sino por un problema de poder y de identidad de cada disciplina, ese afán que hay de las disciplinas de hacerse su lugar en el mundo, primero frente a las llamadas ciencias duras y luego entre ellas para hacerse el lugarcito y después se quedan prisionera en eso”.*

## **Promoción de la interdisciplina**

Respecto de la promoción, se mencionó la financiación, la flexibilización de los trayectos curriculares, la recuperación de las buenas prácticas, la posibilidad de brindar herramientas para su aplicación en ámbitos docentes y de investigación, temas de gestión, dar a conocer la diferencia entre lo multidisciplinario y lo interdisciplinario.

Se planteó que el EI no es el único ámbito de promoción

de la interdisciplina, y quedó planteada la pregunta acerca de cómo deberían ser las relaciones del EI con esas otras variadas instancias en que aparece lo interdisciplinario (por ejemplo, la Licenciatura en Desarrollo de la Facultad de Ciencias Sociales). Se consideró que los proyectos financiados por el EI, en tanto “interdisciplina institucionalizada” podrían tener un rol importante como transmisores de experiencia y compromiso con las instancias de reflexión sobre lo interdisciplinario.

*“Hay formas de promoción de la interdisciplina que no se dan porque uno busque interdisciplina sino porque uno busca hacer bien ciertas cosas”.*

## **Evaluación interdisciplinaria**

La evaluación fue considerada en la discusión como un aspecto de vital importancia en la promoción de la interdisciplina. Por un lado, está relacionada con las necesarias garantías de rigurosidad y calidad del conocimiento científico -que serían más necesarias aún frente a posibles acusaciones de falta de solidez provenientes de un pensar tradicionalmente disciplinario-. Por otro lado, la evaluación está en estrecha relación con los mecanismos de validación y de prestigio de las carreras científicas (proyectos ganados, artículos publicados), y por lo tanto afectando la base material para el ejercicio de la investigación interdisciplinaria.

El problema inicial sería que la evaluación de lo interdisciplinario por parte de comités disciplinares tendería a ir en detrimento de su comprensión. Aparece entonces la pregunta ¿cómo deberían estar integrados los comités evaluadores de los proyectos interdisciplinares? Se considera que el hecho de haber participado de investigaciones interdisciplinares no genera una “credencial” aplicable sobre lo interdisciplinario en general, una facultad para evaluar adecuadamente otros abordajes interdisciplinares. Se propuso que la evaluación sería a su vez un proceso interdisciplinario, donde evaluadores con fortalezas en sus respectivas disciplinas se aúnen en un esfuerzo común.

En la reflexión se expresó que las investigaciones interdisciplinarias serían parte de una transformación en la forma de producir conocimiento científico, desde un paradigma de generalizaciones hacia uno de configuraciones singulares, de abordajes únicos para problemas únicos. Es un proceso en construcción, sobre el que vale la pena reflexionar para poder seguir avanzando.



## TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

---

**LETICIA BRITOS CAVAGNARO**

PENSAMIENTO DE DISEÑO: UN PROCESO PARA LA INNOVACIÓN



**MÓNICA LLADÓ**

LO INTERDISCIPLINARIO: TRADUCCIONES, ESCENARIOS Y PASIONES



## TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

### PRESENTACIÓN

Entre las trayectorias que el EI propuso durante el seminario, una tuvo la particularidad de brindar estrategias metodológicas provenientes del diseño y susceptibles de ser usadas en el trabajo de grupo y el planteo creativo de problemas. Se trata del taller de Design Thinking que estuvo a cargo de Leticia Britos (Universidad de Stanford).

Leticia Britos recibió su doctorado en Biología del Desarrollo en la Universidad de Stanford (Estados Unidos) y es profesora adjunta del Stanford Technology Ventures Program. Actualmente dicta el curso de Creatividad e Innovación en el Hasso Plattner Institute of Design (d.school) y es también co-fundadora de la consultoría Lime Design Associates.

La metodología de “Design Thinking” promueve la innovación con un enfoque en la experiencia humana, la creatividad en la definición y resolución de problemas y la colaboración interdisciplinaria. En este taller, tomando la educación como desafío, se exploró el proceso de Design Thinking y se reflexionó sobre su aplicación en distintos ámbitos. Participaron 60 personas con diversas

trayectorias académicas, estudiantes y docentes, que se comprometieron activamente con la actividad, llenando los salones del Espacio con sus diseños y propuestas.

Por su parte, se invitó a la docente Mónica Lladó, co-coordinadora del Núcleo Interdisciplinario de Estudios sobre Vejez y Envejecimiento (NIEVE - EI), a realizar su propia trayectoria en el marco del seminario. Con pocas instrucciones, se le solicitó que “recorriera” las distintas instancias del Seminario En\_Clave con el objetivo de brindarnos una perspectiva de lo que allí ocurrió.

Mónica Lladó es Magister en Ciencias Humanas (Opción Antropología de la Cuenca del Plata), Especialista en Sociología del Trabajo y Licenciada en Psicología. Es Profesora Adjunta del Instituto de Psicología Social y Coordinadora del Servicio de Psicología de la Vejez de la Facultad de Psicología (UDELAR). También integra el Observatorio de Envejecimiento y Vejez de la Universidad.



## TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

**Leticia Britos Cavagnaro**

Directora Asociada del Epicenter (National Center for Engineering Pathways to Innovation).

1

## PENSAMIENTO DE DISEÑO: UN PROCESO PARA LA INNOVACIÓN

Vivo en Estados Unidos hace casi 8 años, pero visito Montevideo todos los años. La historia que les voy a contar a continuación ocurrió durante una de esas visitas. Mi sobrina Paula, que entonces tenía 9 años, estaba muy concentrada escribiendo y dibujando en un cuaderno. Ya había llenado varias páginas, cuando le pregunté de qué eran los deberes que estaba haciendo. “No, no. No son deberes” - me contestó- “Es un proyecto en el que estoy trabajando”. Intrigada, le pedí que me mostrara de qué se trataba su “proyecto”. Paula estaba escribiendo un “Manual de Supervivencia Escolar”. Había catalogado una serie de situaciones y problemas que ella y sus compañeritos encuentran día a día en la escuela, y proponía soluciones para cada uno.

Más que una crítica a la escuela, el manual es testamento de su iniciativa y de una actitud que todos deberíamos cultivar: los problemas son oportunidades para poner en práctica nuestra creatividad. La creatividad no se limita a las artes, como frecuentemente se piensa, sino que puede y debe encontrar expresión en todos los aspectos de la actividad humana.

La Universidad de Stanford, en donde realicé mis estudios de doctorado, nuclea a institutos de investigación de primera clase a nivel mundial en diversas disciplinas, pero que se encuentran insertos en un ecosistema de educación terciaria generalista (“liberal arts”), en el cual los estudiantes de pre-grado toman clases en varias disciplinas y optan -

generalmente luego de su primer año- por una concentración (“major”) en una disciplina dada. Por otro lado, los estudiantes de posgrado como yo, si bien se enfocan desde el comienzo en cursos y actividades de investigación dentro de sus disciplinas, tienen la posibilidad de tomar cursos y asistir a charlas en una diversidad de áreas. No exagero al decir que uno de esos cursos extra-disciplinares cambió mi vida radicalmente. Durante una semana en el verano de mi segundo año de doctorado, dejé mis experimentos en el laboratorio para trabajar en equipo con estudiantes de Literatura, Antropología, Física e Ingeniería, entre otras disciplinas, en la Escuela de Diseño de Stanford.

La Escuela de Diseño -conocida como “d.school”- tiene como objetivo romper los silos disciplinares y brindar oportunidades y herramientas para trabajar productiva y creativamente con personas de perspectivas y metodologías distintas. En lugar de ofrecer títulos de diseñador (hay otros programas en la Universidad que los otorgan), la “d.school” ofrece la posibilidad de tomar cursos centrados en distintas problemáticas, a las que los alumnos se enfrentan trabajando (y aprendiendo a trabajar) en equipos multidisciplinarios, a la vez que adquieren un lenguaje común de resolución de problemas. Enseñando por medio del ejemplo y rompiendo el paradigma del profesor como fuente de conocimiento y autoridad, todas las clases son “dictadas” por grupos de docentes provenientes de distintas disciplinas.

La metodología de trabajo se conoce como “design thinking” o pensamiento de diseño, y parte de la premisa de que el proceso que emplean diseñadores para definir y resolver problemas, puede ser aplicado por no diseñadores en contextos diversos. Sin embargo, del mismo modo que la idea de un único “método científico” ha sido re-evaluada, ciertamente no existe un único proceso de diseño. El “pensamiento de diseño” propone un proceso, como punto de partida para el desarrollo de habilidades y actitudes que favorecen la creatividad e innovación en la resolución de problemas complejos. En octubre del 2011 tuve el honor de realizar un taller en el Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República, para docentes, estudiantes y egresados de 14 disciplinas. Del mismo modo que yo lo aprendiera años atrás en la “d.school”, invité a los participantes a

experimentar con el proceso de “pensamiento de diseño”, reflexionando luego en conjunto acerca de la experiencia y de cómo podría aplicarse a sus contextos y problemas.

En el sistema educativo tradicional se pone gran énfasis en desarrollar la capacidad para resolver problemas. Pero, ¿qué hay de la capacidad de definir y re-definir problemas? Esta es igualmente, si no más, importante. En el taller de octubre el objetivo planteado fue el de diseñar los espacios de aprendizaje del futuro. La pregunta que surge es: ¿espacios de aprendizaje para quién? Es aquí que entra en juego la necesidad de definir el problema en forma más concreta, y aparece otro concepto de gran importancia: la empatía. Empatizar con alguien significa entender sus emociones, razones y necesidades (especialmente aquellas que son diferentes de las nuestras). En el proceso del pensamiento de diseño, la empatía se convierte en una lente que permite definir el problema desde el punto de vista de la persona para la que se está diseñando. Los participantes del taller definieron distintos problemas a partir de breves entrevistas con estudiantes universitarios, como punto de partida para visualizar mejores espacios de aprendizaje.

Un aspecto importante de la filosofía del pensamiento de diseño es que los problemas son oportunidades para generar soluciones creativas (y cuanto mayor sea el problema, mayor es la oportunidad). Detrás de esta distinción semántica hay una actitud pro-activa que hace una gran diferencia en el trabajo de equipos y organizaciones.

La siguiente etapa del proceso es la generación de soluciones para los problemas/oportunidades identificados. En la escuela y el liceo nos enseñan la importancia del pensamiento crítico y analítico. Sin embargo, la generación de ideas requiere de otro tipo de pensamiento: en lugar de converger hacia una única solución correcta y conocida, se trata de diverger hacia muchas soluciones posibles, algunas de ellas novedosas y otras tantas que pueden parecer impracticables.

En 1977, Ken Olsen, el entonces presidente de Digital Equipment Corporation (DEC), uno de los primeros fabricantes de computadoras, afirmó que “no hay ninguna razón por la que un individuo quisiese tener una computadora en su casa”. Si bien ese era ciertamente el

caso en ese entonces, cuando una computadora ocupaba un cuarto entero, unos 30 años después, no podríamos imaginar no tener una computadora en la casa, o incluso en nuestro bolsillo. Generar ideas innovadoras requiere suspender el juicio acerca de lo que es y no es posible. Si bien esto resulta difícil y va en contra de nuestros instintos prácticos, existen técnicas y condiciones que estimulan nuestra imaginación y nos permiten ir más allá de las soluciones obvias. Para empezar, es importante tener la disciplina de practicar la generación de ideas, así como practicamos resolver problemas de matemáticas y, una vez que encontramos una solución para un problema dado, empujarnos a pensar de qué otras maneras podríamos resolverlo. Una vez generadas muchas ideas para posibles soluciones al problema planteado, entra en juego la etapa de prototipado. Es un hecho que la gran mayoría de las ideas innovadoras fracasan. El prototipado tiene como objetivo hacer nuestras ideas tangibles para ponerlas a prueba lo antes posible, gastando la menor cantidad de tiempo y recursos, de manera de decidir si es conveniente seguir adelante con ellas, o incluso si el problema de partida estaba bien definido. Si bien pensamos en los prototipos como objetos, se pueden prototipar también servicios y experiencias. El aspecto más importante de esta etapa del proceso, es la actitud con la cual presentamos nuestras ideas: se trata de ponerlas a prueba, no de defenderlas a toda costa, a pesar de que la retroalimentación recibida indique que la idea no es buena. La clave es considerar que lo que generalmente percibimos como fracaso es en realidad una instancia de aprendizaje. En vez de apegarnos a nuestras ideas y proyectos, debemos intentar maximizar los aprendizajes que nos permitan avanzar hacia nuestros objetivos últimos.

Si bien lo que he descrito parece ser un proceso lineal -empatía, definición, ideación, prototipado, prueba- se trata en realidad de un proceso iterativo y, en un momento dado, quizás necesitemos volver a una etapa anterior: re-definir el problema, recabar más información y realizar más observaciones y entrevistas, generar más ideas o rescatar alguna de las ideas que habíamos dejado en suspenso, o cambiar aspectos de nuestro prototipo y volver a ponerlo a prueba. Del mismo modo, aprender este proceso de resolución creativa de problemas es un

proceso iterativo. En las cuatro horas del taller de octubre, estoy segura de que no logré que nadie saliera como un experto “innovador” (como tampoco lo soy yo, ni era mi objetivo), pero espero haber inspirado la curiosidad de seguir aprendiendo y practicando. Más allá del proceso, se trata de desarrollar una serie de actitudes o mentalidades que nos permitan enfrentarnos a problemas cada vez más complejos: practicar la empatía y ver el punto de vista de otros, ser no sólo críticos sino también creativos, poner nuestras ideas en práctica en lugar de hablar sobre ellas (o criticar las ideas de otros). Por sobre todo, ser “aprendedores” de por vida (aún, y sobre todo, aquellos de nosotros que somos “enseñantes”).

El inventor y visionario Alan Kay dijo “La mejor manera de predecir el futuro es inventarlo”. Dos años después de aquel día en que me mostrara su “Manual de Supervivencia Escolar”, le pregunté a Paula si habría una segunda (o tercera) edición. “Estoy trabajando en un proyecto nuevo”, me dijo. “Estoy escribiendo una Guía para la Vida”. Espero que nuestro sistema escolar le brinde a Paula, y a todos los niños, las herramientas y oportunidades de inventar su futuro. Siempre va a haber alguien que nos diga que esto o aquello no es posible. Espero que Paula y otros niños de su generación no hagan caso.



**Figura 1** Taller "Design Thinking": un proceso para la innovación (26 de octubre, 2011).

## TRAYECTORIAS INTERDISCIPLINARIAS

Mónica Lladó

Servicio de Psicología de la Vejez, Instituto de Psicología Social, Facultad de Psicología.  
Co-responsable del Núcleo Interdisciplinario de Estudios sobre Vejez y Envejecimiento (Espacio Interdisciplinario).

## LO INTERDISCIPLINARIO: TRADUCCIONES, ESCENARIOS Y PASIONES

Estas notas surgen a partir de un pedido de la Unidad Académica del EI de elaborar una suerte de registro a partir de la observación participante en el Seminario En\_Clave Inter 2011. Cabe aclarar que las notas no contemplan todas las actividades propuestas, debido a que no fue posible concurrir a todas.

### Introducción

El desafío propuesto constituye así una mirada singular de un evento colectivo, citado para el intercambio y el crecimiento académico, en un Espacio Interdisciplinario que se vuelve escenario de encuentros, de proyectos, artefactos, actores, utopías y malestares. Escenario, en el sentido literal de espacio de actuación: de pasiones, de saberes y de hacer política. El término lo tomo prestado de Susana Mallo (2010) que define la interdisciplina como escenario. Si bien puede ser uno de esos conceptos que ponemos de moda (y rescato la moda como valor estético para auxiliar a la comunicación), permite entendernos rápidamente. Parece que lo interdisciplinario no puede definirse sólo por sus delimitaciones territoriales sino, también, por algo

inmanente a ello que tiene que ver con los tiempos, o más bien con los procesos.

Hago mi apuesta por “lo” interdisciplinario, y no por “la interdisciplina” para eludir a lo esencial que se juega en definirla. Así el artículo “lo” nos permite la movilidad de jugar en el entre. Aunque este “entre”, nómada, paria, outsider de “lo” interdisciplinario, quiera su lugar para crecer y para crear. Me detengo en este regodeo introductorio porque ésta será la cuestión latente en los intercambios que se produjeron en el seminario.

Como esto de lo interdisciplinario tiene que ver con cuestiones de terminologías y traducciones, no puedo evitar jugar con la polisemia a la que invita el título “En\_clave inter”. Que suena a pauta musical, que marca un tempo, un lugar de encuentro, de atravesamientos, que configura un territorio político. Estas son algunas de las significaciones que se me ocurren, a partir de lo que quedó resonando en mí del seminario.

Lo que sigue, es el entretejido de registros (notas, sentimientos, traducciones y lecturas) del seminario con reflexiones y aportes del acumulado de un colectivo heterogéneo que fue convocado a pensar y pensarse interdisciplinariamente.

## Silicon Valley y los estados mentales

El telón del seminario se levanta con una primera escena que marcará todo el seminario. La selección de Leticia Britos para la apertura fue una atractiva invitación a experimentar. Así es que nos sumergimos en un taller para aprender cómo se facilita la producción colectiva y un lenguaje común en los procesos creativos y así estimular la innovación, a partir del método denominado Design Thinking. Este método recoge técnicas de la etnografía, la psicología social y laboral (entre algunas que se pueden rastrear: tormenta de ideas, inmersión, observación, trabajo en equipo, etc.).

La propuesta generó entre los participantes una cierta excitación, curiosidad, escepticismo y también temor. Por supuesto, en algunos primaba más una actitud que otra, o tal vez uno transitaba un poco por todos los estados. O sea una coctelera de emociones como la que se transita habitualmente por los encuentros interdisciplinarios. Lo cierto es que el dispositivo fue muy provocativo y permitió visualizar los bloqueos personales y colectivos a los que nos enfrentamos a la hora de crear. La propuesta desestructuraba el lugar del oyente habitual en los seminarios y, por ende, se esperaba que generara molestias. Paradójicamente lo que se apreció, más bien, fue entusiasmo. Así viajamos a Silicon Valley, dado que la propuesta nos transportó a “un estado mental”, una idea fuerza de Leticia. La estrategia fundamental para sobrevivir a un mundo que exige innovación y resolución de problema complejos, pasa por poder compartir estos procesos con otros. Así es que el taller provocó pensar lo interdisciplinario como un proceso creativo, que supone un alto compromiso personal y colectivo para inventar el futuro. Igualmente no faltó en esta instancia la cuota de desconfianza, para quien mira las redes de poder político-económico que albergan estas formas de producción.

## Problemas interdisciplinarios y trayectorias singulares

La mesa redonda “Interacciones y trayectorias entre disciplinas”, tenía como objetivo reflexionar a partir de las trayectorias personales de los ponentes (Luis Bértola, Liliana Carmona, Alejandro Chabalgoity, Marita Fornaro,

Ana Meikle y Gregory Randall) sobre las interacciones disciplinares y su evolución hacia áreas del conocimiento que tienden a la consolidación de nuevos campos disciplinares.

Esto llevó a compartir experiencias interdisciplinarias, con sus logros y dificultades. En esto de hablar de trayectorias, se suponen decisiones y transformaciones personales que hacen a la vida cotidiana de los protagonistas, por ende, a sus condiciones de vida. De esta manera, el debate transcurrió en torno a las posibilidades y obstáculos para el desarrollo de experiencias interdisciplinarias en la academia. Básicamente se trabajó la cuestión de los espacios para desarrollar dichas experiencias, su sustentabilidad y formas de evaluarlas.

Se discute sobre la paradoja que supone en algunas ocasiones la cuestión interdisciplinaria *“que termina normalizando, consolidando un campo específico...en un ámbito institucional, en una coyuntura política, institucional, cultural (...)”* tal cual lo expresara el Profesor Bértola dando el ejemplo de la recomposición del vínculo entre la Historia y la Economía, que deriva en un nuevo campo normalizado con espacios institucionales (léase creación de una licenciatura, un diploma y una maestría).

Siguiendo la línea de la paradoja que abre la normalización de lo interdisciplinario, remite a la conformación de “un nuevo campo”, una nueva disciplina, una nueva identidad. Esto recuerda la condición de mutabilidad e incertidumbre de los procesos identitarios (Castoriadis 1983), en este caso, asociados a las disciplinas. Así es que se construyen las identidades profesionales, asociadas a prácticas que las retroalimentan, a lenguajes que nos definen, a hábitos que se despliegan en campos en los que se juegan tensiones e intereses (haciendo una extrapolación de la noción de campo de Bourdieu). Parece interesante resaltar la necesidad de cierta tolerancia a la incertidumbre, a la ruptura de las fronteras disciplinares. A partir de las reflexiones de Esther Díaz cuando dice que *“Bachelard rechaza la idea de frontera absoluta (entre disciplinas) (...) porque considera que fijar una frontera es al mismo tiempo traspasarla”* (Díaz, 2007:18).

La paradoja se complejiza si pensamos que la condición científica de tolerar la incertidumbre a la que nos llevan

los límites del conocimiento se encuentra con formas institucionales en la academia que se condensan en criterios políticos, burocracia y fronteras edilicias, entre otros. O sea, habilitan el desarrollo de la producción de conocimiento y al mismo tiempo, lo obstaculizan. En este sentido, se reconoce por parte de panelistas y participantes de los talleres la importancia de un espacio que habilite la experimentación desde el encuentro interdisciplinario. Espacio -interdisciplinario- que se materializa en la Universidad dando sus primeros pasos en medio de la incertidumbre y, por ende, en un proceso que también necesitará tolerar su mutación.

Otras dos ideas asociadas que rondaron el tratamiento de las trayectorias interdisciplinarias compartidas estuvieron vinculadas a la idea de encuentro con lo diferente, con el otro, con la incertidumbre, así como la idea del encuentro interdisciplinario a partir de problemas.

El componente deseo estuvo presente en el discurso de los participantes y fue expresado con distintos énfasis, sea en los recursos expresivos de su oratoria como en las asociaciones a momentos cruciales de sus vidas marcados por: afiliaciones, migraciones, mudanzas, identidades, pasiones, renunciaciones, exclusiones, contradicciones y prejuicios. En sus propias palabras:

### **Pasiones**

*"...hincha a muerte de la CSIC..."*

### **Trayectorias**

*"...la tímida muchachita del colegio de monjas, de familia obrera, hoy vive un sueño..."*

*"...ir de una facultad a la otra, donde no los conocen..."*

*"...y mi gran trabajo ha sido ser un terapeuta disciplinario, reconstruir un vínculo, una familia... ...si nos da para dar 3-4 vueltitas de estas en la vida, seremos felices..."*

*"...en mi historia he vivido más de un cambio de paradigma..."*

*"...Yo entré en 1988 como estudiante... apasionada por la ciencia..."*

*"...tiene que ver con mi historia personal..."*

### **Lides**

*"...le pegas a todo..."*

*"... no entrar en contradicción con mis principios humanos..."*

*"...todo es un lio... las resistencias son enormes..."*

*"...para poder sobrevivir atrincherarse, pelear...no hay que ver con ingenuidad esto..."*

*"...esto es una guerra por momentos y es difícil en nuestras instituciones encontrar espacios y no hay forma de generar algo nuevo si no se tiene mucho carácter..."*

### **Alteridades**

*"...a todos nos cuesta pensar de una manera diferente, con costos diferentes para cada uno..."*

*"...aceptar ser una outsider...es duro...métodos de supervivencia... para evitar enfrentamientos y hacer por nuestro lado..."*

*"...yo también me sentía frente a un poder consolidado y pensaba que no podía...los otros también somos nosotros..."*

### **Actitudes**

*"...el que quiere hacer puede..."*

*"...la dicotomía entre participar para cambiar y tratar de mantenerse fiel haciendo lo que uno sabe hacer...y si se dedica a lo otro pierde lo que sabe hacer...¿dónde aporta más uno? Es terrible esa dicotomía pero es un tema de discusión...para un próximo En-clave..."*

Esta mesa redonda apasionada y apasionante fue seguida de un taller que retomó algunas cuestiones ya trabajadas con la finalidad de profundizar en ciertos aspectos.

Considerando que la consigna del taller era continuar la línea de intercambios de la mesa redonda acerca de los beneficios y los obstáculos del trabajo interdisciplinario, la dinámica se centró fundamentalmente en las políticas universitarias de promoción de la interdisciplina (ID).

Organicé en esta ocasión mis notas en 4 columnas, la primera sobre algunas ideas asociadas a la interdisciplina y sus definiciones, una segunda columna que rescata los recursos con los que cuenta la UDELAR.

Una tercer columna resalta lo que hace falta para validar la ID y una última recoge algunos problemas más

sentidos por los participantes involucrados en proyectos interdisciplinarios. Las expresiones fueron ordenadas de

<b>Lo que entendemos/ creemos</b>	<b>Lo que tenemos</b>	<b>Lo que falta</b>	<b>Algunos problemas</b>		
ID es según problemas/ los problemas son interdisciplinarios	Escuchar	Mecanismos de evaluación/ ¿Qué políticas?/ ¿Quién evalúa?	Los tiempos de producción son distintos en el trabajo de las disciplinas		
Cada disciplina debe buscar la excelencia en sí misma	Fichas para vincular de CSIC	Evaluar productos y procesos	¿Cómo hacemos con las disciplinas que no hacen investigación?		
Flexibilidad/sensibilidad	Extensión universitaria	Difusión. Visible a la sociedad	Terminología		
Integrar investigación y enseñanza desde una perspectiva ID	Los centros regionales	Vecinos que demandan Observatorios	Encares cualitativos-cuantitativos		
Cuidado del vínculo	Relación con la sociedad		¿Dónde nos posicionamos epistemológicamente?		
El país está cambiando de una forma muy brusca, lo que se juega en el futuro del país.	Espacios institucionales	Lugar N° 94 del Ranking de Universidades Latinoamericanas	Comunicación/ Torre de Babel/ interlocutor social		
	Potencial de los PIM	Evaluación previa	Horizontalidad		
	Peso de la disciplina	Las profesiones que faltan en redes, núcleos o centros	No desperdiciar recursos/ equipos		
			Sistematización de procesos Falta de indicadores	Gestión	
			Habilitar espacios de comunicación a lo interno y a lo externo	La evaluación docente no se quiere	
					Burocracia perversa - la UR como el paquidermo
					No puedo ser cómplice de ciertas lógicas
				Justificar mi trabajo	

acuerdo al énfasis con el que se expresan las ideas. Se observa que la tónica de los talleres de discusión es muy laxa y que al mismo tiempo provoca una tendencia importante a resaltar los problemas y agudizar la crítica a lo instituido en el ámbito que corresponda.

### **El silencio de las sirenas**

*“...pero las sirenas tienen un arma más terrible aún que el canto: su silencio. Aunque no ha sucedido, es quizás imaginable la posibilidad de que alguien se haya salvado del canto de las sirenas, pero de su silencio ciertamente no.” F. Kafka*

Resulta difícil hacer una síntesis de la videoconferencia de Jean Claude Perez pero aún más de la discusión a posteriori, de allí la idea de recuperar la versión kafkiana del desafío de Ulises. La conferencia fue seguida con gran atención, respeto y apertura a lo novedoso, actitud más que deseable para un seminario interdisciplinario. Por lo que era de esperarse una gran expectativa al finalizar la conferencia y abrir el espacio a preguntas del público y escuchar los comentarios del moderador. El Profesor Mizraji, concluyó la actividad con una afirmación y una proposición, cualquiera de ellas igualmente lapidarias: “esto no es ciencia”, a lo que siguió la recomendación de un artículo de Juan Grompone sobre el pensamiento pitagórico en América Latina. Rápidamente uno podría agradecer la recomendación, pero dado que el seminario es sobre interdisciplina, para los participantes que apenas conocían el número Phi, Jean Claude simplemente hablaba de cosas que no entendíamos. Si bien la actitud de Mizraji, se volvió entendible luego de leer el artículo de Grompone, poco aportó a la discusión que pretendía abrirse. La discusión subyacente ya no era sobre el número de Fibonacci, sino sobre los problemas que se generan en los encuentros interdisciplinarios. Sobre la validez, el status científico, las habilitaciones, reconocimientos, y sobre la univocidad o apertura de los métodos. Quedaron flotando cuestiones epistemológicas que otra vez no discutimos.

### **“El mundo tiene problemas y las universidades tienen departamentos”**

C. Bowers

La videoconferencia de Catherine Lyall permitió sistematizar algunos problemas que se plantearon durante el seminario: la evaluación y promoción de proyectos interdisciplinarios, retomando la máxima de Bowers para ubicar a la investigación transdisciplinaria como su respuesta.

En el proceso de teorización de sus experiencias con diferentes grupos de investigación interdisciplinaria, Lyall plantea algunas cuestiones para lograr una adecuada integración interdisciplinaria: la conformación y organización de un equipo de trabajo, la conformación de una agenda de investigación, saber sobrellevar las barreras institucionales de la academia. De la investigación que la profesora presenta, destaca factores claves para el buen funcionamiento de programas interdisciplinarios (que podrían ser elementos para considerar en la evaluación, de allí la recomendación de las guías que elaboran Lyall y su equipo).

Recomienda el estilo de trabajo por problema, aunque aclara que hay muchos tipos de investigación interdisciplinaria (Pohl y Hirsch Hadorn 2007). De hecho es muy difícil dar una definición de interdisciplina, ya que la misma depende del contexto. Esto supone considerar parámetros e indicadores de evaluación adecuados para cada programa y para cada contexto. A pesar de esto se pueden identificar instrumentos que permitan evaluar más eficientemente los proyectos interdisciplinarios, para lo que remite al diagrama de factores clave del éxito para así buscar el nivel de interdisciplina alcanzado por cada equipo.

Por otra parte, la investigación de Lyall en una primera etapa se enfrenta con algunos problemas que llevan a rediseñarla, concluyendo con la conformación de las guías para desarrollar propuestas de investigación. Surge así la cuestión de reformular las reglas con las que se mide y evalúa la interdisciplina, que habilita una serie de recomendaciones hacia los evaluadores de programas.

En el taller que siguió a la conferencia de Lyall se dio una interesante polémica que transitó por diferentes tópicos aterrizados a la realidad de la Universidad.

Las dificultades para diferenciar entre multidisciplina, interdisciplina y transdisciplina, romper fronteras y acceder a una mayor apertura, la brevedad de los proyectos que no permite consolidar ciertas cuestiones, o algunos indicadores intangibles: ciencias duras versus ciencias blandas, los peligros de la financiación y la ciencia aplicada, los problemas de gestión y financiación, las lentitudes institucionales y las escasas líneas de financiación (en relación a lo que plantea Lyall), las cuestiones del lenguaje y la gestión de los equipos.

Por otra parte se plantea la necesidad de contar con indicadores de evaluación, el apoyo a la promoción e institucionalización del trabajo interdisciplinario en la UDELAR, la falta de reconocimiento de antecedentes interdisciplinarios en la Universidad, la búsqueda para definir la preferencia por una modalidad de trabajo interdisciplinario. Respecto a este último punto, se da una tensión entre modalidades interdisciplinarias y tradiciones universitarias que requiere más trabajo y reflexión, si pensamos en la promoción de la integralidad de los proyectos.

### **Lo que sostiene un proyecto interdisciplinario**

En un intento de síntesis se podría decir que la interdisciplina es convocada por los problemas, los actores y las instituciones. Cada uno adquiere una perspectiva de promotor u obstáculo.

De allí los problemas con los tiempos institucionales, vitales, de convivencia. Con el poder: reconocimientos, desigualdades y equidades, diferencias y creación de nuevos nodos. Con las tensiones que hacen cuerpo en los actores y en el equipo. Con las tareas hercúlicas de lidiar con la gestión, la burocracia, la super especialización, y la tensión académica y de cogobierno. Dado que hablamos de romper fronteras no es extraño la sobreabundancia de términos bélicos (luchas, batallas, guerras, estrategias, tenientes, etc.)

A pesar de todas las dificultades aparece la necesidad y el deseo de encuentros. Junto con un cúmulo de emociones que traslucen: asumir desafíos, temores, dolores de crecimiento, apertura, curiosidad, crítica,

quejas, necesidad de construir futuro. En general un gran compromiso.

El seminario convoca a pensar cómo hacer interdisciplina en la UDELAR.

La interdisciplina para algunos es una tarea imposible. Difícil sí, pero no imposible. Tal vez por sentir su urgencia o su emergencia, pero no como una cuestión obligatoria, retomando una reflexión del Profesor Lessa. Indudablemente la interdisciplina genera múltiples resistencias aún dentro de los que la promueven. Uno diría que requiere de muchas rupturas epistemofílicas, atravesadas por muchas dimensiones como las financieras, políticas, institucionales e ideológicas.

El seminario abrió la discusión hacia diferentes condiciones necesarias para hacer interdisciplina: acumulación de conocimiento, seguridad, afianzamiento, apertura, temple para navegar en la incertidumbre, definir objetivos claros y pertinentes, buen humor, flexibilidad, creatividad, financiación, facilitadores administrativos, sistematizar, evaluar. Esto es sólo un mojón más en la construcción para desarrollar herramientas y espacios propicios para la interdisciplina.

### **Referencias Bibliográficas**

Bourdieu, P. 2000. Sobre el campo político, Presses Universitaires de Lyon, En: [http://mt.educarchile.cl/MT/jjbru\\_nner/archives/BOURDIEU\\_campo-politico.pdf](http://mt.educarchile.cl/MT/jjbru_nner/archives/BOURDIEU_campo-politico.pdf)

Castoriadis, C. 1983. La institución imaginaria de la sociedad, Tusquets, Barcelona.

Mallo, S. 2010. Articulando lenguajes: desafíos de un nuevo escenario académico. En: Reflexiones sobre la interdisciplina en la Universidad e la República. Seminario En-clave inter Noviembre 2010. Espacio Interdisciplinario. Montevideo.

Díaz, E. 2007. Entre la tecnociencia y el deseo. La construcción de una epistemología ampliada. Biblos. Buenos Aires.

Pohl, C. y Hirsch Hadorn, G. 2007. Principles for Designing Transdisciplinary Research. En: [www.transdisciplinarity.ch](http://www.transdisciplinarity.ch)

Pohl, C., Perrig-Chiello, P., Butz, B., Hirsch Hadorn, G., Joye, D., Lawrence, R., Nentwich, M., Paulsen, T., Rossini, M., Truffer, B., Wastl-Walter, D., Wiesmann, U., Zinsstag, J. 2010. Questions to evaluate inter- and transdisciplinary research proposals. En: [www.transdisciplinarity.ch](http://www.transdisciplinarity.ch)

### **Agradecimientos**

A la Unidad Académica del Espacio Interdisciplinario que organizó este evento y facilitó los registros que se utilizaron en este trabajo

## TRAYECTORIAS MUSICALES

---

**MARITA FORNARO, CARLOS CORREA, MARÍA JOSÉ AGUIAR**  
TRAYECTORIAS MUSICALES



**PROGRAMA**



## TRAYECTORIAS MUSICALES

---

### PRESENTACIÓN

En este apartado junto con el CD que acompaña la publicación iniciamos un intercambio que pone a la música como protagonista. Se trata de una actividad que acompañó el cierre del Seminario En\_Clave 2011, producto de una propuesta de la Escuela Universitaria de Música.

Entre las trayectorias interdisciplinarias que estuvieron presentes, la música, entre coro y marimba, brindó el contexto adecuado para otro tipo de recorridos. Sin más palabras, damos lugar a disfrutarlos con los sentidos.



## TRAYECTORIAS MUSICALES

**Marita Fornaro, Carlos Correa, María José Aguiar**

Escuela Universitaria de Música.

TM

1

## TRAYECTORIAS MUSICALES

Este concierto, primera actividad musical de la Escuela Universitaria de Música (EUM) en el Espacio Interdisciplinario, otro camino para ampliar su ámbito ha sido diseñado atendiendo a las características de este evento y a la propuesta del propio Espacio. Si la interpretación musical profesional supone siempre investigación - sobre compositores, épocas, estilos, opciones técnicas - en este caso, el trabajo que se presenta implica una profundización en esa producción de conocimiento original, por varias razones. En primer lugar, porque los intérpretes se han formado en la Universidad de la República, y esto lleva consigo los criterios de producción artística en el ámbito universitario: reflexión y documentación del propio

proceso creativo. En segundo término, porque los intérpretes han optado por el riesgo de repertorios no usuales y por estrenar obras de compositores uruguayos formados también en la propia Escuela Universitaria de Música.

Y también interesa aquí el encuentro de lenguajes académicos y populares: el patrimonio tradicional de diferentes pueblos - ya sea el timbre milenar de los xilófonos de Oriente, un ritual indígena de los mapuche chilenos, una danza argentina - ha sido inspiración para creadores contemporáneos. Es lo que el compositor y folklorólogo Béla Bartók denominó "folklore imaginario" y el musicólogo argentino Carlos Vega definió como "proyección artística" del patrimonio musical tradicional.

El Grupo Vocal Kárpátia nace como un coro de proyectos, con el objetivo de estrenar en Uruguay la obra completa para coro infantil y femenino a capella de Béla Bartók; y desde ese momento se priorizó la investigación dentro del área interpretativa: la búsqueda en los repertorios, los idiomas, las estéticas. Su nombre es un homenaje al lugar de nacimiento de Bartók - zona de gran riqueza folclórico-musical - y, al mismo tiempo, recuerda al barco que rescató a los sobrevivientes del "Titanic", como forma de aludir al rescate de tesoros olvidados.

Desde un inicio se propició la búsqueda tímbrica, a partir de un instrumento de particular sonoridad, el coro femenino de cámara, seleccionando a sus integrantes por el color de su voz, además de por sus conocimientos y capacidades musicales. Sus integrantes son estudiantes y docentes de la Escuela Universitaria de Música; cada cual aporta desde la especificidad de su formación. Desde su creación en 2005 el Grupo ha mantenido un perfil de investigación en su repertorio, abordando obras de compositores poco interpretados o desconocidos para nuestro medio, principalmente de los siglos XX y XXI. Junto a algunos de los autores más importantes de la primera mitad del siglo XX (Bartók, Kodály o Martin), se han abordado obras de compositores vivos: Miklós Kocsár, György Orbán y Boldizsár Csiky (de Hungría), Aleksandar Vujić (de Serbia) o Eduardo Cáceres (de Chile). El estudio e interpretación de dicho repertorio implica el abordaje de los idiomas originales (húngaro, checo o mapudungún), sus principales características fonético-lingüísticas y la relación fraseológico-prosódica entre texto y música. En varias oportunidades se ha contado con el apoyo de referentes extranjeros, tanto desde el punto de vista lingüístico (María Cserni y Eleonor Fajčárová) como musical (Sylvia Leidemann, Zsuzsanna Gráf y Eduardo Cáceres).

El coro - instrumento musical y al mismo tiempo grupo humano - es habitualmente referente cultural en una comunidad: un espacio que permite a sus actores reflejarse en tradiciones propias y al mismo tiempo abrir puertas a otras realidades culturales. Cientos de grupos corales en todo el país desarrollan una intensa actividad cimentando - aunque con objetivos y resultados disímiles - una realidad cultural arraigada y profunda dentro de la

sociedad uruguaya. Sin embargo, la historia de la música académica nacional presenta escasos ejemplos compositivos de obras corales y nuestros coros no suelen interpretar obras académicas contemporáneas, obras -no sólo las corales - que generalmente se ven restringidas a un público muy específico.

Es a partir de este diagnóstico que en 2008 el Grupo desarrolla la idea de invitar a compositores y estudiantes de composición a escribir para el propio colectivo. Así surgieron cuatro obras: *Dos orillas* de Juan Asuaga, *Las olas parecen pasos* de Juan Martín López, *Dos sonetos* de Ulrich Schrader (sobre poemas de M<sup>a</sup> Eugenia Vaz Ferreira) y *Las madres* de Vladimir Guicheff (sobre poemas de Francisco Tomsich). Cada obra requirió el trabajo en conjunto con los compositores, en un largo proceso de diálogo directo y continuo. El proceso de ensamble aún continúa.

Como ejemplo de este enfoque, presentamos a continuación la experiencia desarrollada a partir de *Las madres*, de Vladimir Guicheff.

La gestación de *Las madres* incluyó las distintas fases de un trabajo creativo del cual participaron poeta, compositor, director y coro. El primer elemento inspirador para el compositor fue una foto del turco Nazif Topçuoğlu. A partir de ella Guicheff imaginó la estructura "instrumental" de la pieza: una "solista" que dialoga con el coro. El poeta creó su poemario imaginando quince mujeres hablando de sus madres. Son quince poemas, quince "canciones". El compositor dio a elegir a las coreutas entre un conjunto de breves melodías la que fuera más sugestiva para cada una, la que le disparara recuerdos, vivencias entre ella y su madre. Esta elección y sus circunstancias son el elemento embrionario para la composición de cada canción.

Cada poema es la visión sobre una madre, su impronta, sus influencias. En cada canción, una coreuta presenta a "su" madre, mientras el coro interroga, acota e indaga. La música invade el espacio de sugerencias sonoras: silbidos, arrullos, toses, rezongos, gemidos. La puesta en escena minimalista no reniega de la tradición, ya sea esta la del concierto -la partitura, el atril, el director-, o la de la cita -musical, dramática o pictórica-, sino que la redimensiona, profundizando su contenido simbólico.

El trabajo de ensamble incluye reuniones periódicas entre director y compositor, así como la participación del compositor en los ensayos.

Por un camino semejante, María José Aguiar ha seleccionado obras de compositores contemporáneos y de culturas muy diversas, opción que le obliga al ejercicio de la indagación que, como en el caso anterior, vincula interpretación con otros saberes teóricos. Nos detendremos en dos obras.

El uruguayo Iván Fernández es compositor, pianista y docente, egresado de la Escuela Universitaria de Música. Su obra, de particular fuerza, ha incluido estrenos como *Magneto* (2004), en el ámbito de otra actividad también de presencia de la UdelaR, el Festival de Percusión de Montevideo, y *El esfuerzo de los inmortales* (2007), compuesta a pedido del Grupo "Horma Moebius", integrado por docentes y estudiantes de la EUM.

En este caso, para *En las Tierras del Extranjero* el compositor trabaja en la producción de timbres poco convencionales para la marimba, que a su vez generan técnicas diferentes a la hora de ejecutar el instrumento. El contraste de timbres y los extremos del registro dinámico del instrumento estructuran un espacio imaginario. Esos sonidos dan cuenta de la experiencia del compositor en su encuentro con el extranjero, concebido como personaje también imaginario, en las propias tierras de ese "compañero" creado como mecanismo de producción artística.

En general, los intérpretes académicos trabajan con partituras, es decir, con "instrucciones" vehiculizadas en papel, por lo que el resultado sonoro es la interpretación del ejecutante de dichas instrucciones. Cuando se trabaja en directo con el compositor las instrucciones se pueden negociar, por capacidades del ejecutante, por ideas preconcebidas del autor que funcionan o no. Es un trabajo en equipo que busca el mejor resultado conjugando los diferentes saberes. Es el caso de esta interpretación de *En las Tierras del Extranjero*.

Y, finalmente, un breve comentario sobre la obra de Keiko Abe, intérprete y compositora japonesa que ha jugado un papel clave en el establecimiento firme de la marimba

como un instrumento de concierto totalmente nuevo. Su música se ha tocado en recitales en todo el mundo; fue la primera mujer incluida en el Percussive Arts Society Hall of Fame en 1993. En esta obra la autora recrea musicalmente el paisaje sonoro del viento transitando por un bosque de bambú, imagen tan asociada a la cultura musical japonesa y su experimentación con este material. Nuevamente se nos ofrece un paisaje virtual, elaborado a partir de materiales de fuerte simbolismo en la música de la cultura de origen y retomados por dos mujeres, la compositora y la intérprete que crea, como en toda performance, un producto único formado también por lo que en él juega la recepción del público.



## PROGRAMA

### **Folklore imaginario: de machis y madres**

Grupo Vocal Kárpátia

Dirección: Carlos Correa de Paiva.

Integrantes: María José Badano, Leticia Benia, Andrea Brassesco, Chiara Daniele, Denise Girard, Mayra Hernández, Alice Méndez, Virginia Aguiar, Tamara Cabrera, María Inés Curutchet, Irene Kamaid, Liliana Morales, Virginia Piria, María Podestá, Malena Rivarola.

Béla Bartók (Nagyszentmiklós, Hungría, 1881 - New York, 1945) - Gyermek és nőikárok.

Eduardo Cáceres (Santiago de Chile, 1945) - Cantos ceremoniales para aprendiz de machi, sobre textos en

lengua mapudungún de Elicura Chihuailaf (Quechuwere, 1952).

Vladimir Guicheff (Montevideo, 1986) - Las Madres, sobre textos de Francisco Tomsich (Nueva Helvecia: 1981).

Carlos Correa de Paiva es docente de la Tecnicatura en Dirección Coral de la Escuela Universitaria de Música (Regional Norte, UDELAR). Ha realizado estudios en Dirección Coral y Musicología en la Escuela Universitaria de Música.

El Grupo Vocal Kárpátia es un coro femenino de cámara integrado por estudiantes y docentes de la Escuela Universitaria de Música, constituido en 2005. Su repertorio está centrado en la música académica

Europea y latinoamericana de los siglos XX y XXI.

### **Madera, silencio, viento**

María José Aguiar, marimba

Guillermo Espel (Buenos Aires) - Zamba para escuchar tu silencio.

Iván Fernández (Salto, 1976 ) - En las tierras del extranjero.

Keiko Abe (Tokyo, 1937) - Wind on the bamboo grove.

María José Aguiar es percusionista, egresada de la Escuela Universitaria de Música; actualmente se desempeña como Asistente Académica en la misma. Integra la Orquesta Filarmónica de Montevideo y el grupo de percusión "Horma Möbius". Se ha especializado en marimba. En junio de 2011, ha estrenado el Concierto para marimba y orquesta de cuerdas de E. Séjournè con la orquesta "Ars Musicae" bajo la dirección de Renée Pietrafesa, en el marco del Ciclo de música de cámara del SODRE, primera audición en Uruguay de un concierto para este instrumento solista.

El Seminario En\_Clave Inter es un foro de discusión e intercambio sobre las múltiples aristas y especificidades de la interdisciplina, las metodologías y el conocimiento científico; potenciando la comunicación entre los grupos de trabajo. Este seminario es parte fundamental de las actividades que desarrolla el Espacio Interdisciplinario (EI) de la Universidad de la República (UDELAR) con el objetivo de promover vínculos entre los grupos que trabajan interdisciplinariamente en nuestra casa de estudios.

En su tercera edición, el Seminario Trayectorias En\_Clave 2011 buscó ofrecer insumos para avanzar en la reflexión sobre la interdisciplina y su quehacer en la UDELAR. Las actividades programadas tuvieron la modalidad de mesas redondas, videoconferencias y talleres de discusión con la participación de referentes académicos e invitados internacionales.



**Espacio Interdisciplinario**  
Universidad de la República  
Uruguay

**+598 2408 9010 [www.ei.udelar.edu.uy](http://www.ei.udelar.edu.uy) [ei@ei.udelar.edu.uy](mailto:ei@ei.udelar.edu.uy)**  
**José Enrique Rodó 1843, 11200 Montevideo Uruguay**