

# La investigación en fisiología. Vigencia, limitaciones y desafíos. Perfil de investigación fisiológica versus investigación por áreas temáticas.

## Introducción

Nuestra función como docentes de una universidad nos impone obligaciones con el desarrollo del conocimiento científico, la enseñanza de la ciencia y la extensión del saber científico. En una universidad, se puede enseñar ciencia (forma y contenido), se puede reflexionar sobre las ciencias, se puede administrar las ciencias, pero la tarea fundamental e insoslayable es la creación de conocimiento pues sin ella la función universitaria queda desvirtuada. En ciencias biológicas (y las biomédicas son una parte de ellas) la creación de conocimiento pasa por la investigación de la realidad del mundo biológico.

Entre los actuales integrantes del Departamento de Fisiología, hay consenso que la investigación es nuestra tarea fundamental. Pero, ¿Qué es investigación? ¿Qué es creación de conocimiento? ¿Qué tipo de conocimiento creamos? ¿Para qué? ¿Con qué fines? Hay respuestas rápidas y sencillas, frases célebres y otras no tanto pero igualmente útiles. Sin embargo, contestar con frases hechas es elegante pero poco científico, hay que demostrar lo demostrable y hacer hipótesis plausibles sobre lo que aún no es demostrable.

Nuestra página Web recoge clásicos y básicos conceptos como: *“La fisiología es una ciencia de la vida basada en el método experimental, que trata de explicar las funciones vitales por medio de leyes propias de los fenómenos físico-químicos. Su campo de estudio involucra un balance entre el análisis de las complejidades estructurales y el funcionamiento del todo. Sea este un tejido, un órgano, un sistema o el individuo en su conjunto.”*

Sin pretender que esta sea una verdad absoluta, lo que sí se puede afirmar es que está en sintonía con múltiples definiciones similares que se han dado a lo largo de los años. Sin embargo no resuelve el problema, ya que nadie puede negar que un biofísico o un bioquímico también *“trata de explicar las funciones vitales por medio de leyes propias de los fenómenos físico-químicos.”* Visto de esta manera se podría sostener lo dicho líneas arriba en el sentido de que cualquier investigación biológica es investigación fisiológica.

Se puede quizás resumir con las preguntas del “¿cómo?” y el “¿por qué?” o incluso el ¿para qué? que nos acerca a la trampa teleológica<sup>1</sup>.

Como parte de la Facultad de Medicina es razonable pensar que la investigación deba estar ligada a este campo y eso será objeto de análisis por otro grupo de discusión, la pregunta ahora es ¿Qué significa investigar en fisiología? Trataremos de definir si existe una

---

<sup>1</sup> Esta “doctrina de las causas finales” (RAE), es una forma de razonamiento cuyo uso se sigue arrastrando en Fisiología y Medicina. Según ella los fenómenos existen con un fin último que los explica y justifica. Por ejemplo: “Los eritrocitos tienen hemoglobina para transportar oxígeno”.

investigación “fisiológica”, o si por el contrario cualquier tipo de investigación biológica sirve a los fines de la fisiología o, más aún, si ella también es investigación fisiológica.

Desde que la Ciencia investiga para obtener un conocimiento racional del mundo, las divisiones que podamos hacer sobre ella parecen, artificiales o antojadizas. Sin embargo la historia, los legítimos intereses de los investigadores y aún las divisiones administrativas (quizás no tan legítimas pero sí necesarias) obligan a definir áreas de trabajo.

Con el objetivo de abordar la temática que nos convoca es necesario plantearnos y responder las siguientes preguntas: ¿Qué es la fisiología? ¿Dónde empieza y dónde termina la ciencia que llamamos fisiología? ¿Cuál es su señal de identidad distintiva y su particular objeto de estudio?

### **Un poco de Historia.**

El término "fisiología", no ha tenido un significado constante, sino que su definición ha ido cambiando con los años. El origen de la palabra “fisiología” se remonta a más de 2000 años y es más antiguo que el de la disciplina, tal como la conocemos hoy en día. Era un concepto más vago que el actual, vinculado de forma muy general con aspectos funcionales de nuestra propia naturaleza y del medio que nos rodea.

Más adelante, el desarrollo de la fisiología estuvo relacionado con el de la anatomía. Se consideraba a la fisiología como la anatomía animada (“el órgano crea la función”; “la función es la forma en acción”). Luego, la mera descripción de las estructuras dio paso a la observación y luego a la experimentación y así la fisiología pudo independizarse de la anatomía. El término fisiología, con el sentido actual, fue empleado por J. Fernel en el Siglo XVI definido como "*la naturaleza del hombre sano, de todas sus fuerzas y de todas sus funciones*". Probablemente el primer libro publicado con el título “Fisiología” (en alemán, Physiologia) fue en el año 1754. (Greger 1996).

En el Siglo XIX la fisiología se convirtió en ciencia independiente en la mayoría de las facultades de medicina. La madurez de la disciplina se reflejó también en la aparición de publicaciones periódicas dedicadas exclusivamente a la fisiología, por ejemplo en Francia en 1821 gracias a F. Magendie. Entre 1870 y 1890 se fundaron sociedades de fisiología en muchos países, ya sea como secciones de sociedades más globales o como completamente independientes, por ejemplo, la American Physiological Society en 1887. En esta época es que surgieron los aportes realizados, entre otros, por C. Ludwig, J. Henle, T. Schwann, A. Fick, O. Frank, I.P. Pavlov, C. Bohr, F. Magendie y su sucesor C. Bernard, en una amplia gama de temas. Cada uno de sus laboratorios eran verdaderas escuelas de fisiología con estudiantes de diversos países.

El concepto de medio interno y su regulación, introducido por Bernard, ha sido uno de los fenómenos fundamentales en el desarrollo de la investigación fisiológica. Establece el concepto de que la fisiología no puede limitarse a la descripción aislada de las funciones de los diferentes órganos y sistemas, sino que dichas funciones deben ser estudiadas teniendo también en cuenta su participación en la tarea común de mantener el medio interno.

Otro aporte de Bernard al desarrollo de la fisiología, fue la reflexión sobre las cuestiones teóricas relacionadas con los métodos de trabajo. En “Introducción al estudio de

la medicina experimental” (1865) destaca conceptos fundamentales vigentes aún hoy: Plantea la posibilidad y legitimidad del experimento en los seres vivos. Establece que el procedimiento, las observaciones y los resultados precisan una crítica constante. Que en las ciencias experimentales la medición de los fenómenos es un punto fundamental, puesto que es por la determinación cuantitativa de un efecto en relación a una causa dada por lo que puede establecerse una ley de los fenómenos. Además, agrega un punto clave: cuando el hecho que se encuentra está en oposición con una teoría dominante, hay que aceptar el hecho y abandonar la teoría, aún cuando esta última, sostenida por grandes hombres, esté generalmente aceptada.

En nuestro país la creación de la Facultad de Medicina coincidió con la instalación de las primeras cátedras de Anatomía y Fisiología, cada una con un profesor, en el año 1876 (aunque por muchos años la enseñanza de la fisiología se basó en la lectura de los libros de texto más difundidos en la época, sin aportes de valía ni intención de desarrollar una práctica experimental).

El éxito de la fisiología en el Siglo XIX puede explicarse por el cambio intelectual que significó pasar de la mera descripción morfológica a la observación y aún más, al experimento. Otras explicaciones son: la posibilidad de realizar nuevos tipos de experimentos con la disponibilidad de nuevos métodos, la introducción de la anestesia y el progreso paralelo de muchas otras disciplinas como histología, patología, bacteriología, química, física, etc.

La primera mitad del Siglo XX ha supuesto un enorme incremento en nuestros conocimientos de fisiología de sistemas, los que forman gran parte de la materia que enseñamos a nuestros alumnos hoy día y son la base de la patofisiología y medicina clínica. Pero además, el Siglo XX, marcó un nuevo desarrollo de la fisiología que ahora exploró la función de la célula y de sus estructuras subcelulares. En este período, la fisiología estuvo guiada por la disponibilidad de nuevas herramientas metodológicas más que por el planteamiento de nuevas cuestiones.

### **Perfil de la investigación fisiológica**

Puesto que los objetivos que se marca la fisiología actualmente se dirigen hacia los seres vivos con toda su diversidad y complejidad, no nos ha de extrañar que la ciencia que los estudia se vuelva también compleja y diversa.

Los límites entre la fisiología y otras ciencias se encuentran en un permanente estado de flujo, en el que unos campos especiales entran mientras que otros la abandonan. Si se considera los ganadores del premio Nobel en Fisiología y Medicina entre 1901 y 1993, el 25% de los premiados lo obtuvieron por trabajos en Fisiología propiamente dicha; seguidos en orden decreciente por trabajos realizados en otras áreas como bioquímica, inmunología, genética, áreas clínicas, farmacología, virología y anatomía. Una tendencia que es característica del Siglo XX es que pocos descubrimientos se pueden adjudicar a un único investigador. Esto refleja el hecho de que la mayoría de los trabajos científicos son conducidos en cooperación, a menudo, con especialistas de diferentes campos.

Muchos problemas que a mitad del Siglo XIX habrían sido afrontados por un fisiólogo son ahora temas de nuevas disciplinas. La tendencia a la especialización es aparente también a nivel de publicaciones. El número de revistas científicas se ha incrementado notablemente,

y sus títulos reflejan el grado de especificidad de sus temas. Incluso las revistas tradicionales de fisiología han tenido la necesidad de hacer secciones independientes. Otro indicador es el gran número de revistas en la base de datos Ovid que contienen artículos sobre fisiología (1235 en el año 2009).

Lo anterior se ve reforzado cuando se analiza en PubMed palabras claves relacionadas con la fisiología entre los años 1998 hasta 2008. Si buscamos el número de veces que aparece "physiology", observaremos que está ampliamente representada, con una incidencia de 229.243 en 1998 hasta 328.930 en 2008. Sin embargo, si consideramos estos números en relación al total de publicaciones en cada año, el porcentaje pasó de 53% en 1998 a 43% en 2008.

Parece ser que la especialización es inevitable, por lo menos en el campo de la investigación como consecuencia de los enormes progresos técnicos realizados. Esto se evidencia al comparar el crecimiento relativo del número de veces que aparecen en PubMed palabras claves relacionadas con la fisiología entre las décadas 1983-1993 y 1998-2008. Vemos que el área de mayor crecimiento es "molecular biology" (341%), seguida por "biophysics" (262%) y en orden decreciente le siguen "physiology" (224%) y "biochemistry" (217%). No deberíamos quejarnos que ciertas disciplinas como la inmunología o la biofísica sean independientes, pero sí preocuparnos de que muchos resultados obtenidos no pueden ser comprendidos a nivel de un órgano o el organismo entero. Las asociaciones con otros científicos o tecnólogos son útiles, o quizás imprescindibles, pero es nuestra tarea mantener dentro de ellas el perfil fisiológico para cumplir con los objetivos propuestos por la disciplina.

Hay muy pocos intentos para disminuir la brecha entre diferentes niveles jerárquicos del conocimiento. Al no tener éxito en esta reconstrucción la reacción es el reduccionismo. Están apareciendo departamentos de "fisiología celular" y "fisiología molecular" que se ocupan de estudiar la función molecular, sin interesarse por la función a niveles superiores. Sería deseable y tal vez incluso necesario que el mismo laboratorio, que estudia la función de una molécula se comprometiera en la investigación e integración de esta función a niveles superiores. Aunque no todos los individuos en el laboratorio, al menos algunos deberían ser capaces de unir la brecha.

El reduccionismo se opone al planteo de teorías sobre funciones superiores o globales. Los motivos por los cuales tendemos al reduccionismo pueden ser múltiples: falta de imaginación a la hora de planificar la investigación; aplicación de sofisticadas y precisas técnicas, en la mayoría de las veces sin un objetivo claro; la dificultad de experimentar con animales enteros, y cuando se hace, la dificultad de interpretar los resultados, por la gran cantidad de variables que intervienen. Los experimentos en animales intactos son muy difíciles de realizar, tienen una baja producción y requieren mucha paciencia y resistencia por parte del investigador. Esto sin mencionar la infinidad de problemas éticos que suscita actualmente la investigación en animales de laboratorio. Algunos han resuelto el dilema limitando sus experimentos a pequeñas subunidades, tales como canales iónicos, que no pueden "sufrir". Sin embargo, los resultados al final de tales experimentos tienen sentido si se los relaciona con funciones orgánicas y entonces los experimentos en humanos o animales no pueden ser evitados. Deberíamos usar parte de nuestro tiempo y esfuerzos en aclarar al público que los experimentos animales son necesarios en la medida que ese público quiere disfrutar los privilegios de los avances de la ciencia.

Ya en el año 1959 B. Houssay admitía que la fisiología había “*sufrido una crisis de crecimiento y especialización*” y que por ese mismo motivo era cada vez más difícil pero también necesaria la clasificación e integración de los conocimientos ya que “*sólo hay ciencia de lo general*”. “*Los hechos dispersos son como los granos de arena o acero, pero es sólo reuniéndolos que se hacen ladrillos, vigas o edificios*”.

Un discípulo de Houssay (M. Cerijido) dice: “*Hay evidencias de que en los pródromos de la decadencia griega, se produjo una compartimentación del conocimiento: se acentuaron la especialización y los límites entre las disciplinas. Por el contrario, se sabe que muchos períodos de florecimiento del saber fueron precedidos de una disolución de las barreras entre las disciplinas...*”

Quizás resulte antipático identificar a la fisiología con “lo general” y a las otras disciplinas afines con las técnicas o “lo particular” o lo “compartimentado”. No se trata de agredir, ni poner estigmas a tareas científicas fundamentales para el mundo, pero es claro que el concepto de fisiología que tratamos de aplicar acá apunta a una generalización que no se verifica en otras áreas.

Un punto que a menudo surge en la delimitación de las áreas de trabajo es el que se refiere a las relaciones entre la técnica y el problema. En nuestro aprendizaje y paulatina inserción dentro de las ciencias experimentales, centramos nuestros intereses en las técnicas porque sin ellas no tenemos resultados. Las técnicas requieren la mezcla de conocimientos teóricos con habilidades manuales y pasan a dominar el panorama de modo que durante muchos años somos trabajadores de “microelectrodos” o de inmunofluorescencia o sofisticados programas de análisis de datos.

Aparece así una de las primeras aproximaciones a la respuesta que buscamos, mientras otras disciplinas analizan los fenómenos fisicoquímicos en sus detalles, el fisiólogo trata de aplicar esas leyes a un proceso completo. El foco está en el proceso, no en el fenómeno que lo produce.

Puede que resulte obvio decirlo, pero la técnica importa menos que el problema. La ciencia avanza resolviendo problemas y mejorando técnicas. Pero la relación dialéctica entre una y otra actividad, debe resolverse, en el campo científico, a favor del esclarecimiento de los problemas. Los aportes tecnológicos ayudan a contestar preguntas, pero cuando se convierte en un fin en sí mismo nos alejan del progreso científico propiamente dicho. Cuando la técnica es el problema entonces estamos desarrollando tecnología no ciencia. La tecnología es necesaria para el mundo y para la ciencia pero **no es** la ciencia.

Si somos capaces de definir nuestros problemas con un enfoque fisiológico, elegiremos las técnicas más adecuadas para contestar las preguntas que esas definiciones nos proponen y estaremos en el terreno elegido.

Si el campo de acción de un científico se reduce al “cómo”, por ejemplo: cómo se hace la transcripción de una proteína o de varias proteínas similares; su tarea es una pieza clave de la biología. Pero si no pasa de allí, difícilmente pueda explicar el proceso por el cuál esa proteína desencadena tal o cual mecanismo que protege o daña a una célula, un órgano o un sistema que pierde su equilibrio homeostático.

La clave para el fisiólogo no está en conocer solamente la forma de aplicación de las leyes físico-químicas a los procesos biológicos, sino en usarlas para comprender el funcionamiento del conjunto.

Como ya lo expresó Houssay “...en Fisiología no hay que acumular simplemente hechos aislados, hay que integrarlos y además hay que investigar y tratar de comprender los mecanismos fundamentales que los producen”. Según Houssay, precisamente porque se produce esta separación creciente entre las ramas de la Fisiología, es cada vez más necesario mantener vínculos entre las Ciencias Fisiológicas. “Los que sólo miran las técnicas y métodos diferentes de cada especialidad creen que cada una de ellas es completamente autónoma. Pero los que miran al sujeto que ellas estudian (célula, animal u hombre), comprenden que todas juntas tienen un objeto común de estudio, que es una unidad biológica indivisible”.... “La especialización es necesaria en Fisiología, pero debe ser precedida de un conocimiento básico de los fenómenos característicos fundamentales de los seres vivos, porque hay cierta unidad en los procesos vitales, en sus mecanismos fundamentales y en sus manifestaciones. Por ejemplo, los fenómenos metabólicos y de excitación, conducción, automatismo y manifestaciones eléctricas, a pesar de algunas diferencias, tienen considerable semejanza fundamental, ya se estudien en nervios, el corazón, el músculo u otros tejidos”... “Es muy importante que el que cultiva cualquiera de las Ciencias Fisiológicas tenga conocimientos básicos sobre la unidad funcional del organismo, y que los adquiera y mantenga antes, durante y después de especializarse”.

Concretamente, la investigación biomédica enfrenta varias dificultades y una complejidad para la cual ya no es apropiada la aproximación tradicional. Esta aproximación está basada en la subdivisión de los sistemas biológicos de alguna manera –por escalas dimensionales (cuerpo, órgano, tejido, célula, molécula), por disciplina científica (biología, fisiología, biofísica, bioingeniería, etc.) o por subsistemas anatómicos (cardiovascular, músculo esquelético, gastrointestinal, etc.). Pero estas subdivisiones artificiales hacen imposible desentrañar la naturaleza sistémica que gobierna varias de las manifestaciones físicas del cuerpo humano. Estamos investigando el cuerpo humano como si fuera un puzzle hecho de un trillón de piezas y estamos intentando comprender el todo mirando solamente una o, tal vez, pocas piezas interconectadas; no es sorprendente que no nos resulte sencillo, especialmente si consideramos que el todo es más que la suma de las partes. Para continuar la exploración científica del cuerpo humano, se ha vuelto aparente la necesidad de complementar esta aproximación tradicional con una aproximación integrativa que haga posible combinar observaciones, teorías, disciplinas científicas y subsistemas anatómicos, todos los cuales crean más bien las divisiones artificiales descritas.

Actualmente se están intentando desarrollar nuevos marcos de estudio integradores de los conocimientos a distintos niveles. El fisioma es uno de estos marcos y surge dado que el genoma, el proteoma y el morfoma no son suficientes para explicar la función. Podemos definir fisioma como la descripción integrativa y cuantitativa de las dinámicas y funciones fisiológicas del organismo intacto mediante el empleo de modelos matemáticos. Por ejemplo, el abordaje de la EuroPhysiome Initiative es promover el desarrollo del Virtual Physiological Human (VPH), un marco de trabajo metodológico y tecnológico que permitirá realizar investigaciones del cuerpo humano como un solo sistema (aunque enormemente complejo). El VPH es un marco dentro del cual se pretende comenzar a unir las piezas y sería también aquello que las mantendría unidas. El VPH no va a representar, per se, la imagen completa, pero sí podría representar el mejor camino para formar esa imagen en algún momento en el futuro.

Este contexto de trabajo debería permitir a los expertos de una variedad de disciplinas trabajar en colaboración para analizar estas observaciones y para desarrollar hipótesis sistémicas. También debería hacer posible combinar modelos predictivos definidos en

diferentes escalas, con métodos diferentes o con diferentes niveles de detalle, para establecer hipótesis más concretas y permitir testar su validez contra los resultados existentes.

Un fisiólogo de perfil innovador, como el propuesto previamente, debe tener en cuenta que *“la complejidad de un sistema no está solamente determinada por la heterogeneidad de los elementos (o subsistemas) que lo componen”* sino también por *“la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos elementos dentro del sistema total.”*(R. García 1994)

Según este autor el tipo de estudio que requiere un sistema complejo es la *“investigación interdisciplinaria”*. El concepto de investigación interdisciplinaria aquí planteado tiene implicaciones metodológicas para el trabajo concreto e implicaciones para la formación de investigadores. Siendo también necesaria una reconceptualización del interior de cada disciplina. Esto es particularmente importante en las instituciones de enseñanza superior donde se le presentan a los estudiantes, con raras excepciones, un saber fragmentario y una práctica anacrónica de la ciencia y de la tecnología. Las deficiencias de esta formación básica de los egresados constituyen el más serio obstáculo para integrar los equipos de investigadores que requiere un encare interdisciplinario del estudio de sistemas complejos. No se trata de aprender “más cosas”, sino de “pensar de otra manera” los problemas que se presentan en la investigación, es decir, de reformular la concepción de la práctica de la ciencia.

Sin embargo, la condena a la “especialización excesiva” no conduce, por oposición, a la interdisciplina. No toda la investigación es interdisciplinaria, ni todo profesional necesita ocuparse de la interdisciplina. Surge entonces la problemática de cómo formar tales “generalistas” ya que la interdisciplinariedad no emerge espontáneamente poniendo juntos a varios especialistas. García propone que la interdisciplinariedad surgirá como un subproducto del análisis de las interrelaciones que se dan en un sistema complejo entre los procesos que determinan su funcionamiento. Todo equipo de investigadores que aborde el estudio interdisciplinario de un sistema complejo, tiene como integrantes a científicos formados en diversas disciplinas. La interdisciplinariedad no puede existir si no hay posibilidad de una articulación entre las ciencias.

En suma, de lo planteado hasta el momento, surge claramente que el perfil de la investigación en fisiología está marcado por el encare que se le dé al objeto de estudio. De esta forma es el abordaje el que define a la disciplina y no la técnica utilizada. En el caso de la fisiología, el abordaje debe estar enfocado de alguna manera en la comprensión de las funciones de los organismos vivos. Dado el gran avance tecnológico y la diversidad de disciplinas que han surgido con el objetivo de comprender en detalle algunos de los fenómenos de los organismos vivos, se ha llegado a un gran nivel de especialización y reduccionismo que hace difícil la integración de esa información en el contexto del organismo como una totalidad. Por consiguiente cabe plantearse una formación de pensamiento integrador y globalizador propio del fisiólogo para incorporar la información aportada por otras disciplinas a la comprensión de cierto proceso biológico. Esto implicaría el desarrollo de un encare sistémico donde el fisiólogo debería formarse entonces como un biólogo de sistemas. Ahora bien, es pertinente plantearse si el fisiólogo tiene como deber propio el integrar los datos aportados por otras disciplinas para comprender un sistema o un fenómeno biológico, o si el ser fisiólogo va más de la mano de la forma en que se aborda el trabajo experimental, o sea la inquietud que le lleva a la formulación de la pregunta. De este planteo entonces podrían surgir dos perfiles de fisiólogos, no excluyentes entre sí, uno

innovador de encare sistémico-integrador-interdisciplinario y otro clásico definido por su encare experimental.

### **Una propuesta: Formación de Investigadores con una Visión Integradora de la fisiología**

Como se mencionó más arriba, los investigadores muchas veces tienden a limitar el estudio de los factores que influyen en un problema y a restringir el análisis del objeto de estudio a lo que una técnica puede ofrecer.

Si bien esta realidad usualmente es consecuencia de intentos de simplificar o reducir el objeto de estudio para facilitar su entendimiento, esto puede también generar una desconexión del sistema global con pérdida de aspectos fundamentales que regulan o influyen sobre el objeto de estudio. Por eso es importante que la especialización no se transforme en desconexión. En palabras de Houssay *“Si la especialización fuera excesiva y se llegara a una fragmentación completa, podríamos llegar a tener que crear una nueva ciencia, la Fisiología integrativa, que considerara al organismo como un todo”*.

Hoy podríamos reflexionar si estamos en una etapa de fragmentación completa donde tendríamos que reinventar la fisiología o tan sólo volver a la fisiología clásica que es en sí misma integradora y globalizadora. En este sentido parece positivo que en la formación de investigadores en el área de la fisiología, los estudiantes reciban un aporte teórico y experimental que incluya todas las grandes áreas de la misma. De acuerdo a esta visión de los procesos que llevan a lograr una forma de investigar en fisiología integrada, se necesitaría también enriquecer la formación en el área de la fisiología con los aportes en el conocimiento que se han generado en otras disciplinas en los últimos años. Esto permitiría a los nuevos investigadores desarrollar una visión de la fisiología en todas sus dimensiones, de manera de incorporar a su tema de estudio una visión más compleja que permita plantear hipótesis de trabajo más exigentes y sintetizadoras. Esto a su vez estimularía a los futuros investigadores a realizar colaboraciones y trabajos multidisciplinarios al tiempo que los capacitaría mejor para estas actividades.

¿Cómo alcanzar estos objetivos y cuáles son las principales herramientas institucionales que podríamos mejorar? Es posible que sea una gran contribución al PEDECIBA (¿principal formador de investigadores en el área de la fisiología?), la inclusión en la formación de sus estudiantes, de un curso general obligatorio e integrativo que incorpore aspectos relevantes en Neurociencias, fisiología Cardiovascular y Respiratoria, fisiología de la Nutrición y Metabólica, Endocrinología, Inmunología y Reproducción, etc. Cabe destacar el avance que en este sentido ofrece/n el/los cursos de fisiología de la Facultad de Medicina especialmente la formación teórica-práctica que surge del pasaje por las UTIS. En el caso del PEDECIBA, este curso obligatorio podría tener el perfil de los investigadores involucrados en el mismo, resaltando algunos aspectos fisiológicos relacionados con sus actividades de investigación, pero en un contexto formativo más general e integrador que no excluya a ninguna de las áreas relevantes para entender la disciplina en su forma global. A este curso obligatorio se agregarían aspectos más particulares como cursos cortos opcionales y más específicamente relacionados con las actividades de investigación desarrolladas por los investigadores.

Finalmente podría incorporarse a las exigencias del programa, la realización de al menos 2 rotaciones obligatorias en laboratorios que utilicen técnicas y aproximaciones diferentes antes de presentar su tesis de maestría. De esta forma se expondría al estudiante a distintos enfoques y técnicas que redundarán en una mejor preparación científica. A tales fines sería necesario realizar una buena coordinación con los investigadores del PEDECIBA del área de fisiología y realizar contactos para la participación, como invitados o miembros del área, de otros investigadores locales o de la región en temas de especialidad que los integrantes del área no puedan abarcar.

El programa del PEDECIBA exige 60 créditos antes de la defensa de la tesis. Se adjudica 1 crédito c/15 horas de curso haciendo un total aproximado de 900 horas equivalentes a cursos y actividades.

A manera de ejemplo, un posible listado de cursos con carga horaria estimada (entre paréntesis) sería el siguiente:

**Programa de curso obligatorio para una Maestría en Fisiología, discriminado en horas aproximadas de docencia para cada temática o actividad.**

Estadística y Métodos de Investigación (60 horas)  
Fisiología de la Membrana y la Célula (20)  
Señalización intracelular (10)  
Biología Molecular y Estructural (10)  
Genómica, Proteómica y Células madres (20)  
Biología y Genética del Desarrollo (30)  
Fisiología de la Nutrición y Metabólica (30)  
Fisiología Gastrointestinal (30)  
Fisiología Renal (40)  
Inmunología (10)  
Endocrinología (10)  
Examen Parcial  
Fisiología Cardiovascular y Respiratoria (60)  
Neurobiología (60)  
Biología de la Reproducción (60)  
Fisiología del envejecimiento (10)  
Fisiología Comparativa y adaptacional (30)  
Patofisiología y Enfermedad (30)  
Modelos matemáticos y computacionales en Fisiología (10)  
Imagenología (10)  
Examen Final  
Cursos Optativos (60 horas)  
Actividades de enseñanza supervisadas (Prácticos, seminarios, etc). (20 horas)  
Seminario de Discusión de Artículos científicos en distintas áreas de la fisiología. (60 horas).  
2 Pasantías o Rotaciones (200 horas)

La realización de concursos en cargos docentes debería ser tomada en cuenta en la valoración de los créditos del estudiante de PEDECIBA pero asignándole un máximo de 10 créditos. El objetivo general de los cursos y las actividades planteadas debería ser actualizar a los estudiantes en diferentes aspectos relacionados a la fisiología y desarrollar el pensamiento crítico y la investigación en esta área.

Respecto a la formación de investigadores en fisiología dentro de la Facultad de Medicina se podría tender a aplicar estos mismos criterios o fortalecer los ya existentes. Por ejemplo, la rotación de los grados 1 por diferentes laboratorios podría ser una medida que contribuya a ampliar la visión de la fisiología que tienen los estudiantes y mejorar su formación. El PEDECIBA no es el único ámbito dónde se han formado fisiólogos y, aunque quizás el más común, eventualmente otros programas de postgrado (PROINBIO , o el recientemente creado postgrado agrario), o formación no curricular en los departamentos de Fisiología de las diferentes Facultades pueden contribuir y han contribuido a la formación de investigadores en fisiología con un perfil determinado. Es importante entonces considerar esta realidad a la hora de reflexionar sobre la formación de investigadores en fisiología y los distintos tipos de medidas que se pueden plantear eventualmente en los distintos ámbitos institucionales.

Bibliografía consultada:

Cerejido M. “La nuca de Houssay” Fondo de Cultura Económica Mexico 2001 pag. 56

Greger R y Windhorst U. Physiology Past and Future. En Comprehensive Human Physiology, vol 1. R Greger/U Windhorst (Eds), 1996

García R. “Interdisciplinaria y Sistemas Complejos”, artículo publicado en: Leff, Enrique (comp.), “Ciencias Sociales y Formación Ambiental”, Ed. Gedisa, UNAM, 1994, Barcelona, España.

Hernández J. Aproximación a una síntesis histórica de la fisiología. En: <http://www.fisionet.org>

Houssay, B. El presente y el porvenir de la fisiología. En: Escritos y discursos del Dr Bernardo A Houssay, 1989

Houssay, B (1959). El presente y porvenir de la Fisiología. Discurso de apertura del XXI Congreso Internacional de Ciencias Fisiológicas. Ciencia e Investigación, 15, No 7-8, 233-239.

Huertas, J. [http://www.ugr.es/~jhuertas/FH-FE/fh\\_fisiologia.html#6](http://www.ugr.es/~jhuertas/FH-FE/fh_fisiologia.html#6)

Hunter PJ and Borg TK. Integration from proteins to organs: the Physiome Project. Nature reviews Molecular Cell Biology 4:237-43, 2003

Mañé-Garzón F y Mazzella H. Historia de la Fisiología en Uruguay. Oficina del Libro AEM, 2000.

Seeding the EuroPhysiome (STEP) Consortium. Seeding the EuroPhysiome: A Roadmap to the Virtual Physiological Human. [Online] July, 2007

Stroetmann K. A. y Viceconti M. Virtual Physiological Human: From Global Vision to Clinical Practice. [Online] April, 2009

Weibel, ER. The physiologist’s ethical dilemmas. News Physiol Sci 17:43-6, 2002