

Disciplinas que sustentan la enseñanza de la Medicina. La investigación y la flexibilidad curricular

*Conclusiones del seminario de disciplina
Profesores de la Facultad de Medicina*

Introducción

Dentro de las discusiones realizadas por el grupo de docentes participantes del seminario disciplinar de la facultad de Medicina y en consideración con los lineamientos de trabajo propuestos por la Vicerrectoría Académica, se inició en el espacio del seminario el análisis de la propuesta de estudios generales presentada en el V Encuentro de Facultades de la UNAB y, posteriormente, se pasó a establecer la definición de la Medicina, como una ciencia, disciplina o profesión. Enmarcar o definir la medicina en alguna de las anteriores categorías no fue tarea fácil dados los diferentes puntos de vista que se tienen al respecto. Se partió de la definición que tiene Ascofame de la Medicina como la ciencia y el arte de precaver y curar enfermedades, la cual no compartimos completamente; por tanto, se pasó a analizar todos los elementos que caracterizan a cada una de estas categorías, teniendo como referencia los siguientes documentos: los conceptos de disciplina, ciencia y profesión a la luz del Proyecto Educativo de la UNAB, elaborado por el grupo de investigación del PEI de la UNAB; Hacia la distinción entre disciplina y profesión, del Dr. Manuel Unigarro.

Analizados todos los elementos que caracterizan las ciencias, disciplinas y profesiones, se llegó al acuerdo de considerar la medicina como una disciplina, reconociendo que su inclusión en alguna de estas categorías tiene incidencia en la concepción del plan de estudios y del currículo, aparte de que en esta decisión se debía considerar la filosofía del PEI de la UNAB.

Definir la medicina como una disciplina permite mantener los lineamientos que se trazaron desde un principio en el plan de estudios, en el cual se le da una gran importancia a brindar a los estudiantes una sólida formación científica y humanística, como también profesional.

Considerando las características de la formación médica se estableció que las ciencias que soportan la medicina son la biología, la física y la química, dado que para poder comprender los procesos asociados a la enfermedad necesariamente

se tienen que conocer todos los que están involucrados en el funcionamiento normal del organismo humano, los cuales se aprenden en los cursos de ciencia básicas médicas, de las cuales las ciencias anotadas anteriormente son el fundamento; también, dada la gran importancia que tienen estas ciencias en el estudio y aplicación de las áreas clínicas, principalmente en todo lo relacionado con el gran desarrollo tecnológico y científico que ha alcanzado la medicina.

De acuerdo con el enfoque bio-psicosocial que se pretende dar a la formación del médico, es importante subrayar el aporte que han dado a la medicina otras disciplinas del área de formación humanística como son psicología, la antropología, la sociología y otras en el campo administrativo y las referentes a la salud comunitaria, las cuales no se consideran en este trabajo.

La Biología como ciencia que sustenta la medicina

El ser humano se encuentra regido por las mismas leyes que gobiernan los procesos biológicos de todos los seres vivos desde el punto de vista estructural, funcional y evolutivo.

Estructuralmente, porque está constituido por células que deben estar adaptadas para resistir cambios en el entorno ya sean de origen físico como fuerzas mecánicas o radiaciones, de origen químico o biológico como son las condiciones que impone el medio extracelular en la concentración y características de los solutos; aunque todas las células del organismo tienen idéntico material genético estructural y funcionalmente, se especializan en funciones diferentes.

En lo funcional, las células humanas deben poseer sistemas de respuesta (irritabilidad) diferencial ante los diferentes estímulos; motilidad que permita garantizar el acceso a nutrientes; sistemas de unión que garanticen organizarse en conglomerados estables; sistemas de comunicación que les permitan responder adecuadamente a los cambios del medio y mantener comunicación y coordinación con las demás células; un metabolismo definido que permita movilizar nutrientes y desechos, así como neutralizar moléculas potencialmente tóxicas; un sistema de reproducción que permita la supervivencia de la especie; un sistema de respiración que garantice un adecuado aporte de energía; un sistema de información codificado que permita mantener memoria de los procesos. Todas estas características son el resultado de millones de años de evolución biológica, por lo cual el ser humano comparte estas características con las demás especies biológicas, en especial aquellas más cercanas en el árbol filogenético.

La teoría evolutiva propuesta por Charles Darwin es una de las teorías científicas mejor sustentadas y validadas, de tal forma que sus aportes han impactado todas las ramas del conocimiento; en lo que concierne al estudio del hombre, como el centro de interés de la medicina, la biología y en especial el conocimiento de los diferentes grupos biológicos, han sido desde un principio la disciplina que más ha aportado al conocimiento de la organización morfológica y funcional de todos los sistemas funcionales del ser humano. Reconocer que el ser humano es el resultado de todo un proceso evolutivo es fundamental para poder iniciar la comprensión no sólo de su parte biológica sino también de aspectos relacionados con su comportamiento.

Dada la gran complejidad que han alcanzado los organismos denominados 'superiores' entre los cuales, obviamente, se considera al ser humano como el de mayor evolución, se ha hecho necesario afrontar el entendimiento de los procesos biológicos que rigen al ser humano, estudiando los procesos en organismos más simples, utilizando sucesivamente modelos biológicos más cercanos al hombre. Iniciamos la descripción de la importancia de los aportes de la biología en la Medicina mencionando los estudios de los procesos bioquímicos implicados en el metabolismo y los aspectos relacionados con la bioquímica de los ácidos nucleicos; se iniciaron en estudios en bacterias las cuales constituyen las primeras células vivientes; éstas ofrecen un modelo que, a pesar de tener una gran complejidad, se pueden abordar con mucha más facilidad que las células eucarióticas. En estos estudios se puede resaltar la descripción de las reacciones químicas involucradas en la respiración anaeróbica; el proceso de síntesis de la pared celular, el cual fue fundamental en el desarrollo futuro de los antibióticos. Los resultados obtenidos en estos modelos biológicos fueron la base para poder abordar el estudio de la fisiología y bioquímica de los organismos eucarióticos en los cuales se presentan diferencias.

Es así como en la información científica de bioquímica y fisiología humana necesariamente se tiene que hacer referencia a estas investigaciones.

Uno de los campos en los cuales las investigaciones sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren en organismos como los virus y las bacterias han sido fundamentales es el de la genética y biología molecular, que son las áreas de mayor desarrollo en la investigación biológica y que han tenido un profundo impacto no sólo en el conocimiento de los aspectos biológicos del ser humano sino también en la sociedad.

El conocimiento de la estructura del material genético se inició a partir de los hallazgos realizados por el bacteriólogo inglés Frederick Griffith en el material nuclear de bacterias, en particular neumococos. Sus experimentos lo llevaron a postular la existencia de un factor transformante que hacía que las células bacterianas previamente inactivadas adquirieran de nuevo propiedades virulentas. Casi una década después (1943), Avery y col., de la Universidad de Rockefeller, demostraron que el factor transformante era el ADN presente en el núcleo de las células. Estas investigaciones, que se pueden considerar como el inicio del conocimiento de la naturaleza del material genético, llevaron a la realización de muchos trabajos en los cuales se utilizaron modelos de células bacterianas como la E. Coli y virus que infectan bacterias (bacteriófagos), hasta llegar a la presentación del modelo de la doble hélice del ADN, de Watson y Crick, lo cual representa uno de los principales descubrimientos científicos y revolucionarios de la investigación biológica.

El conocimiento de la estructura química del ADN inició una nueva época en la investigación científica, la 'era de la biología molecular', la cual introdujo un elemento muy importante en la biología de la cuantificación, dado que las técnicas desarrolladas en este campo ofrecen un alto margen de precisión. Conociendo la naturaleza química del ADN, los estudios comparativos de esta molécula llevaron a dar respuesta a cómo se traduce la información presente en los genes, estableciéndose que es la secuencia precisa de los nucleótidos presentes en el

ADN el que establece un código de la información genética que se denominó Código Genético, el cual es universal; es decir, el material genético se expresa de la misma forma para la inmensa mayoría de organismos, lo cual refuerza aún más la teoría del origen evolutivo de los seres vivos. La biología molecular se considera actualmente como una de las áreas de mayor desarrollo tecnológico y científico a tal punto que sus aportes se consideran fundamentales en la solución de los grandes problemas de la salud del ser humano. De tal magnitud es su impacto que es frecuente referirse en las discusiones médicas a la molecularización de la medicina, lo cual se ve expresado en la mayoría de enfoques en el tratamiento y caracterización de muchas patologías; también en los grandes proyectos de investigación como el del genoma humano, en el cual se pretende caracterizar todos los genes.

Como resultado de la descripción de los numerosos procesos mediante los cuales las células procesan, añaden, seleccionan y transfieren la información genética, los biólogos moleculares desarrollaron sus propias técnicas de manipulación del material genético, denominadas técnicas del ADN recombinante, las cuales han hecho posible estudiar más a fondo la estructura y función de los genes, en especial de los eucarióticos, los cuales eran inaccesibles a su estudio por otros métodos. Estas metodologías han permitido el diagnóstico exacto de muchas enfermedades genéticas humanas y han abierto un panorama muy prometedor en su tratamiento. Las herramientas utilizadas en las técnicas de ingeniería genética fueron suministradas por los propios microorganismos objeto de estudio: virus y bacterias; estas herramientas fueron las enzimas de restricción, que son sintetizadas por ciertas bacterias, y otra enzima conocida como transcriptasa inversa, que es codificada por el ácido nucleico de ciertos virus de ARN.

Por otra parte, también es importante la aplicación de las técnicas de la ingeniería genética en campos como la agricultura, en la cual son una de las maneras más efectivas de solucionar el problema de la alimentación de una población cada vez mayor, con una disponibilidad de recursos cada vez menor. En el campo de la industria son muchas las aplicaciones que tiene la ingeniería genética y la biología molecular pero podemos destacar casos de la industria farmacéutica en los cuales se ha logrado producir sustancias biológicas y fármacos a gran escala disminuyendo ostensiblemente los costos de producción.

Muchos años antes del advenimiento de las técnicas de biología molecular e ingeniería genética, y aproximadamente en la misma época en que Darwin estaba escribiendo *El origen de las especies*, un monje Austríaco, Gregor Mendel, iniciaba una serie de experimentos que llevarían posteriormente a una mejor comprensión de los mecanismos de la herencia. Mendel realizó sus experimentos utilizando el guisante común, planta que reunía toda una serie de características que facilitaban la realización de observaciones en las progenes de las diferentes generaciones estudiadas. Los resultados de los experimentos de Mendel en estas plantas le permitieron demostrar que las características hereditarias son llevadas en unidades discretas que se reparten por separado (se redistribuyen) en cada generación. Estas unidades discretas, que Mendel llamó Elemento, fueron conocidas posteriormente como genes. A pesar de que Mendel publicó sus resultados en

1865, no fue sino hasta 1900 que los biólogos aceptaron sus resultados. Durante los 35 años que su trabajo permaneció en la oscuridad se habían efectuado notables avances como el desarrollo del microscopio, la descripción de los cromosomas y los procesos de división celular. Los aportes de Mendel constituyen la base de la genética que lleva su nombre, la cual tiene una gran importancia en la medicina ya que muchas enfermedades hereditarias del hombre siguen este patrón de herencia.

A pesar de la gran importancia que han tenido en la investigación científica, es de subrayar que los virus y las bacterias representan un porcentaje importante de los agentes causantes de enfermedad en el ser humano y, desde ese punto de vista, ha sido decisivo para la medicina el conocimiento que ha aportado la biología, ya que la caracterización de estos organismos es fundamental para enfrentarlos. Se puede mencionar como hasta antes del descubrimiento de las vacunas algunos de estos agentes fueron causantes de la muerte de miles de personas en el mundo. A pesar de los grandes avances que se han tenido en el conocimiento de los microorganismos, estos siguen representando un grave peligro para la salud del hombre, lo cual se ha visto aumentado por la gran concentración de población en los centros urbanos, muchos de los cuales viven en condiciones que favorecen la proliferación de microorganismos, por lo cual siguen representando un serio problema de salud sobre todo en los países en vías de desarrollo. En la actualidad, es bien conocido que la enfermedad transmitida por un virus como el SIDA representa una de las principales preocupaciones para todos los países del mundo, dada la gran cantidad de personas infectadas. Solamente el conocimiento profundo de todos los aspectos biológicos de este virus le permitirá a los científicos desarrollar métodos efectivos para la cura de este gran mal de finales de siglo.

Aparte de los virus y las bacterias, otros microorganismos son causantes de enfermedades que aquejan a muchas personas en el mundo; es el caso de la malaria que anualmente cobra la vida de miles de personas en los países tropicales. Entre otras enfermedades causadas por microorganismos y que representan un serio problema de salud de nuestra población, tenemos la enfermedad de Chagas, el Dengue Hemorrágico, la Leishmaniasis y otras en las cuales el conocimiento de todos los aspectos relacionados con el ciclo de vida de estos microorganismos se hace fundamental para su control.

En otro frente de estudio se puede mencionar la importancia que ha tenido para la medicina el estudio y caracterización de la flora, ya que en buena parte muchos de los fármacos utilizados en medicina corresponden a compuestos obtenidos en plantas, de tal forma que, aparte de su papel en el mantenimiento de los ecosistemas, muchas especies vegetales son la base para el tratamiento de enfermedades que aquejan al ser humano. Considerando que nuestro país es inmensamente rico en especies de importancia médica se hace necesario el trabajo de investigación interdisciplinario entre médicos, químicos, biólogos y farmacólogos que aporten conocimiento sobre este campo.

En el campo de estudio de la organización morfológica y ontogénica del ser humano es de anotar la importancia de los estudios de anatomía comparada para el entendimiento de los eventos a nivel celular y molecular del desarrollo. Es así como en este campo han sido de una gran importancia los estudios sobre la biología del desarrollo de la mosca de la fruta *Drosophila Melanogaster* en la cual se han

identificado varios genes implicados en su patrón de morfogénesis. Estos resultados han sido el punto de partida para la realización de estudios sobre la biología molecular del desarrollo de los vertebrados. En los estudios a nivel celular y de tejidos se siguen utilizando como modelos de estudio las células y tejidos de origen animal, dado que se pueden preservar en condiciones mucho más apropiadas para su estudio que los tejidos humanos, obteniéndose muestras que permiten su estudio en más detalle y en condiciones más ideales. La anatomía comparada ha permitido esclarecer muchos de los eventos del desarrollo del ser humano y nos ha permitido tener una visión más amplia de su organización anatómica.

Al igual que en anatomía, histología y embriología, los modelos animales han sido la base para el entendimiento de los procesos fisiológicos que se dan en el ser humano. En este campo son innumerables los ejemplos que se pueden dar sobre la relevancia de los estudios en animales que han permitido comprender la fisiología del ser humano dada la gran similitud que hay en los procesos fisiológicos de los vertebrados, principalmente de aquellos grupos biológicos más cercanos al hombre, como los mamíferos, en especial los primates.

El reconocimiento del ser humano como producto de una evolución biológica alcanza su mayor dimensión en el estudio de uno de los sistemas más difíciles de abordar como el sistema nervioso, dada su gran complejidad. En este campo son muchos los estudios que se pueden mencionar, pero es de destacar que el inicio de la comprensión de la fisiología neuronal sólo fue posible gracias a la utilización de modelos de invertebrados como el axón gigante de calamar, en el cual se describieron buena parte de los procesos involucrados en la generación del potencial de acción y en la comunicación neuronal. Para poder comprender el funcionamiento del sistema nervioso, es fundamental entender cómo se interconectan las diferentes estructuras que lo constituyen; esto sólo ha sido posible gracias a la gran cantidad de estudios de trazado de vías nerviosas y caracterización histoquímica que se han hecho en cerebros de diferentes modelos animales, ya que no es posible realizar estos estudios en humanos. Estos estudios, sumados a los aportes de los hallazgos clínicos, han permitido comprender muchos de los aspectos del funcionamiento del cerebro humano y de los factores involucrados en la génesis de varias enfermedades del sistema nervioso.

Siguiendo con este enfoque evolutivo de la importancia de la biología como principal ciencia que sustenta la Medicina, se puede anotar que los aspectos más complejos en la comprensión del ser humano tienen que ver con aquellos relacionados con su comportamiento. Es tal la complejidad de la comprensión de las bases biológicas del comportamiento humano que se ha tenido que recurrir a modelos biológicos más 'simples' -como los moluscos *Aplysia*, en los cuales ha sido posible describir moléculas asociadas a determinados comportamientos- hasta estudios de una gran elaboración en modelos como primates. En esta línea de investigación se han hecho muchos aportes en estudios con modelos animales, sobre los circuitos nerviosos involucrados en la memoria, el aprendizaje, los ritmos circadianos, la conducta sexual y otros aspectos de las neurociencias. Es de anotar que en la comprensión de las bases biológicas de la conducta humana también han jugado un papel muy importante todos los estudios de comportamiento animal (etología), los cuales han sido de gran importancia para la psicología y otras ciencias sociales.

Es importante anotar que a pesar de que el ser humano es producto de una evolución biológica, es un ser único con muchas características que lo hacen diferente de las demás especies; por tanto, es su estudio, con base en todo el conocimiento obtenido en las demás especies biológicas, lo que permite acercarnos a una mejor comprensión de su dimensión biológica, sociológica y social.

En los actuales momentos, la salud del ser humano dejó de ser un problema sólo del médico y pasó a tener un enfoque multidisciplinar, donde el conocimiento de todo el entorno de los ecosistemas biológicos es fundamental para poder garantizarle a la población condiciones apropiadas para el mantenimiento de una buena salud, ya que nos hemos dado cuenta de que si no preservamos nuestros ecosistemas estamos condenados a desaparecer como especie. Aparte de los organismos biológicos como agentes causantes de enfermedad en el ser humano se puede señalar cómo muchas enfermedades están notoriamente influenciadas por el deterioro cada vez más ostensible del medio ambiente, entre las cuales podemos mencionar el aumento de las enfermedades respiratorias por la gran contaminación de la atmósfera de las grandes ciudades, el aumento de la incidencia del cáncer de piel por el daño de la capa de ozono, las miles de muertes que se producen en los países subdesarrollados por enfermedades como la diarrea, causadas principalmente por las malas condiciones de vida en que vive una franja muy alta de la población, los problemas de audición causados por la contaminación con el ruido cada vez mayor de las ciudades, los problemas de salud asociados con la contaminación de los alimentos tanto de origen vegetal como animal y muchos otros problemas de salud cuya causa principal es el deterioro de nuestro medio ambiente.

Estas consideraciones de tipo evolutivo sobre la importancia de la biología en la medicina nos permiten destacar la importancia de esta ciencia en el plan de estudios de medicina, inicialmente en las materias de ciencias básicas médicas y posteriormente en las ciencias clínicas, en las cuales la biología constituye también un soporte muy importante en la investigación médica.

El problema del hombre a través de la biología es resolver las contradicciones inherentes a la vida, que son de amplia difusión a lo largo de la escala evolutiva, desde organismos unicelulares hasta los metazoarios más complejos.

A diferencia de otros animales, el ser humano tiene la capacidad de transformar la naturaleza, como resultado de su evolución biológica y cultural; tiene la posibilidad de abstraer la realidad, formular categorías, emitir juicios y mantener una especial relación como miembro de un grupo social; debe adaptarse a entornos naturales alterados además de establecer relaciones de convivencia, organización y producción.

La ciencia que explica las características estructurales y funcionales de los seres vivos es la biología que por relaciones de analogía y homología se aplica a las ciencias de la salud en su fundamento, como se ha descrito antes.

La naturaleza, como realidad directa y, durante mucho tiempo, preponderante en la existencia humana, siempre ha sido objeto de estudio de la ciencia en su búsqueda de conocer y explicar el mundo y sus fenómenos. Sin embargo, en la era moderna, con los avances de la ciencia y la diversificación de ésta en cada vez más campos especializados, parecería que la flora y la fauna perdieran su

dominio relativo. Aunque es cierto que desde el siglo pasado la biología y la Medicina, por ejemplo, han seguido una trayectoria de grandes logros, en el espectro científico han tenido que competir por espacio y metodología con una gran cantidad de otros campos de las ciencias naturales, como ocurre en las áreas de la biotecnología y la ambiental. De manera creciente, mediante la biotecnología, que más que una ciencia nueva consiste en la conjunción de varias disciplinas -química, biología, medicina, agricultura, entre otras - enfocada directamente a diversos seres vivos de la naturaleza para crear nuevos productos y procesos.

Por otro lado, la biología como ciencia básica sobre la cual se soportan los conocimientos en medicina, permite dar un marco general del conocimiento para mantener la objetividad requerida en sus conclusiones, que por demás deben ser universales. Como ciencia básica permite:

- a. Mantener nuestro objeto en la realidad externa, que existe con independencia de los procesos a través de los cuales llegamos a conocerla.
- b. Reconocer que la realidad no funciona en forma azarosa o caótica sino que exhibe regularidad.
- c. Mantener el criterio que la ciencia es la única actividad humana que garantiza la verdad, la exactitud y la certeza sobre esa realidad porque se atiene a los hechos observables, impidiendo la injerencia indeseable de prejuicios o preconcepciones.
- d. Garantizar que las hipótesis formuladas (que tienen una estructura deductiva) se desarrollen por generalizaciones sucesivas a partir de lo observado; por ello, nuestro método propio es la inducción.
- e. Reconocer que la única manera de progresar como disciplina científica es por acumulación de conocimiento y que los grandes momentos, descubrimientos o aplicaciones son producto del esfuerzo de inteligencias individuales u organizadas.

Con seguridad, todas y cada una de estas afirmaciones no están suscritas por todos y cada uno de los investigadores, pero corresponden a tesis fundamentales que caracterizan la tendencia del pensamiento en Medicina. Lo cual hace necesario aludir a afirmaciones relativas a la naturaleza de la realidad, ya que la idea de ciencia que tenemos implica el supuesto de la regularidad de la naturaleza, un orden regido por la relación causa-efecto, es decir, que se trata de un universo determinista. Esta concepción de la realidad está expresada clásicamente en la confianza *laplaciana* de que el conocimiento detallado de la situación presente del mundo permitirá, necesariamente, el conocimiento de lo que ha sido en el pasado y de lo que será en el futuro. Por otra parte, el conocimiento de la realidad queda garantizado o posibilitado por la construcción de un modelo mecánico suyo. Así, todo lo que existe puede ser medido, lo cual tiene como fundamento la convicción de que el 'libro' de la naturaleza está escrito con caracteres matemáticos. La pretensión fundamental de la idea clásica de ciencia es que su concepción de la realidad corresponde a lo que la realidad efectivamente es, tal como se nos ofrece a la observación. Como sabemos, esta pretensión ha sido sometida a profundas críticas; tal vez el resultado más relevante consista, precisamente, en haber

determinado que se trata de una 'concepción' de la realidad y que era posible desarrollar otras.

La química como ciencia que sustenta el programa de Medicina

Al describir la química como ciencia se habla de los procesos metodológicos que han llevado a la comprensión, estudio y transformación de la materia y a establecer leyes que se cumplen en el mundo físico.

Ya a mediados del Siglo XIX los fisiólogos indicaron que los procesos que tienen lugar en los seres vivos son «químicos» en su naturaleza, pero los medios que utiliza la célula para realizarlos son muy diferentes a los que utiliza un químico en su laboratorio. Al realizar un experimento químico se puede aumentar la temperatura y/o la presión del matraz donde se lleva a cabo la reacción o añadir oxidantes enérgicos con el fin de que se realice la transformación. Sin embargo, los tejidos vivos efectúan las reacciones químicas suave y rápidamente a la presión y temperatura del medio ambiente y la adición al material biológico de reactivos, que los químicos suelen emplear en sus experimentos, detiene radicalmente todos los procesos.

El estudio de los procesos que tienen lugar en los seres vivos debió esperar a la invención y desarrollo de procedimientos físicos y químicos que permitieron obtener, a partir de material biológico, compuestos sencillos cuya estructura puede establecerse con facilidad y, en segundo lugar, al perfeccionamiento de la química analítica, que permitió detectar las pequeñas concentraciones en que se encuentran las sustancias en las células.

Se sabe desde hace tiempo que la vida es una propiedad que no puede ser definida ni medida, si bien muchas de sus 'manifestaciones' pueden ser medidas y otras sólo observadas. Es la suma de estas medidas y observaciones lo que nos lleva al concepto de lo que es estar vivo. Los químicos, en sus estudios sobre los organismos vivos, se concentran en aquellas manifestaciones que pueden ser medidas; estudian qué sustancias constituyen los seres vivos, cuáles son sus propiedades y en qué concentraciones se encuentran, cómo y por qué se transforman, por qué invierten la tendencia al desorden que muestran otros agregados de la materia, cómo obtienen la energía y cómo la utilizan... En fin, los estudios desde un punto de vista químico sobre los organismos vivos no se limitan a un conocimiento completo de los compuestos que los forman sino a los hechos y las causas.

Los procesos que tienen lugar en los seres vivos se pueden comprender fácilmente con una buena base química; los razonamientos que explican dichos procesos no se diferencian, en esencia, de los que se han tenido que hacer para comprender los experimentos que se realizan en el laboratorio y que las transformaciones químicas en las células y en el laboratorio son de la misma naturaleza.

De acuerdo con la American Chemical Society «la química es la ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de las sustancias, así como las transformaciones de la materia». Como materia es todo aquello que puede ser percibido por nuestros sentidos y por eso la química tiene una esfera de acción

que abarca casi todos los aspectos de nuestra vida, algunos investigadores la llaman la 'ciencia central'; pero de lo que no hay duda es que sirve de fundamento a las ciencias de la vida. Como ciencia eminentemente experimental que es, se basa en hechos y doctrinas que se complementan y apoyan; una vez que se aplicó el método científico al estudio de la materia, su desarrollo ha sido espectacular. Los objetivos de la química se pueden sistematizar así:

- * Identificación y diferenciación de sustancias y estudio de sus propiedades específicas.
- * Estudio de las transformaciones químicas, posibilidad de su realización, extensión en que tiene lugar, velocidad con que se verifican y relaciones cuantitativas de las sustancias que intervienen.

Estos mismos objetivos se aplican cuando la química estudia los procesos que en las células. La célula es el único ambiente natural donde pueden desarrollarse el conjunto de reacciones que 'manifiestan' la vida y se define como la unidad fundamental de organización biológica de los organismos vivos. Las sustancias sintetizadas por la célula son idénticas a las obtenidas en el laboratorio, o de la materia inanimada y las leyes que explican su comportamiento no difiere de las leyes comunes de la química. El aporte que hace esta ciencia es proporcionar un método que lleve al estudiante, de forma gradual, desde el conocimiento de las propiedades de los elementos hasta el entendimiento de los procesos vitales que tienen lugar en las células, a entender que una alteración que sufren puede explicarnos la génesis de una enfermedad. Esto tiene como fin último apoyar el entendimiento de los procesos biológicos que serán de gran ayuda a lo largo del proceso formativo de los alumnos sino y también en su desempeño profesional.

¿Cómo se articula la química a lo largo de la carrera de Medicina para servirle de apoyo y cómo se proyecta a lo largo de ésta?

Desde el simple conocimiento de las propiedades de los elementos biogénicos y su papel central en los procesos biológicos y como componentes de las moléculas precursoras en la jerarquización de las biomoléculas hasta las transformaciones complejas que experimentan en las células las biomoléculas, vemos que se cumplen las leyes de la química. En el área de la bioquímica, que se define como el estudio molecular de la vida, existe gran interés porque ahora se comprenden las bases químicas de algunos procesos centrales de la biología; el descubrimiento de la estructura en doble hélice del DNA, la interpretación del Código Genético, la determinación de la estructura tridimensional de las proteínas, el descubrimiento de las vías metabólicas centrales, los mecanismos de conversión de la energía y, por último, el desarrollo de la tecnología del DNA recombinante son algunos de los logros más destacados en el campo de la bioquímica, logros que fueron posibles al observar y aplicar fenómenos químicos, físicos y biológicos.

Existen vías moleculares y principios comunes que son la base de las diversas expresiones de la vida; organismos tan diferentes como la bacteria *Escherichia Coli* y el hombre tienen muchas características comunes a nivel molecular: emplean

unos mismos bloques de construcción para edificar las macromoléculas. El flujo de la información genética que va desde el DNA al RNA y a las proteínas es esencialmente idéntico en ambas especies. Ambas emplean ATP como la unidad biológica de la energía.

La bioquímica influye muy profundamente en la medicina. Los mecanismos moleculares de muchas enfermedades como la anemia falciforme y numerosos errores innatos del metabolismo han sido aclarados. Los análisis de actividades enzimáticas son indispensables para el diagnóstico clínico correcto. Así, por ejemplo, los niveles de ciertas enzimas en suero revelan si un paciente acaba de sufrir un infarto de miocardio. Los análisis de DNA empiezan a usarse en el diagnóstico de enfermedades genéticas, infecciosas o carcinomas, cepas de bacterias manipuladas genéticamente, conteniendo DNA recombinante, pueden producir proteínas esenciales como la insulina o la hormona de crecimiento. En el campo de la farmacología, la terapéutica y el modo de acción de principios activos, implican fenómenos químicos básicos; la bioquímica construye la base racional para el monitoreo de medicamentos y para el diseño de nuevos fármacos; la agricultura empieza a beneficiarse de la tecnología del DNA recombinante, la cual puede producir cambios programados en la dotación genética de los organismos vivos.

Los problemas de nutrición en las comunidades en relación con el conocimiento de las fuentes y transformación de las biomoléculas como proteínas, lípidos y azúcares, vitaminas y minerales, ha sido esencial para diseñar y recomendar conductas nutricionales.

La forma en que los organismos vivos manejan las sustancias extrañas que les llegan como medicamentos, preservativos de alimentos, colorantes, sustancias tipo herbicidas y plaguicidas, constituyen un campo activo de investigación en relación con los efectos que puedan producir a diferente nivel orgánico y que dan pie a formular conductas que favorezcan la comunidad para evitar daños celulares que tengan que ver con patologías diversas como el cáncer.

Donde haya una alteración celular muy seguramente habrá una modificación molecular. Los principios químicos aplicados al estudio de las células han llevado a los investigadores a resolver algunos de los más desafiantes y fundamentales problemas de la biología y de la medicina.

¿Cómo puede un huevo fertilizado dar lugar a células tan diferentes como las del músculo, las del cerebro o las del hígado? ¿Cómo las células se encuentran una a otra para formar un órgano complejo? ¿Cómo se controla el crecimiento de las células? ¿Cuál es la causa del cáncer? ¿Cuál es el mecanismo de la memoria? ¿Cuál es la base molecular de la esquizofrenia?

La física como ciencia que soporta el programa de Medicina

La física se define como el estudio de los fenómenos naturales al nivel más fundamental. Los recientes avances de la física y sus extensas aplicaciones a otros campos implican que hoy en día biólogos, médicos e investigadores de la biomedicina trabajan con aparatos muy sofisticados y estén obligados a familiarizarse con conceptos físicos muy avanzados. La aplicación de los métodos

físicos a las ciencias biológicas y la introducción de nuevas técnicas tiene lugar tan rápidamente que los métodos y aparatos específicos estudiados hoy quedan anticuados en muy pocos años. Por ello su objetivo principal es establecer una amplia base para el conocimiento presente y futuro mediante la explicación de los conceptos e ideas más importantes y mostrar cómo se han aplicado o están aplicándose a los problemas de las disciplinas biomédicas.

Con el tiempo, diferentes aspectos del estudio de la naturaleza se desarrollaron como ciencias por derecho propio y comenzó la especialización que conocemos hoy, pues es difícil para un hombre comprender todos los aspectos y campos de la ciencia. Inicialmente, el campo de la física fue el estudio de la materia y de la energía donde era posible una explicación matemática detallada de los sucesos; luego, los problemas que atañen a la mecánica, calor, luz, sonido, electricidad y magnetismo se atacaron con profundidad y con éxito casi total, tanto que al finalizar el Siglo XIX era posible para un físico considerar que sobre muchos fenómenos no había nada nuevo que agregar. Al mismo tiempo, se desarrollaba la química como ciencia independiente, la cual se ocupaba de procesos demasiado complejos para ser explicados con la clase de detalles que el físico esperaba. Se llegó a una clase especial de frontera, hoy llamada físico química, donde se superponían ambas ciencias. En las ciencias biológicas la materia objeto de estudio era la propia vida en sus diversas manifestaciones y la vida es lo más complejo de todo el universo. No se consideraba todavía que las leyes de la física y de la química eran aplicables a los sistemas vivos y por ende al propio hombre. El contacto entre la biología y la física era por intermedio de la química e incluso entonces sólo en su frontera mutua, la bioquímica tenía en ese contacto algún sentido real. Al evolucionar las ciencias por separado, cada una desarrolló sus propios conceptos y su propio lenguaje; las ciencias físicas operaban con conceptos definidos con precisión y con el lenguaje de las matemáticas y, en el otro extremo, las ciencias de la vida trabajaban con conceptos de naturaleza más cualitativa y con un lenguaje más que todo descriptivo. Si comparamos, por ejemplo, dos de los principios científicos, el de la gravitación universal y el de la evolución por selección natural, en un caso el principio está expresado como una sencilla ecuación que conduce a con certeza lógica, a una descripción correcta de los movimientos de los planetas; en el otro no existe tal precisión ni tan lógica certidumbre, siendo solamente una pauta para el pensamiento.

Hoy, la situación ha cambiado. A medida que los biólogos han profundizado en los procesos fundamentales que ocurren en los sistemas vivos, han llegado a comprender que las leyes de la física y de la química constituyen la armazón conceptual esencial y necesaria. Se puede citar una observación hecha por un texto actual de biología muy empleado: el estudio de la biología molecular indica que áreas tales como la genética, evolución, fisiología general e incluso clasificación de los organismos, pueden tratarse a nivel molecular. El tratamiento molecular de la biología se basa en nuestro conocimiento actual de la física y de la química y su aplicabilidad a problemas biológicos; utilizando los métodos de la física y de la química es posible tratar muchos problemas biológicos con rigor y precisión. Esto es un punto de vista de la dirección en que se mueven las ciencias biológicas y es probable que esta tendencia se acentúe en el futuro. Dentro de algunos años, el

biólogo cuyo conocimiento de la física sea escaso, encontrará cada vez áreas más grandes de la investigación biológica inaccesibles para él.

Un estudiante de Medicina puede decir alegremente que lo anterior es cierto para el biólogo pero que carece de importancia para él, ya que está aprendiendo a practicar una ciencia o tal vez un arte distinto a la física. Pero no pocos académicos coinciden en que la medicina no es ni un arte ni una ciencia sino una tecnología, y tecnología y ciencia disfrutan de una relación simbiótica de la cual ambas partes se benefician. La física debe mucho a los médicos; gran parte del concepto moderno de que la física puede ser útil en la instrumentación y en la vida ordinaria, vino del intento de los médicos de aplicar los principios científicos al tratamiento de los pacientes.

¿En qué forma se proyecta la física en la Medicina y cómo los principios físicos de carácter universal se aplican al desarrollo de la carrera?

La Medicina, naturalmente se ha beneficiado. En los últimos cincuenta años se ha visto un espectacular progreso del diagnóstico y tratamiento mediante la aplicación a la medicina de los descubrimientos científicos en el campo de la física, y el proceso es siempre acelerado: ya no le resulta posible a un médico ser experto a la vez en su propio campo y en las ciencias fundamentales, pero es importante que se mantenga el contacto con las ideas actuales de estos últimos, entre ellos la física. El conocimiento especializado aprendido hoy puede quedar anticuado al cabo de pocos años. Los principios permanecen invariables aunque cambien las aplicaciones y es el conocimiento de los principios lo que permitirá una comprensión no sólo de las aplicaciones actuales sino de las futuras. Esta es la importancia de la física.

La base para un ejercicio médico eficiente consiste en el conocimiento preciso del funcionamiento normal de células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas, regulados por la integración del sistema nervioso. Y si aplicamos los conceptos físicos a la biología y a la medicina, se puede hablar de una ciencia llamada biofísica que dará soporte esencial al médico cuando se trata de analizar y de corregir una alteración en un organismo que causa una desviación de su funcionamiento normal. La biofísica se proyecta a todas las áreas de las ciencias básicas médicas y no pocas de las ciencias clínicas tienen que ver lo relacionado con el diagnóstico, evolución y tratamiento de la enfermedad con principios físicos y sus aplicaciones a modernas tecnologías. Veamos algunos ejemplos:

Los conceptos de solución, soluto, disolvente, solubilidad de una sustancia; el poder solvente de los líquidos, la constante dieléctrica, la polaridad del solvente, la forma de expresar las concentraciones de una solución, el fenómeno de difusión, la presión de difusión, difusión en el seno de los líquidos, el fenómeno de ósmosis, presión osmótica, concentración osmótica de las soluciones, tienen que ver con los fenómenos celulares y su entorno; el movimiento y distribución del agua y muchas sustancias disueltas implican fenómenos de ósmosis de gran trascendencia para la estructura y funcionamiento celular.

Además, entenderemos qué es presión osmótica absoluta y efectiva llamada también tonicidad y qué se entiende por soluciones isotónicas, hipertónicas e

hipotónicas y por qué para que una solución pueda ser inyectada en la sangre debe ser isotónica con los hematíes.

La presión osmótica reviste considerable importancia en los seres vivos ya que es uno de los principales factores que determinan el movimiento de fluidos y solutos a través de las membranas celulares.

Al estudiar los líquidos se tiene en cuenta que las características de ser fluidos y su relación con la viscosidad y los factores que la modifican como temperatura y presencia de solutos.

Entender estos conceptos nos lleva a comprender la viscosidad de la sangre y el plasma. Su medida es útil junto con el recuento celular en el diagnóstico de ciertas enfermedades. La viscosidad de la sangre es importante en relación con la circulación: cuanto mayor es la viscosidad más fuerza debe hacer el corazón para impulsarla a través del sistema circulatorio. En caso de fiebre, disminuye la viscosidad, lo cual favorece la circulación sanguínea.

Las propiedades de las disoluciones de electrolitos, la generación de iones en solución al paso de la corriente eléctrica, el concepto de electrolitos y no electrolitos, la conductividad, disociación y equilibrio iónico, el concepto de electrodos, ánodo y cátodo, aniones y cationes, actividad de una sustancia en solución, fuerza iónica, actividad iónica, y constantes de ionización de los ácidos y bases, pares conjugados ácido - base, son elementos esenciales para entender numerosos parámetros en bioquímica y fisiología al PH, Buffers, transporte a través de membranas, etc.

La conductividad es la inversa de la resistencia específica siendo un índice de la facilidad que posee una sustancia para transportar la corriente eléctrica. La medida de la conductividad electrolítica permite calcular la concentración iónica del plasma sanguíneo y de otros líquidos biológicos. La determinación de la conductividad de la saliva o el sudor es útil en el diagnóstico de algunas enfermedades como la fibrosis quística del páncreas, la insuficiencia de las glándulas suprarrenales, etc., en las cuales está aumentada la proporción del NaCl. Ha sido útil también en biología para diferentes fines, como el de calcular el volumen de hematíes en la sangre.

Los fenómenos de la superficie involucran conceptos como sistemas homogéneos y heterogéneos, fase, interfase, las clases de interfase que nos llevan a hablar de la tensión superficial, métodos para medirla y los factores que la modifican, de manera especial en los líquidos del cuerpo humano. La importancia de esta fuerza especial se visualiza en los fenómenos que genera al inyectar un volumen de aire en la vena de un animal o la entrada masiva de lípidos al torrente circulatorio provocando una embolia de tipo gaseoso o graso respectivamente. En los procesos de ventilación pulmonar, la tensión superficial juega un papel esencial debido al comportamiento elástico de los pulmones que depende de ésta a nivel de los alvéolos.

Entre los procesos llamados electrocinéticos observados cuando se produce un desplazamiento relativo entre una superficie cargada eléctricamente y la capa difusa o atmósfera iónica que la rodea, se distinguen algunos tipos de fenómenos electrocinéticos debido a la acción de un campo eléctrico como el de la electroforesis.

Esta metodología se emplea en bioquímica para el análisis de material biológico,

especialmente en fraccionamiento de proteínas, lipoproteínas e isoenzimas presentes en el plasma.

Los cambiadores de iones representados por las resinas de intercambio iónico, sustancias orgánicas capaces de intercambiar sus iones por otros presentes en el medio líquido que les rodea, son útiles para obtener agua desmineralizada, para purificar y separar aminoácidos, proteínas, hormonas no esteroideas, ácidos nucleicos, enzimas, etc.; también son útiles para recuperar pequeñas cantidades de sustancias de carácter iónico diluidos en grandes volúmenes de líquido; así se pueden obtener las vitaminas B1 y B6, a partir de ciertos productos de los procesos fermentativos. Los cambiadores de iones tienen amplia aplicación en medicina a los pacientes que presentan edemas por insuficiencia cardíaca o renal se les recomienda no tomar sal. Para que las comidas no resulten sosas, estos pacientes pueden ingerir una cantidad moderada de sal, si al mismo tiempo toman una pequeña cantidad de resina. Se emplean en el tratamiento de los trastornos electrolíticos y para determinar la acidez de jugo gástrico sin necesidad de sondear al paciente.

Los fenómenos de adsorción en la superficie de un líquido y en la de un sólido explican los conceptos de adsorbente y adsorbato y tienen una gran importancia desde el punto de vista biológico. Muchos mediadores y procesos químicos son acelerados por la presencia de superficies adsorbentes como las reacciones catalizadas por las enzimas, la incorporación de sales de calcio por los huesos, el efecto de los desinfectantes, la reacción antígeno anticuerpo. La adsorción en la interfase líquido - líquido es esencial en la digestión de los lípidos. En el caso de intoxicaciones como con el plomo, los fenómenos de adsorción conducen a un estado de intoxicación crónica, caso del saturnismo.

Por la relación de los fenómenos de adsorción, con la cromatografía entendemos lo que es coeficiente de participación o de reparto. Las técnicas de cromatografía poseen mucha exactitud y especificidad y han permitido notorios avances en la química orgánica y nuclear, en la bioquímica y en otros aspectos de gran actualidad en el terreno de las ciencias experimentales.

En la cromatografía de adsorción distintas sustancias separadas pueden ser distinguidas con facilidad a ser coloreadas. Sin embargo, la mayoría de los casos las sustancias son incoloras y para visualizarlas es necesario localizar las zonas por medio de fluorescencia que emiten los cuerpos separados cuando son excitados con luz ultravioleta.

En la cromatografía de partición se pueden separar y conocer los componentes de una mezcla, por ejemplo de aminoácidos. La cromatografía de intercambio iónico se emplea en el análisis de sustancias de gran importancia biológica como aminoácidos. Existen dos variantes de análisis cromatográfico empleadas hoy con frecuencia: la cromatografía en capa fina y la de gases; son procesos muy sensibles, detectan pequeñas cantidades inferiores a la décima de un microgramo, en el caso de la cromatografía de capa fina. La cromatografía de gases, atendiendo a la fase estacionaria, se divide en GSC y GLC. La primera es del tipo de adsorción mientras que el segundo tipo es del tipo de partición. Compuestos como los ácidos grasos y los esteroides son analizados por la cromatografía gaseosa.

Los coloides, los cristaloides y las disfunciones coloidales nos facilitan entender

procesos como la diálisis y la filtración y qué es una membrana dialítica. La diálisis es un procedimiento muy empleado en bioquímica para concentrar dispersiones de proteínas, purificar macromoléculas y en el estudio de la actividad enzimática. Las membranas dialíticas son la base para el riñón artificial para depurar la sangre del paciente de sustancias tóxicas que no pueden ser eliminadas por el riñón enfermo.

La biofísica del estado ácido - básico esencial para entender cómo los cambios en la PCO_2 arterial origina los trastornos respiratorios y por ende cambia la relación HCO_3/H_2CO_3 y, por tanto, el Ph.

La termorregulación del cuerpo depende del balance entre dos conjuntos de procesos: la termogénesis y termólisis. Es esencial considerar también un tercero que consiste en la captación de calor. Este recurso no tiene gran importancia en el hombre, pero sí en muchos reptiles que toman calor del exterior, en particular por exposición al sol. Un esquema de cómo opera la termorregulación, de cuáles factores depende, la respuesta al frío cómo se produce y cómo el agua, de acuerdo con sus características especiales de tipo físico- químico, nos inducen en los aspectos biofísicos del equilibrio de la temperatura corporal.

La biofísica contempla elementos esenciales para la audición; el concepto del movimiento oscilatorio armónico, su propagación y lo que es el sonido que dentro de cierto rango de frecuencias puede ser captado por el oído del hombre, nos llevan a entender el funcionamiento del oído humano al ser capaz de transformar señales acústicas en señales nerviosas, discriminando las frecuencias de modo que el sujeto pueda distinguir los sonidos por su altura. Existen una serie de fundamentos anatómicos, geométricos, fotoquímicos y físicos como el de la naturaleza de la luz, que una vez analizados y comprendidos permiten entender el funcionamiento del ojo humano como una cámara provista de elementos refringentes que proyectan la imagen del objeto observado sobre una superficie sensible de índole nervioso llamado retina. Esta membrana está provista de fotorreceptores, conos y bastones, los cuales dan origen a la información, la cual una vez procesada por las otras células de la retina es enviada a los centros nerviosos superiores.

El estudio de la energía, su origen, el flujo energético en la biosfera, cómo la energía solar es convertida en energía química y cómo ésta es empleada por los organismos para realizar trabajo biológico, las diferentes clases de energía, la interconversión de una clase de energía en otra, los principales postulados de la termodinámica, primera y segunda ley, el concepto de energía libre, el sentido en que ocurren los procesos físicos y químicos, reacciones exergónicas y endergónicas, el papel de ATP en los procesos de transferencias de energía, son hechos y eventos que relacionan principios físicos, químicos y biológicos donde se ve la integralidad de las ciencias.

Si se comprenden las propiedades mecánicas de músculo, se entenderán las características del músculo en reposo y actividad. La diferencia de potencial que existe entre el interior y el exterior celular es de particular interés en ciertos tejidos como el muscular y el nervioso en los cuales se puede registrar algunos fenómenos eléctricos clásicos que llevan a entender qué es el potencial de acción y su propagación o sea la conducción del impulso nervioso.

El descubrimiento de la naturaleza eléctrica de la materia, el concepto de carga eléctrica, la definición de electricidad como una corriente de partículas llamadas electrones, al funcionamiento de un tubo de rayos catódicos, su aplicación para medir la masa de iones positivos mediante el espectrómetro de masas el descubrimiento de los rayos X y su capacidad de ionizar gases generando el concepto de partícula cargada a partir de una partícula neutra, han sido fundamentales en el desarrollo de la fisiología, la química y la medicina.

Los aspectos de la mecánica circulatoria relacionada con la presión hidrostática y cinemática como la elasticidad vascular, caudal sanguíneo, presión y resistencia; los aspectos relacionados con la función cardíaca y fenómenos periódicos como la mecánica cardíaca y régimen pulsátil (onda de pulso); los aspectos relacionados con la micro-circulación, la presión capilar y la sangre como sistema heterogéneo, además de las bases biofísicas de la electrocardiografía -entre ellas la electrofisiológicas y las de la electrocardiografía- nos permiten tener conocimiento de cómo funciona el corazón y cuáles son las disfunciones que se pueden presentar, esencial para su diagnóstico, evolución y tratamiento.

La comprensión de la naturaleza de la luz por el hombre, los conceptos de frecuencia y longitud de onda, las características del espectro electromagnético, la absorción de luz, la posibilidad de reconocer un elemento o una sustancia por las longitudes de onda de su espectro, ha hecho de la espectroscopia un recurso muy importante en el análisis químico y bioquímico, dando lugar a la espectrofotometría, y si se habla de polarización de la luz cuyas ondas oscilan en un solo plano, se puede hablar de poder rotatorio de las sustancias ya sea dextrógiras o levógiras, propiedades que sirven para identificarlas y cuantificarlas mediante polarimetría.

El descubrimiento del láser, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación, es una herramienta de amplio uso actualmente en medicina. Dado que las intensidades de los rayos coherentes se suman concentrando el haz, puede obtenerse una enorme intensidad energética en una pequeñísima superficie. Esta propiedad y el hecho de que por constituir radiaciones luminosas los rayos láser no son absorbidos por medios transparentes, permiten su uso médico. Actualmente se emplean dispositivos láser a base de gas que pueden producir una emisión continua en lugar de hacerlo por destellos. Pueden obtenerse radiaciones de diferentes longitudes de onda, lo cual permite seleccionar la adecuada, para que sea absorbida por unos tejidos y no por otros, de acuerdo con su color. Así mismo, se puede concentrar un haz láser sobre una superficie tan pequeña que hace factible su uso en cirugía celular.

Los principios de difracción y dispersión de la luz, el recogimiento de la luz difractada y volverla a enfocar para obtener una imagen y ampliarla constituye el fundamento del microscopio para el estudio de los tejidos. El empleo del microscopio electrónico para estudiar la estructura fina de las organelas como sistemas biológicos y la visualización óptica del interior y la reconstrucción de imágenes del mismo en forma indirecta, son dos clases de recursos empleados en la obtención de imágenes. El microscópico electrónico se basa en emplear radiaciones de longitudes de onda menores que las de la luz y su fundamento reside en el empleo de rayos catódicos en lugar de luz visible.

La visualización óptica del interior del organismo desempeña en medicina un papel de mayor importancia cada día. Esto se hace posible gracias al empleo de la llamada fibra óptica, basada en el fenómeno de la reflexión total de un rayo de luz, donde la fibra sirve como un conductor de luz. Así se da origen al fibroscopio, basado en la fibra óptica y que puede ser empleado acompañado de un dispositivo para la extracción de muestras o de un instrumento para realizar intervenciones quirúrgicas, accediendo al lugar a operar por vías naturales o a través de incisiones muy pequeñas.

Durante años, la obtención indirecta de imágenes fue desempeñada por la radiografía con rayos X, cuya atenuación al atravesar el organismo hace que los diversos órganos proyecten distintas sombras sobre la placa radiográfica. Este método ofrece serias limitaciones como el riesgo de exposición a la radiación, la superposición de las sombras que no permite muchas veces el reconocimiento de las estructuras superpuestas y, por último, la frecuente necesidad de introducir sustancias radiopacas a los rayos X para producir contrastes. Por eso, se han definido una serie de recursos como el de la tomografía que permite, empleando rayos X, reconstruir la forma de diferentes estructuras interiores a partir de imágenes que representan cortes de organismo perpendiculares a un eje determinado, con mucha frecuencia, el eje longitudinal de cuerpo. La tomografía de resonancia magnética nuclear y la ecografía son recursos que están fundamentados en principios físicos.

En el campo de la bioquímica y la biología molecular, numerosos fenómenos moleculares han sido aclarados sobre la base de principios biofísicos; la interconversión de energía en los organismos, el establecimiento de estructuras tridimensionales funcionales de biomoléculas como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, por métodos de cristalografía de difracción de rayos X; sucesos como la replicación de material genético, las técnicas de biología molecular, hibridación, su detección mediante autorradiografía, la forma en que los virus actúan, han sido dilucidados empleando principios físicos a partir de trazadores radiactivos, las rutas metabólicas se definieron y se conocieron gracias al empleo de los radioisótopos como marcadores.

El daño celular y las mutaciones y cómo se producen se estudiaron investigando sobre los efectos de la radiación. El empleo de radioisótopos para el tratamiento de tumores tiene su explicación en la radiactividad. En el diagnóstico de diversas anomalías se emplean principios físicos de radiactividad de los núcleos atómicos. El futuro en relación con la producción de energía en forma ilimitada depende de manejo de núcleos atómicos en procesos como la fusión y fisión nucleares.

Como se puede ver finalmente con estos ejemplos resumidos, la importancia y el soporte de la física a la carrera de medicina, sobra decirlo, son fundamentales.

El eje que cohesiona la Facultad

Con base en las anteriores consideraciones sobre las ciencias que sustentan la Medicina, se llega al acuerdo de considerar la biología como ciencia que articula y cohesiona el plan de estudios de medicina, dada la gran relevancia de sus aportes al desarrollo científico y tecnológico de la Medicina, y por la forma como se traducen

aquellos a las diferentes materias del plan de estudios, principalmente en las ciencias básicas medicas. Aparte de que es en los diferentes campos de la biología donde mejor se integran otras disciplinas científicas no sólo en el campo de las ciencias naturales sino también en las ciencias humanísticas. En consideración del papel que cumple el médico en la sociedad se estima que junto con el conocimiento de la dimensión biológica del hombre, los otros elementos articuladores de la medicina son todos los aspectos relacionados con la salud del ser humano.

Investigación en la facultad de Medicina

1. Introducción

De acuerdo con la resolución No. 185 de septiembre 20 de 1999, la UNAB, mediante su Proyecto Educativo Institucional, se compromete a gestar e impulsar la investigación en diversos campos del conocimiento y la tecnología, de acuerdo con las necesidades de la sociedad y no sólo para suplir demandas académicas. Así mismo, las políticas y criterios de investigación serán claramente determinados por la Universidad, es decir, presenta los posibles horizontes en los que se puede investigar.

En esta misma resolución, se define Investigación como: "Trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para aumentar el volumen de los conocimientos humanos, culturales y sociales y el uso de estos para derivar nuevas aplicaciones". También se definen allí claramente dos tipos de investigación dentro de la Universidad:

- Investigación formativa*, encaminada a la generación de un clima o ambiente investigativo entre docentes y estudiantes, para fomentar una actitud positiva al respecto. Los docentes de la facultad de Medicina entendemos como investigación formativa aquella que permite crear en la Universidad una 'cultura de la investigación', sin que ello signifique como tal un tipo de investigación diferente a la única que existe.
- Investigación en el sentido estricto del hacer investigativo*, es decir, se relaciona con la práctica real de actividades de investigación en cualquiera de las siguientes áreas: básica, aplicada y de desarrollo experimental, para cada una de las cuales existe una definición precisa.

2. La investigación formal en la facultad de Medicina

La UNAB plantea que la investigación debe desarrollarse a partir de la creación de líneas, grupos o centros de investigación, los cuales deben ser acreditados por la Dirección General de Investigaciones de la Universidad. Con respecto a esto, así se ha venido trabajando en el programa de Medicina:

- * En agosto de 1999 se dio inicio al Centro del Conocimiento del Programa de Medicina, bajo el apoyo del Dr. Germán Oliveros y la asesoría científica del Dr. Patricio López-Jaramillo.

- * Se creó el Grupo de Óxido Nítrico, con tres líneas claras de investigación: estrógenos y óxido nítrico, respuesta inmune y óxido nítrico, y aspectos genéticos de la vía L-arginina:Óxido Nítrico. Las tres líneas adelantan proyectos de investigación que serán presentados en conjunto con el ICIB a Colciencias en la convocatoria que cierra el 17 de diciembre de 1999, previa evaluación de la Dirección General de Investigaciones. Al término del año 99, con los proyectos elaborados, se presentará la gestión de segundo semestre de 1999, a la Dirección General de Investigaciones, para la evaluación del nuevo Grupo de Investigación en la Universidad.
- * Por otro lado, existen dos proyectos presentados por el grupo de Morfo-Anatomía a la Dirección General de Investigaciones, los cuales ya fueron evaluados por pares y esperan el apoyo económico de la Universidad para dar inicio a ello.
- * Se encuentra en curso el inicio del proyecto Chicamocha, el cual fue presentando al Ministerio de Salud para evaluación, con respuesta satisfactoria. Se está en espera del desembolso del dinero. Este proyecto se llevará a cabo en asocio con la Universidad de McMaster (Canadá) y el ICIB.
- * A través del Dr. Patricio López-Jaramillo se ha gestionado con la Universidad de Alberta (Canadá), la formación de dos profesores de Ciencias Básicas Médicas en el nivel de maestría y la pasantía de otro docente por diez semanas en la Universidad de Londres. Igualmente, se han hecho cursos cortos de formación de diversas áreas relacionadas con la investigación.

Se encuentra, como fortaleza, la creación del mencionado grupo de investigación, el cual está generando proyectos concretos, la intención de la Universidad de crear un ambiente para impulsar la investigación, en la cual se compromete, así como la existencia de un grupo docente motivado para desarrollar dicho trabajo. Como debilidades se vislumbra el poco número de proyectos aprobados y la inexistencia de proyectos aprobados en marcha, lo cual hace que la investigación que realiza la facultad no haya pasado de ser un ejercicio teórico. Esto hace que el entusiasmo poco a poco se pierda, máxime cuando los principales generadores de proyectos, los docentes, sólo pueden contar con tiempo académico destinado de investigación luego de iniciar el desarrollo del proyecto. El tiempo que se requiere para gestar, desarrollar y promover un proyecto de investigación se debe extraer del dedicado a las actividades académicas formales, lo que hace aún más difícil incubar buenas ideas.

3. La investigación como espíritu académico

Desde el mismo momento de la concepción del proyecto de la facultad de Medicina en la UNAB se vislumbró que el plan de estudios ha de garantizar espacios concretos a fin de lograr el perfil del médico deseado, de tal manera que el egresado tenga capacidad de entender y aplicar el método científico para la resolución de problemas de salud.

Para lograr esto se requieren espacios académicos concretos y una estrategia que impregne el día a día de un espíritu investigativo. Este espíritu va mucho más allá de la presentación de propuestas concretas de investigación formal. Implica

un permanente y natural estado de inquietud de querer saber más, de conocer de una manera sistemática y ordenada. Este espíritu sólo se logra cultivar a partir del desarrollo y puesta en práctica de modelos que sirvan como punto de referencia y generador de iniciativas.

Desde la anterior perspectiva existe un proyecto académico en investigación dentro del Área de Administración y Medicina Comunitaria, experiencia que busca abrir un espacio para fortalecer la formación de los estudiantes y la madurez de la facultad, así como para aportar al país en la resolución de problemas vitales y la generación de conocimientos, de tal manera que se logre *desarrollar el espíritu investigativo entre los estamentos de la Facultad por medio de la resolución de problemas prioritarios en salud.*

Curricularmente, la investigación en la facultad de Medicina se ha desarrollado de manera interrelacionada con el Área de Epidemiología, buscando que los contenidos no sean meramente teóricos sino reales, incluso pretendiendo ir mas allá de simulacros. En la tabla siguiente se aprecian los contenidos que estas dos líneas han desarrollado hasta el VII semestre y lo que se vislumbra para los niveles VIII y IX; en X hasta XII no se tienen materias en ninguna de estas dos líneas.

Dentro del plan de estudios de las materias de mayor peso curricular, se realizan seminarios y paneles tendientes a que el alumno explore y desarrolle un tema apoyado en documentación adquirida a partir de una búsqueda bibliográfica con su posterior análisis y proyección.

Currículo en Medicina asociado con investigación

Nivel	Investigación/Módulos (hrs/sem)	Epidemiología/Módulos (hrs/sem)
I	Estadística descriptiva (20) Demografía (20)	-
II	Estadística inferencial (20) Informática: Epi info (20)	-
III	Epistemología (20)	Epidemiología descriptiva (20)
IV	-	Epidemiología analítica (30) Epidemiología de infecciones (30)
V	Seminario: Plantear una propuesta (40)	-
VI	-	Epidemiología nutricional (20) Epidemiología ambiental (20)
VII	Seminario: Instrumentos de medición (20)	MBE: Artículos primarios/ La pregunta de pertenencia clínica (20)
VIII*	Seminario: Captura y análisis de datos (20)	MEB: Artículos de revisión/ Discrepancia clínica (20)
IX*	Seminario: Interpretación y presentación (20)	MEB: Metaanálisis/ evaluación del desempeño (20)

*Espacios académicos por desarrollar

Adicionalmente a lo curricular, desde varias iniciativas, incluyendo las que provienen del Centro del Conocimiento de la Facultad, se han generado las siguientes actividades:

- * Cátedra Lope Carvajal Peralta, la cual se realiza semanalmente todos los lunes, de 6:30 a 8:00 p.m. Ha contado con la participación de profesores de la UNAB, UIS, médicos de la Foscal, un invitado nacional y dos invitados internacionales.
- * Visita de tres figuras nacionales, el Dr. Eduardo Posada, director de ACAC y del Centro de Investigaciones en Física de la Universidad Nacional; el Dr. Hernando Matiz, decano de la facultad de Medicina de la Escuela de Medicina El Bosque y el Dr. Gabriel Carrasquilla, director científico de la FES, Cali. Con ellos se han compartido experiencias y fortalecido la visión y propósitos que frente al espíritu de investigación y la investigación misma se tiene.
- * Se ha integrado a ocho estudiantes en el proceso de elaboración de los protocolos de investigación que serán enviados a Colciencias.
- * Revista MedUNAB, la cual se ha convertido en una escuela para alumnos y docentes, sean autores o editores; es más que un órgano de difusión de la investigación que se hace en la facultad y la ciudad.

Las fortalezas de la experiencia consisten en que durante toda la carrera el estudiante recibe el impacto del tema, mostrándole lo importante que es. Entra en contacto con él desde el principio, mediante la formación de los cuadros directivos de la importancia de la investigación, lo cual se traduce en acciones concretas de apoyo, sea para el desarrollo de las actividades académicas, como para la formación de personal y del establecimiento de espacios físicos y temporales para la reflexión y el planeamiento; interrelación con los docentes de otras áreas, sea invitándolos para que dentro del contexto de las líneas muestren su experiencia en el tema o como tutores técnicos de los ejercicios que se plantean; y la existencia de un hilo conductor que mantiene el *continuum* del tema, su contenido y su espíritu.

Han sido debilidades, la relativa atomización que existe en el cuerpo de profesores involucrados en el proceso formal de educación, ya que todos, menos uno, son de cátedra, lo cual ha hecho muy difícil generar espacios en donde se pueda planear y desarrollar los contenidos, así como para validar el desarrollo del área; aunque se ha dado la participación de docentes de otras áreas, esta integración todavía tiene mucho por adelantar, a más de las dificultades dadas por la falta de formación de muchos en contenidos concretos de epidemiología e investigación, lo cual hace difícil la comunicación y la comprensión de los contenidos, así como la aplicación concreta. Esto último incluye la relativa poca disponibilidad de personas o tiempo que puedan generar una masa crítica de pensamiento y acciones académicas o directamente investigativas conducentes al desarrollo del área.

Se cree que hay tres componentes vitales para desarrollar el espíritu investigativo en la facultad: integrar más todas las áreas de la carrera, a fin de que la investigación, o mejor, el espíritu investigativo cubra todos los contenidos y no sea sólo cosa de una materia y durante el tiempo que ésta se dicta; fortalecer la formación académica de todos los docentes, algunos en un nivel básico y común

para todos, y otros en el nivel que requieran para el desarrollo de sus responsabilidades y, lo más importante, tener investigaciones concretas que respondan problemas concretos y que impliquen responsabilidades por cumplir. No es posible considerar un espíritu investigativo sin investigaciones reales.

La flexibilidad curricular en la Facultad de Medicina

Definición de currículo

Entendemos currículo como todo el conjunto de acciones con intencionalidad educativa que buscan promover en el estudiante avances en su formación integral: como médico, científico, persona y componente de una sociedad a la que le debe coherencia para incorporar los avances científicos y tecnológicos a la solución de los problemas del entorno y los problemas prioritarios de salud. De esta manera, el currículo va más allá de un plan de estudios o de la estructuración de contenidos y asignaturas y avanza hasta la esfera del desarrollo personal, social, psicológico y cultural del médico en formación, a fin de cumplir con una misión propuesta y con el alcance de un perfil de médico estipulado por la facultad.

Desde esta óptica, el alumno es privilegiado con una cantidad de experiencias que van desde las clases magistrales, los talleres, laboratorios, experiencias comunitarias, proyectos de investigación, grupos de estudio, conferencias de interés general para la comunidad académica, actividades deportivas, artísticas, culturales y recreativas. El currículo entonces se construye en las dimensiones intelectuales, sociales o comunitarias, físicas y emocionales. Una de las características de un currículo puede ser la flexibilidad²⁶, entendida como una propuesta de formación con un núcleo central que garantiza un perfil determinado del médico y posibilidades de elegir, según los intereses, las áreas de énfasis que el alumno dará a su plan de estudios. La flexibilidad curricular hace referencia, entonces, a la decisión autónoma del estudiante para configurar su plan de estudios de acuerdo con las posibilidades ofrecidas por la Universidad. Al respecto, se encuentra gran discusión sobre la pertinencia de esta flexibilidad en los programas de medicina²⁷, se menciona el riesgo de la formación de pseudoespecialistas como una posible consecuencia de dar énfasis en la formación del médico y no responder a la necesidad de un médico general. Visto a la luz de la Ley 100, esa formación estaría un tanto en contravía de la ley, que promulga la formación de un médico general con gran capacidad resolutive.

El proyecto de la Facultad de Medicina

Misión

Somos una Facultad de Medicina de carácter privado con proyección universal

²⁶ Asociación Colombiana de Facultades de Medicina. Perspectivas curriculares de educación médica para el Siglo XXI. 35-42. Bogotá, octubre de 1995.

²⁷ Asociación Colombiana de Facultades de Medicina. Los procesos de reforma curricular en las facultades de medicina en Colombia. 46-51. Cali, agosto de 1996.

orientada hacia la formación integral de ciudadanos profesionales médicos, mediante un programa de alta calidad humana y científica que les permita ser líderes en los diferentes campos de la salud, contribuyendo al mejoramiento del nivel de vida del ser humano y de la comunidad, convirtiéndonos en modelo en el campo de formación médica.

Objetivos

Brindar conocimientos actualizados en ciencia y tecnología médica en las áreas básicas, clínicas y administrativas, para su aplicación en beneficio de la salud individual o comunitaria.

Fomentar en los estudiantes la actitud investigativa para detectar, planificar y desarrollar acciones en el campo de la medicina, propendiendo por el mejoramiento de la calidad de vida.

Formar dentro de una concepción humanista personas que entiendan la realidad de sí mismas y del contexto socio-cultural donde se desarrollan.

Promover en el estudiante la reflexión y el estudio de aspectos de naturaleza ética relacionados con la práctica profesional, que le permitan actuar con rectitud y honestidad.

Formar integralmente médicos generales capaces de prevenir y resolver problemas de salud de personas, familias y comunidades.

Promover en el estudiante el interés por la auto-educación y la actualización permanente, brindando la posibilidad de continuar programas de especialización, y de renovar los conocimientos relacionados con los avances en su profesión.

Favorecer la creación de espacios de trabajo interdisciplinarios que permitan al estudiante reconocer la importancia del diálogo, del trabajo en equipo y del enfoque holístico en el tratamiento de los problemas de salud.

Capacitar al estudiante para realizar programas de formación y educación a la comunidad, tendientes a crear conciencia de prevención, mejoramiento y conservación de la salud.

Proponer al estudiante experiencias de integración con entidades de salud de carácter público y privado, y con organismos internacionales que le permitan tener una visión amplia de algunos aspectos de la medicina en otros contextos.

Perfil del egresado

El médico egresado de la Facultad de Medicina tendrá una sólida formación en el campo científico y humanista.

Su visión integral del hombre y del mundo le permitirá desempeñarse con un alto sentido ético, de responsabilidad y sensibilidad social, brindando atención integral en el campo de la salud, a personas, familias o comunidades.

Sus conocimientos de las áreas propias de la medicina, con énfasis en medicina familiar, salud pública, administración en salud y en humanidades, e igualmente su formación en lo investigativo y su actitud de mejoramiento continuo, le permitirán comprender y aplicar los avances en ciencia y tecnología médica, en beneficio de la salud.

Será un profesional autónomo de altas calidades quien podrá desempeñarse como:

- * Médico general con énfasis en el campo de la medicina familiar
- * Directivo de un ente de salud de carácter público o privado
- * Médico de planta en entes de salud
- * Docente
- * Asesor en grupos interdisciplinarios sobre situaciones de salud comunitaria

La formación científica y humanista recibida, así como sus competencias en el dominio de un segundo idioma y de la informática, le permitirán adaptarse con facilidad a diversos escenarios del ejercicio profesional y mantener su interés por realizar estudios de especialización.

Plan de estudios

Es uno de los elementos del currículo que permite instrumentar la puesta en marcha del mismo. En el plan de estudios se discriminan las asignaturas, se define la intensidad horaria, la duración o calendario, los requisitos para cursar las diferentes asignaturas, el posicionamiento en niveles dentro de la carrera y el valor en créditos de cada materia. El plan de estudios es el mapa que evidencia la distribución de asignaturas a lo largo de los semestres, agrupándolas en líneas de formación o en áreas. Detrás de este mapa está la agrupación de contenidos, de objetivos de aprendizaje y de estrategias metodológicas que permitan el alcance de un perfil determinado en el diseño curricular.

La administración de los planes de estudios se está viendo afectado por las tendencias curriculares a la desescolarización y por los tres ejes señalados para el nuevo milenio: calidad, democratización y descentralización de la educación²⁸. Esta tendencia marca una disminución en el tiempo real presencial de los estudiantes, para motivar la autoformación, la actitud de la investigación y la educación continua; usa como una estrategia para fomentar estas actitudes la educación virtual y los modelos tutoriales por el computador; asumen entonces que el educando posee la competencia necesaria para abordar responsablemente este proceso activo de su formación académica. Existe un interrogante en la Facultad de Medicina sobre si esta competencia de entrada está presente en los estudiantes al ingreso a la universidad.

Otro de los elementos importantes que se considera fundamental en la flexibilidad curricular es la importancia de definir estrategias para lograr una mejor utilización de los espacios académicos de permanencia en la universidad. A este respecto, se debe hacer un análisis de todas las actividades académicas planificadas en el plan de estudios, para hacer el mejor uso posible de ellas; para esto es necesario un profundo análisis de los contenidos de los cursos, tratando de llegar a acuerdos entre los integrantes de los equipos docentes para hacer énfasis en los conceptos más importantes y de mayor utilidad para el estudiante

²⁸ Colombia, al filo de la oportunidad. Misión.

de medicina. Esto se hace aún más necesario dada la gran cantidad de información que se imparte en los diferentes cursos del plan de estudios. Entre las actividades que se deben racionalizar está el taller, dado que al analizar la programación académica se observa en algunas semanas saturación con este tipo de actividades que, por sus características, es muy difícil para preparar adecuadamente por los alumnos.

En lo que tiene que ver con los docentes, se debe insistir en la importancia de su fortalecimiento académico en el campo pedagógico, para que esto se refleje en su práctica docente. El profesor debe considerar que sus alumnos tienen diferentes formas de aprendizaje, por lo cual debe utilizar variadas estrategias didácticas, debe propiciar un ambiente donde se manifieste el pluralismo del pensamiento, se respeten y valoren los aportes de los alumnos y se incentive el amor por la ciencia y la humanidad en sí misma.

Con las anteriores consideraciones en torno a la flexibilidad del currículo, examinaremos cuidadosamente las posibles vías para hacer más evidente esta flexibilidad en el plan de estudios, las cuales probablemente puedan traducirse en una menor *presencialidad* del alumno en los diferentes semestres. Esto será sólo una consecuencia 'probable' y no un objetivo del nuevo planteamiento curricular.

Primera alternativa

LÍNEAS DE ESPECIALIZACIÓN a lo largo de la carrera; por ejemplo, al final del programa se tendrá un médico cuyo perfil se destaca en las *ciencias básicas médicas e investigación* y, por lo tanto, su ejercicio profesional idóneo sería en esa área. Igualmente, pueden trabajarse perfiles profesionales como: *medicina comunitaria* con áreas de desempeño en la prevención de la enfermedad y promoción de la salud, lo administrativo, la epidemiología y la salud de la comunidad; *medicina clínica de adultos o pediátrica* con área de desempeño en el nivel 1 y tal vez 2 de medicina interna o pediatría; *medicina clínica quirúrgica* con área de desempeño en el nivel 1 y tal vez 2 de cirugía general, ginecología y ortopedia.

Segunda alternativa

LÍNEAS DE ÉNFASIS, con un área general de formación que da un perfil de egresado como médico general capaz de desempeñarse en los niveles 1 y 2 de atención del sistema de salud y con aptitud resolutoria para las patologías de esos niveles en la medicina general, pero con énfasis en una de las siguientes tres líneas del área de administración y salud comunitaria: *énfasis en medicina comunitaria*: fortalezas en la planeación, diseño, programación, puesta en marcha y ejecución de programas de prevención de la enfermedad y promoción de la salud y en atención a grupos prioritarios de edad o riesgos. *Énfasis en administración hospitalaria*: fortalezas en la administración, aspectos legales del sistema de salud, finanzas y auditoría del sector. *Énfasis en epidemiología e investigación*: proporciona fortalezas en los aspectos conceptuales e instrumentales de la investigación y lo capacita para abordar los procesos investigativos en las diferentes áreas de ejercicio profesional.

Tercera alternativa

FLEXIBILIDAD EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y EN EL INTERNADO. El modelo actual que permite al estudiante escoger las áreas de interés en el campo de la investigación y un énfasis en el internado en donde cursa ocho meses en las rotaciones obligatorias o tradicionales y cuatro en la o las de su mayor interés. Exige que la facultad tenga abiertas líneas de investigación activas y funcionando y que haya la disponibilidad de suficientes escenarios de práctica en el internado que favorezcan las diversas alternativas e intereses de los estudiantes.

Cuarta alternativa

ASIGNATURAS ELECTIVAS. Esta alternativa propone la ubicación en los diferentes semestres de una serie de asignaturas electivas que el estudiante tomará a su elección y cuyo propósito es proporcionar una mayor información y adquisición de destrezas en algunos tópicos o temas. Podrían ser agrupadas por líneas de electivas y el estudiante no fluiría indiscriminadamente por una línea y otra sino que lo haría por una o máximo dos líneas. Las electivas tendrían valor en créditos y en nota pero no sería promocional puesto que el plan de estudios es independiente de las electivas, lo que lo haría diferente de las líneas de énfasis propuestas en la alternativa número dos.

Quinta alternativa

NO HAY FLEXIBILIDAD. En esta se propone mantener un plan de estudios de orden general y común a todos los estudiantes sin posibilidad de cambios de acuerdo con los intereses personales.

Analizadas las alternativas bajo estos criterios muy generales se decide trabajar sobre las alternativas dos y tres con el fin de elaborar los diferentes elementos que se hacen necesarios en su posible puesta en marcha y someterlos a discusión en los diferentes niveles de decisión de la Facultad.