

---

# UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES Y VETERINARIAS

“Dr. Martín Cárdenas”

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL

<h3>PROGRAMA DE FORMACION EN: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA</h3>
--

<b>NIVEL</b>	Pregrado
<b>DEPARTAMENTO</b>	Tecnología agroindustrial
<b>GRADO ACADEMICO:</b>	Ingeniería en biotecnología
<b>TITULO EN PROVISION NACIONAL</b>	Ingeniero en biotecnología
<b>FORMA DE GRADUACION</b>	Tesis de grado y otras modalidades establecidas en la UMSS
<b>DURACION DE ESTUDIOS</b>	4 años

RESPONSABLE: *Dr. Jorge A. Rojas Beltrán*

Cochabamba, diciembre 2010

---

## Índice

a) Fundamentación .....	4
a.1 Análisis de necesidades y problemas que la profesión debería satisfacer .....	4
a.1.1. Antecedentes y justificación.....	4
a.1.2. Estudio demográfico.....	6
a.1.3. Estudio sociocultural .....	7
a.1.4. Estudio económico-productivo.....	9
a.1.5. Políticas de Desarrollo Económico y Social de la región.....	10
a.2. Análisis epistemológico del Área de la Profesión y definición de las características epistemológico-disciplinares de la profesión .....	13
a.2.1. Objeto de estudio .....	13
a.2.2. Teorías y métodos.....	13
a.3. Análisis y definición de la práctica social de la profesión .....	14
a.3.1. Práctica social de la profesión .....	14
a.3.2. Funciones de la profesión .....	16
a.3.3. Demandas laborales regionales .....	17
b) Perfil Profesional.....	17
c) Estructura Curricular .....	19
c.1. Definición de contenidos de aprendizaje .....	19
c.1.1. Aprendizaje de contenidos conceptuales.....	19
C.1.2. Aprendizaje de contenidos procedimentales .....	20
c.1.3. Aprendizaje de contenidos actitudinales .....	22
c.2. Definición del currículo .....	23
c.3. Presentación de la Malla Curricular .....	23
c.4. El Plan de Estudios .....	24

---

c.5. Ejes Transversales .....	26
d) Modelo Pedagógico – Didáctico .....	26
d.1. Definición de las opciones pedagógico didácticas.....	26
d.2. Plan Global y metodologías de enseñanza.....	28
d.2.1. Plan global.....	28
d.2.3. Las metodologías de enseñanza .....	44
e) Administración y Gestión de la Propuesta Formativa.....	45
e.1. Régimen estudiantil.....	45
e.1.1. Modalidad de admisión .....	45
e.1.2. Sistema de permanencia y evaluación estudiantil .....	46
e.2. Régimen docente.....	46
e.3. Grados Académicos y Certificaciones .....	47
e.4. Régimen de cursadas.....	47
f) Relación del Programa con la Investigación, Interacción y el Posgrado.....	47
f.1. Relaciones con los sistemas de Investigación Científica y Tecnológica y de Interacción Social y de Servicios .....	47
f.2. Relación con el Posgrado .....	48
g) Evaluación curricular .....	48
h) Factibilidad.....	48
h.1. Socioeconómica .....	48
h.2. Técnica.....	53
h.3. Económico- Financiera .....	54
h.4. Legal .....	57
h.5. Infraestructura .....	57
i) Bibliografía .....	57

---

## a) Fundamentación

### a.1 Análisis de necesidades y problemas que la profesión debería satisfacer

#### a.1.1. Antecedentes y justificación

El desarrollo de las sociedades actuales está íntimamente relacionado con el desarrollo del conocimiento científico y de la tecnología. La ciencia no surge ni se desarrolla al margen de la sociedad, tampoco ésta, en una fase elevada de desarrollo, puede existir sin ciencia. Sobre la base de la ciencia se desarrolla la tecnología, la tecnología permite la innovación y la innovación el bienestar humano.

La humanidad ha experimentado varias etapas de desarrollo tecnológico. La invención de las herramientas ha generado la primera etapa tecnológica. Las herramientas aumentaron la eficiencia del trabajo físico (poleas, herramientas para labrar la tierra, molinos, etc.) La segunda etapa se caracterizó por la creación de las máquinas alimentadas por energía no humana o animal. Las máquinas se extendieron con la revolución industrial (tractor, ferrocarril, etc.) La tercera etapa de la evolución tecnológica se caracteriza por la automatización, es decir la construcción de máquinas que reducen drásticamente el control humano en procesos productivos.

En este momento se está consolidando una convergencia tecnológica, que está originando una nueva revolución tecnológica. En esta convergencia participan básicamente las siguientes tecnologías:

- Las biotecnologías
- La nanotecnología
- Las tecnologías de la información
- Las tecnologías del conocimiento

*La biotecnología* se refiere a la utilización industrial de organismos (plantas, animales), microorganismos (bacterias, hongos, etc.), virus o partes de ellos (enzimas, azúcares, pigmentos, etc.) para la creación o modificación de productos (alimentos, medicinas, etc.) y servicios (multiplicación masiva de plantas, diagnóstico molecular, mejora de la fertilidad del suelo, etc.)

*La nanotecnología* permite la manipulación de materia viva o inerte, en el nivel del nanómetro (nm). En esta tecnología la física cuántica sustituye a la física clásica.

*Las tecnologías de la información* abarcan el cálculo y transmisión de datos, los ordenadores, la microelectrónica, las telecomunicaciones, los robots, etc.

*Las tecnologías del conocimiento* abarcan a la obtención, representación y manipulación de conocimiento, facilitan el desarrollo de inteligencia artificial y de las neurociencias (exploración y manipulación de la mente).

De esta convergencia tecnológica, se han generado y se seguirán generando una serie de aplicaciones que están revolucionando la agricultura, la medicina, la industria, el manejo de los recursos naturales, etc. Por ejemplo, en el campo de agricultura la tecnología de la “selección asistida por marcadores moleculares” permite juzgar los individuos directamente en función de su potencial genético, evitando las desviaciones del medio ambiente. La transformación genética permite, no solamente obtener plantas y animales con características agropecuarias novedosas, sino también producir medicamentos y materias primas para la industria. El diagnóstico molecular permite diagnosticar una enfermedad con una sensibilidad de hasta 10 veces más en comparación a los métodos tradicionales. Los biorreactores permiten producir moléculas de interés medicinal o industrial en condiciones controladas, en espacios reducidos y en grandes cantidades. En el campo de la medicina, poco a poco se está desarrollando el diagnóstico y terapia personalizada en función del patrimonio genético de cada uno. La conjunción de la biotecnología y la nanotecnología permitirá crear órganos específicos para cada persona. Existen cientos de aplicaciones más y seguirán emergiendo muchas más en los próximos años.

Ante este panorama los países en desarrollo tenemos dos caminos que se ilustran a continuación.

i) Continuar con una actitud negativa frente al desarrollo tecnológico plasmado en análisis como el siguiente:

Según Ribeiro (2004), mientras que casi todos sabemos que el mundo está cada vez más a merced del afán de lucro de cada vez menos empresas transnacionales, y que éstas tienen prácticamente a su servicio a casi todos los gobiernos del mundo; a la mayoría de las personas nos resulta difícil percibir la relevancia que tienen algunas poderosas nuevas tecnologías para consolidar este proceso de dominación, cambiando dramáticamente aspectos fundamentales de la vida cotidiana de todos, particularmente de los grupos más desposeídos y marginalizados de la sociedad. Uno de los aspectos más preocupantes en este contexto, es la convergencia tecnológica, fundamentalmente entre nanotecnología, biotecnología (incluyendo genómica, proteómica y otras), informática y neurociencias, todas en un avanzado proceso de desarrollo controlado por y para favorecer los intereses de los poderosos, principalmente de las empresas transnacionales. Históricamente, la introducción de nuevas tecnologías en sociedades injustas, aún aquellas tecnologías que a largo plazo pueden haber traído algunos beneficios, han aumentado la brecha entre ricos y pobres, la injusticia social y la consolidación de los grupos dominantes, con grandes impactos negativos para los sectores más vulnerables. Por tanto, más allá de las particularidades y problemas que pueda tener una determinada tecnología, el tema de fondo sigue siendo la injusticia social, económica y política y como parte de ello, la falta de control social de la orientación de la ciencia y la tecnología. Todo lo cual se agrava en el contexto del aumento vertiginoso de la concentración corporativa en el mundo y la consecuente privatización de cada vez más ámbitos. Valga aclarar, no obstante, que las nuevas tecnologías tampoco serían necesariamente mejores o más beneficiosas si estuvieran en el ámbito estatal. El punto clave es que ninguna de ellas ha pasado jamás por una evaluación social que determine si son necesarias y deseables. Las nuevas tecnologías ya están introduciendo elementos e impactos antes desconocidos —que por lo mismo,

---

pasan desapercibidas para la mayoría—, sobre los que necesitamos tener más información para saber cómo nos afectan y cómo responder. Una de las consecuencias más paradójicas y funestas, es que se están desarrollando nuevas herramientas tecnológicas que permitirán a quienes las detentan, aumentar el control social y del disenso.

ii) Aprovechar las oportunidades que ofrece esta convergencia tecnológica. Muchos países han aprovechado las distintas revoluciones industriales para desarrollarse. Por ejemplo, los países de Europa occidental aprovecharon la revolución industrial para aumentar su productividad a niveles nunca antes imaginados. Inglaterra aumentó, en menos de 20 años, la producción de textiles en un 200% gracias a las máquinas. Japón se levantó después de la segunda guerra mundial gracias a la utilización eficaz del conocimiento científico para generar tecnología. Varios países asiáticos han basado su desarrollo sobre la tecnología de la información.

En la actualidad se considera que los países mejor capacitados para aprovechar esta convergencia tecnológica son Estados Unidos, Canadá, Alemania, Corea del Sur, Australia e Israel. En una segunda posición favorable figuran Polonia, Rusia, China e India. Turquía, Indonesia, Sudáfrica, Chile, Brasil, Colombia y México constituyen la siguiente categoría. Sin embargo, el hecho de que un país aproveche o no esta convergencia tecnológica solo depende de las políticas estatales y formación de talentos humanos y, cuando se trata de la formación de talentos humanos, el papel de las universidades es crucial.

La facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias ha jugado un rol importante en desarrollo de la región y del país desde su creación. Sin embargo, para continuar con este rol protagónico debe adecuar su oferta académica a los nuevos paradigmas mundiales y regionales. Sin lugar a duda, uno de estos paradigmas es la biotecnología. En cierta medida la facultad ha estado proporcionando a sus estudiantes elementos básicos de biotecnología, particularmente de biotecnología vegetal. Sin embargo, la realidad actual exige que existan carreras específicas de formación en biotecnología.

Bajo estos antecedentes, la FCAPFyV ha decidido formar talentos humanos capaces de utilizar diferentes herramientas biotecnológicas para agregar valor a los recursos naturales de origen biológico, de esta manera seguir contribuyendo al desarrollo del departamento y del país.

### **a.1.2. Estudio demográfico**

La población boliviana, estimada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2009, fue de 10.227.298 de los cuales 48,88% fueron hombres y 50,12% mujeres. El 62% de la población vive en áreas urbanas y el 38% en zonas rurales. Se estima que alrededor de 1.200.000 habitantes de la población boliviana está comprendida entre los 18 y 24 años, rango que se puede considerar como “edad universitaria”. De estos habitantes en “edad universitaria”, alrededor del 30% está siguiendo una carrera universitaria. Se estima que finalmente un 21% de la población boliviana alcanza el nivel de formación superior, siendo drástica la diferencia entre los habitantes de la

ciudad, donde el 30,4 % alcanzan dicho nivel, y los habitantes de las áreas rurales, donde solo el 3,88% alcanza una formación superior.

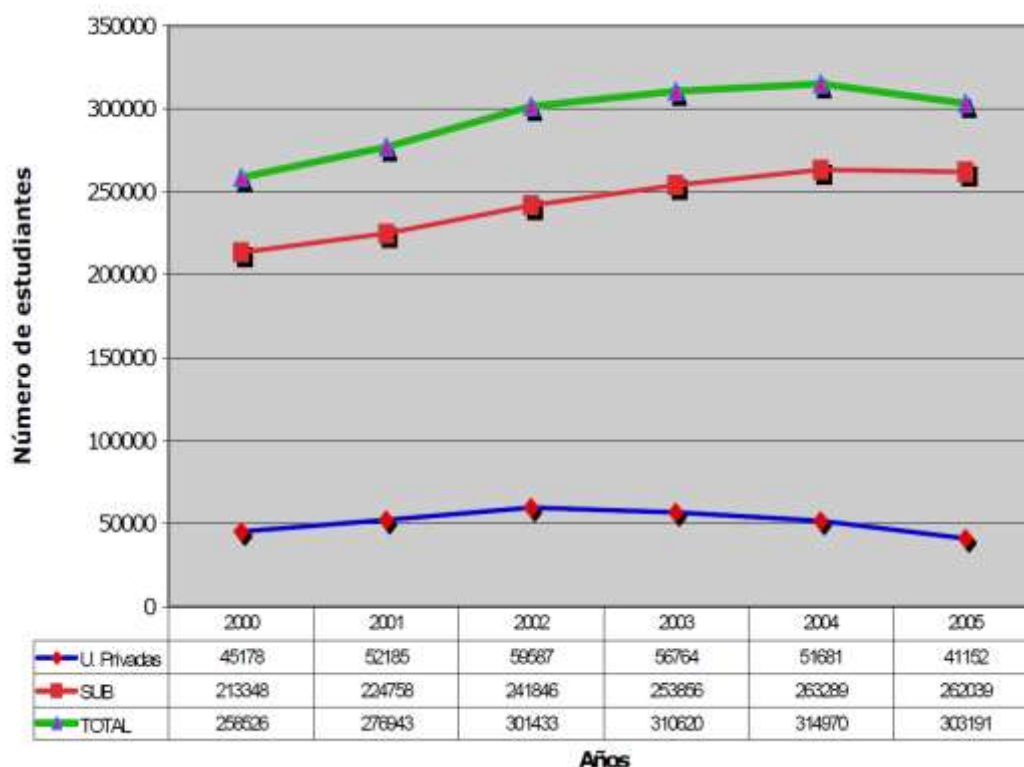


Figura 1. Tendencia de evolución de las matrículas de estudiantes universitarios en Bolivia entre el 2000 y el 2005 (Daza y Roca, 2006)

La figura 1 muestra la tendencia de evolución de las matrículas de estudiantes universitarios entre el 2000 y el 2005. Existe una tendencia ascendente de cantidad de estudiantes matriculados en universidades públicas, mientras de esta es descendente en universidades privadas. A pesar que no se tienen datos para el 2010, es de esperar que el número de matricular creció significativamente en universidades públicas, como resultados de las nuevas políticas del gobierno y de las universidades públicas: becas a estudiantes de provincias y descentralización académica. Entonces, existe una población estudiantil en crecimiento y probablemente ávida de seguir una carrera estratégica y con mucho futuro, como es el caso de la Biotecnología.

### a.1.3. Estudio sociocultural

Según el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia en su documento denominado “Programa país para Bolivia 2010-2015” (2010), el Gobierno actual ha transitado de un modelo de desarrollo neoliberal, a uno de economía mixta, donde el Estado viene asumiendo un mayor rol dentro la economía. Para ello, el Estado ha tomado control de la principal fuente de ingreso del país: los hidrocarburos, principalmente el gas natural, y está impulsando otros proyectos importantes para el desarrollo industrial en el campo de la metalurgia, construcción, alimentos y papel.

Los principales indicadores macroeconómicos muestran que la economía boliviana ha logrado un desempeño positivo. En el período 2006 – 2009 la tasa de crecimiento anual promedio del PIB fue de 4.8%, la inflación al final de este periodo de 0,3%, y el superávit fiscal de 2.5% respecto al PIB. La inversión privada extranjera el 2006 fue de US\$ 278 millones, alcanzando en el 2008 a US\$ 370 millones. Las exportaciones en el 2008 alcanzaron a US\$ 4,846 millones, logrando un saldo positivo en la balanza comercial de US\$ 1,223 millones. En el año 2009 la deuda pública externa se incrementó a US\$ 2,583 millones, después de una importante reducción en años anteriores. Estos indicadores muestran, en general, un buen desempeño de la economía boliviana, en un marco de estabilidad macroeconómica, tanto interna como externa que brinda mayor fortaleza al Estado Boliviano en su lucha contra la pobreza.

Alentado por la ONU, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia está realizando importantes esfuerzos para alcanzar los Objetivos del Milenio. Ha logrado ser declarado, con aval de la UNESCO, como tercer país de la región libre del analfabetismo. Asimismo, se han reducido las brechas de género en la educación primaria, los índices de mortalidad infantil y materna; y la cobertura de los servicios de saneamiento básico se ha extendido de manera importante hacia poblaciones del área rural.

También el país ha ingresado a un proceso de reconfiguración estatal. Se trata de la migración del un sistema centralista que se hereda de la época colonial, hacia un sistema desconcentrado en el marco de las autonomías regionales y municipales. Esto plantea una nueva visión sobre la administración del estado que debe configurarse en tres niveles, articulando adecuadamente sus competencias: a nivel nacional, a nivel departamental y a nivel municipal.

En el borrador de los estatutos autonómicos de Cochabamba, está estipulado que se destinará al menos el 2% de PIB regional para impulsar la ciencia y la tecnología en el departamento. También está previsto crear el Sistema Departamental de Ciencias, Tecnologías e Innovación, afín de fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación para mejorar el nivel de vida de los bolivianos, así como revalorizar y proteger los conocimientos tradicionales.

Contrariamente a lo que algunas tendencias conservadoras pregonan, la sociedad boliviana es muy abierta a las innovaciones tecnológicas. Organizaciones ecologistas dogmáticas han confundido a la población respecto al valor de las biotecnologías. La palabra biotecnología ha sido utilizada de manera errónea como sinónima de OGM. Si bien la creación de OGMs es parte de la biotecnología, pero no se reduce a esta. Las biotecnologías ofrecen muchas opciones más y sobre todo ofrecen grandes oportunidades de desarrollo a los países que invierten en ellas. Es así que países de diferente naturaleza, desde los más capitalistas como USA y países de Europa occidental, hasta países comunistas, como Cuba y China, están realizando grandes inversiones en Biotecnología. Con seguridad la sociedad Boliviana aceptará con mucho agrado que se desarrollen empresas biotecnológicas en Bolivia si se le explica de forma imparcial los beneficios y los riesgos de la biotecnología.



#### **a.1. 4. Estudio económico-productivo**

Se estima que el mercado mundial de la biotecnología alcance los 700 billones de dólares en el 2010. La biotecnología es altamente rentable, así lo demuestra el caso de la inversión realizada por el Gobierno de Irlanda, donde una la cantidad de 32 millones de euros invertidos durante los años de 2001 a 2005 ha supuesto un aumento en 125 millones de euros en su PIB. Igualmente en el caso de Escocia, donde una inversión inicial de 32 millones de euros se han convertido en 383 millones de euros.

Varios países de Latino América están invirtiendo en biotecnología. Tal es el caso de Cuba, que es uno de los países más desarrollados en biotecnología de la región. También México, Brasil, Costa Rica, Argentina y Chile realizan grandes inversiones en biotecnología.

La biotecnología agropecuaria ha demostrado tener amplio potencial para ayudar a mejorar la eficiencia de la agricultura, el crecimiento económico y las políticas dirigidas a combatir a la pobreza, tanto en América Latina como en el resto del mundo. Por ejemplo, la amplia y creciente difusión de biotecnologías que aplican métodos de transformación genética en América Latina y en el mundo, es una muestra visible de su potencial. Sin embargo, esta tecnología representa un cambio en el paradigma del proceso de innovación y transferencia del conocimiento lo cual puede tener consecuencias importantes para la región.

El volumen de recursos humanos y financieros destinados a una actividad de innovación es un indicador indirecto del interés de la región en la biotecnología, que también nos da una idea de la capacidad de innovación del país o región. Según este indicador, existen países con un sistema de investigación e innovación bastante avanzado, como Brasil, México y Argentina, que destinan cantidades relativamente significativas de recursos humanos y financieros a la investigación en general y a la biotecnología en particular. Hay dos países que sobresalen por tener niveles e intensidades de inversión bastantes elevados, considerando su economía y el tamaño del mercado potencial: Uruguay y Costa Rica. Esto se debe a políticas específicas de sus gobiernos, que consideran la ciencia y tecnología, y la agricultura, como componentes esenciales del desarrollo. Dicha situación contrasta con los bajos niveles de inversión en biotecnología agropecuaria y en los procesos de innovación en general, en el resto de América Central, Bolivia, Paraguay y la República Dominicana. Estos niveles bajos de inversión podrían ser consecuencia del contexto político, institucional y social en estos países, ya que algunos de ellos se han opuesto al uso e introducción de organismos genéticamente mejorados y de la tecnología en general.

La biotecnología tiene un potencial real de contribuir a solucionar problemas específicos de la agricultura latinoamericana que no han sido resueltos por métodos convencionales. Al mismo tiempo, tiene la capacidad de enfocarse en problemas específicos, cuya solución contribuirá al crecimiento económico y, por ende, a combatir la pobreza. Pese a los marcados contrastes en la capacidad de innovación biotecnológica y científica en general, existe actualmente mucha capacidad innovadora que necesitará ser canalizada, a medida que la agricultura y la pecuaria retomen el papel protagónico

en el proceso de desarrollo. La agricultura para el desarrollo sólo será posible si se fomenta la innovación y la transferencia de tecnologías útiles a los productores. Las condiciones económicas y productivas de la región, y por ende también de Bolivia, están dadas para el aprovechamiento de la biotecnología. Ya dependerá de cada país como utiliza la biotecnología para solucionar sus problemas concretos.

### a.1.5. Políticas de Desarrollo Económico y Social de la región

El plan de ciencia, tecnología e innovación de Bolivia inscrita dentro el plan nacional de desarrollo es el siguiente:

POLÍTICAS	ESTRATEGIAS
<p><b>Política 1:</b> Ciencia, tecnología e innovación en la integración nacional para el desarrollo productivo con soberanía e inclusión social.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contribuir a la matriz productiva a través de la creación del Sistema Boliviano de Innovación que fortalezca a los centros científicos para su vinculación con los sectores productivos. Crear un fondo que apoye la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica, el mismo que se constituirá en el Sistema Nacional de Financiamiento para el Desarrollo Productivo.</li> <li>2. Establecer bases para utilizar la ciencia y tecnología en la solución de los grandes problemas nacionales a través de la conformación y puesta en marcha de programas transectoriales y sectoriales de investigación.</li> <li>3. Conocer objetivamente la realizada nacional a través de la investigación para el desarrollo productivo.</li> </ol>
<p><b>Política 2:</b> Cultura Científica inclusiva para la construcción de una sociedad del conocimiento con características propias.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cultura Científico - Tecnológica inclusiva y equitativa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la generación de una cultura Científico</li> <li>• Tecnológica en todos los estratos de la población usando recursos comunicacionales.</li> <li>• Divulgar y popularizar el conocimiento científico y tecnológico a la población.</li> </ul> </li> </ol>
<p><b>Política 3:</b> Recuperación, protección y utilización de los saberes locales y conocimientos técnicos ancestrales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistematizar, registrar y proteger los conocimientos y saberes de pueblos indígenas y comunidades, para su incorporación en la estructura científica y en la nueva matriz productiva.</li> </ol>

Fuente: Vice ministerio de Ciencia y Tecnología de Bolivia (VCyT)

Según el VCyT de Bolivia, la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTI) son el instrumento fundamental para el Desarrollo y sus actividades son prioritarias para el Estado, en todos sus sectores de producción y servicios como el sector industrial, agropecuario, de desarrollo rural, de hidrocarburos, de minería, de educación, de salud, de economía, de cultura, de medio ambiente, de sabiduría ancestral, entre otros, motivo por el cual adquieren un carácter transversal en una Bolivia Digna, Soberana, Democrática y Productiva para Vivir Bien. Sin embargo, a lo largo del desarrollo histórico nacional, la alta dependencia científica tecnológica, acompañada de la falta de

---

políticas adecuadas y acciones concretas para la inserción de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en la vida nacional, además del escaso apoyo financiero a actividades de Investigación y Desarrollo, y el total desconocimiento de la existencia de capacidades y potencialidades en los centros científico-tecnológicos, así como los productivos, no permitieron el crecimiento económico y social. En este contexto, el país tiene muchas capacidades y potencialidades que desarrollar y el Estado asume ese rol, a través de la creación del Viceministerio de Ciencia y Tecnología que debe responder a la demanda de contar con un referente gubernamental, que se constituya en la cabeza del sector en Ciencia, Tecnología e Innovación.

La propuesta de cambio del VCyT es que la Ciencia, Tecnología e Innovación, contribuyan al nuevo patrón de desarrollo del Estado boliviano, a través de la generación y adaptación y recuperación de conocimientos y tecnología para su aplicación en los procesos productivos y de servicios, hacia el logro de mejores niveles de productividad. Por otro lado, esta propuesta de cambio tiende a asegurar la interacción entre el sector científico-tecnológico, el sector productivo, el sector financiero, los recursos de la cooperación internacional y el Estado, a través del Sistema Boliviano de Innovación (SBI), estructura, compuesta por los sectores indicados, los cuales se encuentran inmovilizados en sus interrelaciones, por lo tanto, la activación del sistema permitirá romper la dependencia científica- tecnológica, que por siglos ha contribuido a sustentar el colonialismo y el patrón primario exportador. También es prioridad fortalecer el sector científico-tecnológico nacional y desarrollar una cultura científica a través de la popularización y difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación, con el apoyo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) para lograr la apropiación social del conocimiento en el marco de la inclusión y la reciprocidad. Finalmente, promover la recuperación y valorización de la sabiduría ancestral, los saberes locales y los conocimientos tradicionales desarrollados a lo largo de milenios por los pueblos indígenas, originarios y comunidades, así como las culturas, en una plataforma conceptual y de actitud del Vivir Bien.

Las políticas y estrategias del Vice ministerio de Ciencia y Tecnología de Bolivia se resumen en los siguientes puntos:

i) Ciencia, tecnología e innovación en la integración nacional para el desarrollo productivo con soberanía e inclusión social

Para el desarrollo de esta política, se propone la estrategia contribuir a la matriz productiva a través de la activación del Sistema Boliviano de Innovación, que permita el fortalecimiento de los centros científicos, su vinculación con los sectores productivos y de servicios, el apoyo del Estado a la Investigación y Desarrollo y el acceso a los recursos financieros a través de la constitución del Fondo de Tecnología, como mecanismo financiero a cargo del Banco de Desarrollo Productivo, con alcance nacional a través de unidades técnicas instaladas en todos los departamentos.

Una segunda estrategia Establecer las bases para utilizar la ciencia y tecnología en la solución de los grandes problemas nacionales, a través de programas transectoriales y sectoriales de investigación.

---

Como parte de la tercera estrategia Conocer objetivamente la realidad nacional y sus recursos de flora y fauna, a través de la investigación para el desarrollo productivo propone crear el Instituto Boliviano de Investigación de la Biodiversidad para el Desarrollo (IBIBD), que formulará, evaluará y ejecutará proyectos integrales y sustentables de investigación y desarrollo para la conservación y aprovechamiento, con valor agregado, de los recursos de la biodiversidad, con la participación de las comunidades poseedoras de la sabiduría ancestral y los conocimientos tradicionales.

En esta política se desarrollarán los programas: Fortalecimiento institucional de los servicios para la producción, Alternativas productivas en el campo alimentario; Desarrollo de mecanismos para elaborar y efectuar proyectos con los sectores científicos y de investigación para: conocer la magnitud del potencial hidrológico boliviano; las causas de la Erosión y el desarrollo de tecnología para controlar la desertificación; Desarrollar tecnología textil; Incorporar tecnología en la producción de cueros; Desarrollar procedimientos tecnológicos para obtener nuevos insumos para la construcción a partir de componentes de los recursos naturales; Desarrollar estudios sociales y económicos e investigar; y Aplicar tecnologías para la producción más limpia.

ii) Cultura científica inclusiva para la construcción de una sociedad del conocimiento con características propias.

Se propone la estrategia Generación de una cultura científico-tecnológica en todos los estratos de la población por medio de la difusión y la popularización del conocimiento científico y tecnológico. Para tal fin se crea el Sistema Boliviano de Información Científica y Tecnológica que promueve el acceso e intercambio de conocimiento científico y su uso en función de las múltiples necesidades del desarrollo. El SIBICYT contemplará la articulación de la comunidad científica nacional y la popularización del conocimiento científico a la sociedad civil.

Entre los programas de esta política se encuentran el Plan Nacional de Inclusión Digital; Popularización de la ciencia y la tecnología; Centros de Formación Tecnológica; Movilización y formación de recursos humanos en investigación e innovación y; Ciencia, tecnología e innovación en la educación formal y no formal.

iii) Recuperación, protección y utilización de los saberes locales y conocimientos técnicos y ancestrales.

La estrategia que se aplicará en esta política será Sistematizar, registrar y proteger los conocimientos y saberes de pueblos indígenas y comunidades, para su incorporación en la estructura científica y en la nueva matriz productiva. El programa principal, que lleva el mismo nombre, pretende incorporar los objetivos indicados en la estructura científica y en la nueva matriz productiva, para alcanzar un desarrollo que combine los conocimientos científico-tecnológicos con la sabiduría ancestral.

Entre los programas a desarrollarse están: Sistematización, protección y registro de conocimientos y saberes de pueblos indígenas y comunidades, Reformulación de las normas sobre propiedad intelectual y el Programa Coca, en el cual se propondrán

estudios de investigación sobre las propiedades nutricionales y farmacológicas de la hoja de coca, frente a una futura industrialización de la misma. Asimismo, el Programa Coca contará con un fuerte componente de producción ecológica.

Un aspecto importante de estas políticas y estrategias se refiere a que es necesario romper la dependencia científica tecnológica. La única manera de romper esta dependencia es invirtiendo en la formación de talentos humanos en áreas estratégicas. La biotecnología en un área estratégica, por lo tanto se enmarca dentro las políticas de desarrollo económico y social de Bolivia.

## **a.2. Análisis epistemológico del Área de la Profesión y definición de las características epistemológico-disciplinares de la profesión**

### **a.2.1. Objeto de estudio**

La Biotecnología es el conjunto de tecnologías que tiene como objeto de estudio los seres vivos o partes de los seres vivos con el fin de obtener bienes y servicios. Como tal, la biotecnología ha sido utilizada por el hombre desde los comienzos de la historia en actividades tales como la preparación del pan y de bebidas alcohólicas o el mejoramiento de cultivos y de animales domésticos. Tradicionalmente la biotecnología tiene muchas aplicaciones. Un ejemplo sencillo es el compostaje, el cual aumenta la fertilidad del suelo permitiendo que microorganismos del suelo descompongan residuos orgánicos. Otras aplicaciones incluyen la producción y uso de vacunas para prevenir enfermedades humanas y animales. En la industria alimenticia, la producción de vino y de cerveza se encuentra entre los muchos usos prácticos de la biotecnología. Actualmente la biotecnología permite curar enfermedades hereditarias, modificar “in vitro” la información genética, producir tejidos humanos en vitro, etc.

### **a.2.2. Teorías y métodos**

La historia de la biotecnología puede dividirse en tres períodos.

*La biotecnología de primera generación* corresponde a la era anterior a Pasteur y sus comienzos se confunden con los de la humanidad. En esta época, la biotecnología se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales y sus cruas y a la fermentación como un proceso para preservar y enriquecer el contenido proteínico de los alimentos. Este período se extiende hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza como la aplicación artesanal de una experiencia resultante de la práctica diaria. Era tecnología sin ciencia subyacente en su acepción moderna.

*La biotecnología de segunda generación* comienza con la identificación, por Pasteur, de los microorganismos como causa de la fermentación y el siguiente descubrimiento por parte de Buchner de la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcares en alcohol. Estos desarrollos dieron un gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimenticia y al desarrollo industrial de productos como las levaduras, los ácidos cítricos y lácticos y, finalmente, al desarrollo de una industria química para la producción de acetona, "butanol" y glicerol, mediante el uso de bacterias.

La biotecnología de tercera generación se inicia con el descubrimiento de estructura del ácido "deoxi-ribonucleico" (ADN) por Watson y Crick en 1953, seguido por los procesos que permiten la inmovilización de las enzimas, los primeros experimentos de ingeniería genética realizados por Cohen y Boyer en 1973 y la utilización, en 1975, de la técnica del "hibridoma" para la producción de anticuerpos "monoclonales", gracias a los trabajos de Milstein y Kohler.

Es posible agrupar las biotecnologías de tercera generación de la siguiente manera:

- Cultivos de tejidos y células para la rápida micropropagación "*in vitro*" de plantas, la obtención de cultivos sanos, el mejoramiento genético por cruce amplia, la preservación e intercambio de "germoplasma", la "biosíntesis" de "metabolitos" secundarios de interés económico y la investigación básica.
- El uso de enzimas o fermentación microbiana, para la conservación de materia primas definidas como sustratos en determinados productos, la recuperación de estos productos, su separación de los caldos de fermentación y su purificación final.
- Tecnología del "hibridoma", que se refiere a la producción, a partir de "clones", de anticuerpos de acción muy específica que reciben el nombre de anticuerpos "monoclonales".
- Ingeniería de proteínas, que implica la modificación de la estructura de las proteínas para mejorar su funcionamiento o para la producción de proteínas totalmente nuevas.
- Ingeniería genética o tecnología del "ADN", que consiste en la introducción de un "ADN" híbrido, que contiene los genes de interés para determinados propósitos, para "capacitar" a ciertos organismos en la elaboración de productos específicos, ya sean estas enzimas, hormonas o cualquier otro tipo de proteína.
- Bioinformática, que se refiere a la utilización de la informática en procesos y análisis biológicos.

La biotecnología se nutre de diferentes disciplinas como la genética, la bioquímica, la fisiología, la química, la física, la virología, bioinformática y la microbiología entre otras. Esto hace que el biotecnólogo abarque una amplia gama de conceptos y técnicas asociados a estas disciplinas.

### **a.3. Análisis y definición de la práctica social de la profesión**

#### **a.3.1. Práctica social de la profesión**

Según Cruz y Soca (2004) entre las ciencias teóricas y técnicas existe una relación dialéctica donde la teoría busca el conocimiento de las leyes generales de la naturaleza a partir del estudio detallado de numerosos objetos y fenómenos, y la técnica trata de convertir esos conocimientos en instrumentos prácticos, vinculados de forma directa o

---

indirecta a la producción material. Ambas se influyen mutuamente en su desarrollo, la ciencia genera conocimientos necesarios para generar tecnología y los avances tecnológicos contribuyen al desarrollo de la ciencia teórica con la fabricación de instrumentos cada vez más perfectos, que se utilizan en la profundización del conocimiento de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento.

En este contexto emergen las biotecnologías, cuyos avances en los últimos 40 años han permitido la inserción de los conocimientos de la biología en la práctica social. Debe destacarse que el desarrollo no ha sido igual en los diferentes países, predominando en los más ricos y en grupo pequeño de empresas transnacionales. Cuba es un ejemplo de un país con recursos económicos limitados que, con una voluntad política de avanzada ha logrado notables éxitos en biotecnología, lo que la coloca a la altura de los países con más desarrollo en este campo.

Lógicamente la práctica social de la profesión depende del contexto económico-político. Actualmente es inadmisibles hablar de progreso social al margen del progreso científico-técnico y el progreso social es incomprensible fuera de los resultados alcanzados por las ciencias biológicas. Específicamente hablando de las ciencias biológicas, son muchas las direcciones a través de las cuales se hace posible el nexo entre estas y el progreso social. Las ciencias biológicas están vinculadas a los grandes problemas globales de la humanidad como el problema ecológico y la preservación del medio ambiente, el problema alimentario asociado a la producción agrícola mundial, el problema de la conservación del patrimonio genético y la lucha contra las enfermedades.

Desde principio de 1980, ha tenido lugar el surgimiento y desarrollo vertiginoso de una nueva corriente del conocimiento biológico aplicado, con impacto sobre la sociedad y el progreso social: las biotecnologías de tercera generación. Esta rama tecnológica tiene la peculiaridad de que su función social fundamental se pone de manifiesto en el proceso de producción material, en particular en el sector industrial desde donde se proyecta y materializa su vínculo con la sociedad.

Las raíces cognoscitivas de la biotecnología de tercera generación pueden ubicarse en 1869 cuando Miescher descubrió el ácido desoxirribonucleico (ADN), a los que se sumaron los experimentos de Avery y al crucial descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953. En 1973, los científicos de las universidades de Stanford y California, lanzaron al mundo una novísima y poderosa técnica para manipular el material genético, era el principio de una era donde los científicos han podido franquear las barreras de lo naturalmente establecido por las leyes de la evolución para renovarlo o cambiarlo a voluntad. Después surgió la posibilidad fascinante de trasladar este proceso de laboratorio a una fábrica o industria, con lo cual un procedimiento biológico se convierte en un proceso industrial, es decir, en biotecnología.

El espectro de aplicación de la biotecnología es amplio y sus perspectivas de desarrollo son incalculables. Los avances más significativos se observan en la esfera de la salud, con la producción de antibióticos, vitaminas, enzimas, hormonas, vacunas, interferones, productos de la sangre, anticuerpos monoclonales, entre otros. Es importante destacar que la terapéutica actual de muchas de las enfermedades que atacan al hombre, tales

---

como la hepatitis B, el cáncer y meningoencefalitis se basan en la biotecnología. En el futuro se podrá erradicar diversas enfermedades no curables en la actualidad, como las enfermedades moleculares, cuya incidencia e importancia para la salud se ha incrementado. Además en las esferas de las industrias agroalimentaria, agrícola, energética y química también encuentra su aplicación esta novedosa tecnología.

La utilización amplia de la biotecnología en las distintas esferas del proceso productivo-social, ha provocado una revolución en la industria y ha elevado los procesos biológicos a nivel de los procesos industriales, participando así esta ciencia de modo directo en el proceso productivo-social. Con esto, las funciones cognoscitivas de la biología se rebasan y se profundizan sus funciones íntimamente relacionadas con el progreso social, prevaleciendo la tesis de la conversión de la ciencia en una fuerza productiva directa y de su nexa con el progreso social.

La biotecnología es típicamente un conjunto de tecnologías de frontera. Las soluciones surgen de las áreas de contacto entre la medicina, la microbiología, la farmacología, la química, la electrónica entre otras. Avanza no sólo el que tenga más conocimiento, sino el que mejor los combina. Este fenómeno de recombinación del conocimiento es una regularidad de la ciencia actual y es consecuencia de la velocidad con que se acumulan los conocimientos.

El impacto social de la biotecnología no puede recibir igual tratamiento en países desarrollados y subdesarrollados. Uno de los rasgos esenciales del sistema científico-tecnológico internacional es la extrema polarización existente en torno al grado de su desarrollo. Por ejemplo, los países industrializados, donde vive menos del 20 % de la población mundial, invierten más del 80 % en investigación-desarrollo, publican la mayoría de los artículos científicos y generan más del 90 % de las patentes. El progreso de la biotecnología no escapa a tal regularidad. En cuanto las investigaciones fundamentales en la ingeniería genética, estas permitieron imaginar sus aplicaciones industriales, sus perspectivas dentro de los procesos productivos a escala social, comenzaron a surgir a partir de 1976, en los principales países capitalistas desarrollados toda una serie de firmas comerciales y compañías dispuesta a utilizar la tecnología de la ingeniería genética en procesos productivos. Por ejemplo, ya en 1982, el capital de las 5 principales compañías ascendía a unos 500 millones de dólares. El capital se infiltraba vertiginosamente en la vida científica de países como los Estados Unidos, Francia, Suiza, Japón y los científicos se convertían en grandes accionistas y en poseedores de fuertes sumas de dinero, hecho que se ha incrementado en los últimos tiempos.

Ante esta realidad es importante, para un país como Bolivia, aprovechar de biotecnología para solucionar problemas sociales. En esta perspectiva es necesario construir y reforzar un triángulo dado por: los recursos humanos, los recursos materiales y las formas de organización.

### **a.3.2. Funciones de la profesión**

El ingeniero en biotecnología es un profesional con una formación multidisciplinar equilibrada, capaz de vincular la química, la biología, la ingeniería y la gestión empresarial, y por tanto implica conocimientos de:



- Los sistemas biológicos
- Los procesos químicos
- La producción industrial
- Aspectos éticos y legales
- Nociones de gestión empresarial

El Ingeniero en biotecnología es un profesional que se encarga de diseñar, implementar y controlar procesos biotecnológicos que involucran organismos, microorganismos o sus partes para la obtención de bienes y servicios. Se dará énfasis de la aplicación de la biotecnología en el sector agropecuario, debido a su gran diversidad de subsectores productivos que se benefician con los productos y/o con el uso de técnicas biotecnológicas. En el sector alimentario la carrera contempla los procesos biológicos que se han utilizado en la transformación de productos biotecnológicos que se han venido utilizando para combatir la contaminación en el medio ambiente.

### **a.3.3. Demandas laborales regionales**

Sin lugar a duda, en la actualidad, la ingeniería en Biotecnología es una de las carreras con más salidas laborales. Los biotecnólogos pueden trabajar en:

1. Empresas que produzcan alimentos (desarrollando nuevos productos y/o mejorando fórmulas)
2. Empresas farmacéuticas (desarrollando nuevos fármacos)
3. Biorremediación (en el área ambiental, la investigación en biorremediación tiene mucha demanda)
4. En investigación (en cualquier área en donde éstas se utilicen biotecnología: agricultura, pecuaria, alimentación, salud, medio ambiente, etc.).
5. En todas aquellas industrias en donde se haga uso de microorganismos o sus constituyentes. Hay ejemplos sorprendentes de la biotecnología, como en la metalúrgica (hay algunas bacterias que sirven para recuperar ciertos metales) y en la ingeniería nuclear (se han desarrollado bacterias capaces de soportar altos niveles de radiación las cuales se pretenden utilizar para degradar compuestos radiactivos).
6. Mejoramiento de técnicas de cultivo (usando bacterias, insecticidas "naturales", etc.)

## **b) Perfil Profesional**

Al finalizar sus estudios en ingeniería en Biotecnología, el estudiante debe conocer las herramientas conceptuales, manuales y técnicas necesarias para mejorar procesos industriales y desarrollar nuevos procesos basándose en el conocimiento y mejora de las transformaciones que llevan a cabo los seres vivos. La tabla 1 muestra los objetivos educacionales y las competencias que tendrá el ingeniero en Biotecnología.

Objetivos educacionales	Competencias
Demostrar conocimientos y habilidades en los principios de las ciencias básicas y de la disciplina, que les habilite para desempeñarse en forma competente en el campo de la Biotecnología.	<p>Capacidad de aplicar conocimientos de biología, física, química y matemáticas a la concepción, diseño, implementación, operación, evaluación y control de sistemas, componentes o procesos.</p> <p>Capacidad para conducir experimentos, analizar e interpretar datos referidos a una o más áreas de la Biotecnología: procesos de fermentación, procesos de biorremediación, etc.</p>
Demostrar habilidades para participar en proyectos de innovación y desarrollo tecnológico de la Biotecnología, diseñando y ejecutando experimentos, incluyendo el análisis de resultados aplicando principios fundamentales de la disciplina.	<p>Capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos y abiertos de Biotecnología, cumpliendo con las especificaciones técnicas y legales demandadas por el contexto y considerando restricciones económicas, ambientales, sociales y éticas.</p> <p>Dominio de técnicas y herramientas modernas necesarias para el ejercicio de su profesión, mostrando capacidad de analizar y entender las relaciones entre la tecnología y las organizaciones, aplicando las metodologías de la disciplina para lograr una mejor gestión de ambas; modelar y simular, calcular y diseñar soluciones a problemas de la Biotecnología.</p>
Demostrar la capacidad de evaluar técnica y económicamente el diseño, control y operación de componentes y sistemas productivos donde ocurren procesos biológicos, físicos y químicos, considerando el impacto de las condiciones sociales, ambientales y de seguridad en todas las etapas del diseño.	<p>Capacidad de reconocer e incorporar las demandas del contexto en la concepción, diseño, implementación, operación y control de componentes, sistemas y procesos biotecnológicos.</p> <p>Capacidad para emprender e innovar en los diferentes ámbitos de la vida profesional y de adaptación a los requerimientos del mercado.</p> <p>Capacidad para reconocer la importancia de un comportamiento ético en la vida profesional, demostrando honestidad, integridad, responsabilidad hacia la sociedad y el medio ambiente, y capacidad de reconocer sus propias potencialidades y limitaciones.</p>
Demostrar habilidades para comunicarse de manera efectiva y flexible en contextos diversos, así como habilidades para participar de equipos multidisciplinarios y multiculturales.	<p>Capacidad para comunicarse en forma efectiva en diversos contextos, tanto en forma oral como escrita, y en castellano e inglés.</p> <p>Capacidad de trabajar colaborativamente en equipos, incluyendo equipos multidisciplinarios, mostrando capacidad de liderazgo y desenvolviéndose en diferentes contextos, tanto científico y tecnológico, como social y empresarial.</p> <p>Conocimiento de temas contemporáneos y una actitud de valoración y respeto hacia otras culturas.</p>
Demostrar una apreciación por la educación continua y la preparación para seguir perfeccionándose en campos relacionados con la Biotecnología aplicada.	Capacidad de auto-aprendizaje e interés por mantenerse permanente al día en nuevas tecnologías y continuar su desarrollo profesional y académico a través de estudios de postgrado y diplomados en áreas de la Biotecnología.

Tabla 1. Objetivos educacionales y competencias del ingeniero en biotecnología

Además de las competencias generales, detalladas en la tabla 1, el ingeniero en Biotecnología tendrá las siguientes competencias específicas:

- Saber buscar y obtener la información de las principales bases de datos biológicos: genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos, datos bibliográficos, etc., y usar las herramientas bioinformáticas básicas.

- Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.
- Saber hacer cálculos básicos sobre los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.
- Saber ejecutar los protocolos de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.
- Conocer las estrategias de producción y mejora de productos por métodos biotecnológicos.
- Conocer las aplicaciones de los microorganismos y las plantas en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.
- Tener un conocimiento básico del proceso de I+D+i.
- Saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes.
- Conocer y saber aplicar los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos.
- Conocer los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas.
- Comprender los principios de la manipulación de los ácidos nucleicos, con especial énfasis en sus aplicaciones biotecnológicas.

## c) Estructura Curricular

### c.1. Definición de contenidos de aprendizaje

Entre las prioridades educativas actuales que se han identifican para los países en vías de desarrollo, la biotecnología esta en primera fila. Por lo tanto, es necesario elaborar y poner en marcha programas universitarios en Biotecnología. Bajo estos antecedentes, es posible preguntarse ¿cuáles son las características que debería tener un modelo didáctico para que promueva el aprendizaje de los contenidos técnicos y científicos asociados a la biotecnología? ¿Qué elementos generan dificultades en el aprendizaje de estas aplicaciones tecnológicas?

El problema de cómo diseñar las actividades de aprendizaje reside en crear las situaciones de aprendizaje adecuadas para que los esquemas de conocimiento, que construye el alumno, evolucionen en un sentido determinado. En este programa, dichas situaciones serán desarrolladas atendiendo a los diversos tipos de contenidos. Es decir, según se trate de datos, conceptos, habilidades, destrezas, o actitudes, se considerarán las siguientes situaciones de aprendizaje. Se seguirá los siguientes principios conceptuales para logran este objetivo (Formación OnLine, 1995).

#### c.1.1. Aprendizaje de contenidos conceptuales

Se refiere tanto al aprendizaje de contenidos factuales (básicamente datos), como a los contenidos propiamente conceptuales (ideas, conceptos) que los estudiantes deben alcanzar en una etapa determinada de su formación.

##### *Contenidos factuales*

Son hechos, acontecimientos, situaciones, datos y fenómenos concretos. Se refiere a información del tipo: la edad, una fecha, un nombre, la altura de una planta, códigos, axiomas, etc. Información que se debe saber porque asociada a otro tipo de contenidos, más complejos, permitirán comprender los problemas de la vida cotidiana y profesional.

¿Cómo se aprenden los hechos? Primero se determinará la naturaleza de los hechos, hay hechos que no reconocen interpretación, se sabe o no un nombre, un símbolo o una valencia determinada. En estos casos su aprendizaje se verifica con la reproducción literal del mismo. Por otra parte están otros hechos que permiten una reproducción diversa, como un relato, la descripción de un suceso, etc. En este caso, el aprendizaje supone la incorporación de todos los componentes del hecho, e implican un recuerdo con la mayor fidelidad (y no textualidad) posible. Aprender hechos supone en síntesis, repetición, memorización, las que a su vez requieren de estrategias que permitan una asociación significativa entre ellos y otros conceptos o situaciones. Para ello, se fomentará el uso de listas o agrupaciones significativas, cuadros, o representaciones gráficas, visuales, o asociaciones con otros conceptos fuertemente asimilados.

### *Conceptos y principios*

Los conceptos aluden a un conjunto de hechos, objetos o símbolos que tienen características comunes (mamífero, ciudad, potencia, concierto); y los principios, a los cambios en los hechos, objetos o situaciones en relación con otros (leyes de termodinámica, principio de Arquímedes, el tercio excluido, etc.). En ambos casos su aprendizaje requiere comprender de qué se trata, qué significa. Por tanto no basta su aprendizaje literal, es necesario que el estudiante o aprendiz sepa utilizarlo para interpretar, comprender o exponer un fenómeno. Por ello, aprender conceptos y principios implica toda una reforma de las estructuras mentales. Implica una construcción personal, una reestructuración de conocimientos previos, con el fin de construir nuevas estructuras conceptuales que permitan integrar tanto estos conocimientos como los anteriores, a través de procesos de reflexión y toma de conciencia conceptual.

Para que el alumno aprenda este tipo de contenido se promoverá:

- Relacionarlo con los conocimientos previos, con experiencias cercanas, "conocidas" por los sujetos.
- Asegurar la relación entre los conceptos involucrados.
- Realizar actividades que otorguen significatividad y funcionalidad a los nuevos conceptos y principios que presenten retos ajustados a las posibilidades reales (experiencias de laboratorio).

### **C.1.2. Aprendizaje de contenidos procedimentales**

Un contenido procedimental - que incluye entre otras cosas las reglas, las técnicas, los métodos, las destrezas o habilidades, las estrategias, los procedimientos- es un conjunto de acciones ordenadas y finalizadas, es decir dirigidas a la consecución de un objetivo. El aprendizaje procedimental se refiere a la adquisición y/o mejora de habilidades, a través de la ejercitación reflexiva en diversas técnicas, destrezas y/o estrategias para hacer cosas concretas. Se trata de determinadas formas de actuar cuya principal característica es que se realizan de forma ordenada: " Implican secuencias de habilidades o destrezas más complejas y encadenadas que un simple hábito de conducta". Los principales tipos de contenidos procedimentales son las técnicas y estrategias

---

## *Técnicas*

Las técnicas son "encadenamientos de acciones complejas que requieren un cierto entrenamiento explícito, basado en un aprendizaje asociativo, por repetición, que debe concluir en una automatización de la cadena de acciones, con el fin que la ejecución sea más rápida y certera, al tiempo que menos costosa en recursos cognitivos. Las técnicas son muy eficaces cuando nos enfrentamos a ejercicios, tareas rutinarias, siempre iguales a sí mismas, pero cuando la situación varía en algún elemento importante, no basta con dominar la técnica, hay que saber también modificarla sobre la marcha para adecuarla a las nuevas condiciones".

## *Estrategias*

El aprendizaje de estrategias permite planificar, tomar decisiones y controlar la aplicación de las técnicas para adaptarlas a las necesidades específicas de cada tarea. Las estrategias no se adquieren por procesos asociativos es decir, procesos en los que se desarrolla la repetición, sino por procesos de reestructuración de la propia práctica, producto de una reflexión y toma de conciencia sobre lo que hacemos y cómo lo hacemos. En palabras de Pozo: "Aprendemos estrategias a medida que intentamos comprender o conocer nuestras propias técnicas y sus limitaciones y ello requiere que hayamos aprendido a tomar conciencia y reflexionar sobre nuestra propia actividad y cómo hacerla más efectiva". A diferencia de las técnicas, no es posible adquirir las estrategias por entrenamiento, porque su uso supone la aplicación organizada y controlada de técnicas y recursos disponibles.

¿Qué condiciones son fundamentales para el aprendizaje de contenidos procedimentales?

- La realización de las acciones que conforman los procedimientos es una condición fundamental para el aprendizaje: se aprende a hablar, hablando; a dibujar, dibujando; a observar, observando.
- La ejercitación múltiple es necesaria para el aprendizaje de una técnica, no basta con realizar alguna vez las acciones del contenido procedimental, hay que realizar tantas veces como sea necesario las diferentes acciones o pasos de dichos contenidos de aprendizaje.
- La reflexión sobre la misma actividad es un elemento imprescindible que permite tomar conciencia de la actuación. No basta con repetir el ejercicio habrá que ser capaz de reflexionar sobre la manera de realizarlo y sobre las condiciones ideales de su uso. Esto implica realizar ejercitaciones, pero con el mejor soporte reflexivo que nos permita analizar nuestros actos, y por consiguiente, mejorarlos. Para ello hace falta tener un conocimiento significativo de contenidos conceptuales asociados al contenido procedimental que se ejercita o se aplica. Así por ejemplo, yo puedo revisar una composición a partir de un conjunto de reglas morfosintácticas que me permitirán establecer errores y hacer modificaciones posteriores.
- La aplicación en contextos diferenciados se basa en el hecho de que aquello que hemos aprendido será más útil en la medida en que podamos utilizarlo en situaciones siempre imprevisibles. Las ejercitaciones han de realizarse en

contextos diferentes para que los aprendizajes puedan ser utilizados en cualquier ocasión.

- La secuencia de los contenidos procedimentales
- Para organizar una adecuada secuencia de contenidos procedimentales conviene asegurar primero el dominio de aquellos procedimientos considerados como básicos, es decir, que respondan a necesidades urgentes a satisfacer, como por ejemplo la manipulación correcta de los objetos utilizados en el laboratorio.
- Asegurar también el aprendizaje de aquellos procedimientos que resulten más potentes que otros de cara a la solución de tareas, o como requisito para otros aprendizajes. Por ejemplo la descripción es previa a la interpretación y a la explicación.
- Atender primero aquellos procedimientos que son más simples, basándose en el grado de conocimiento y práctica de los alumnos, teniendo en cuenta que pueden lograrse niveles distintos de complejidad en el aprendizaje de contenidos procedimentales y en este sentido, el profesor deberá ser consciente del nivel de profundidad al que quiere llegar con sus alumnos. Si lo que se busca es que el alumno domine una técnica bastará con repetirla varias veces hasta que su empleo se vuelva casi inconsciente. De otro lado, si lo que se pretende es que el alumno aprenda una estrategia y no sólo domine una técnica, además de la repetición de las acciones a realizar, resultará fundamental acompañar esta repetición con una constante reflexión y evaluación de las acciones con el fin de mejorar su empleo y posteriormente transferirlo a situaciones más complejas. En este sentido podríamos establecer distintos niveles en el aprendizaje de procedimientos según se trate del aprendizaje de técnicas o estrategias: se aplican a situaciones iguales, se aplican a situaciones diferentes, se hace un uso estratégico de ellos, se recrean procedimientos alternativos, se recrean procedimientos alternativos y además se justifica su pertinencia.
- Atender a la globalidad de la tarea educativa. Por ejemplo priorizar aquellos procedimientos relacionados con la satisfacción de la vida profesional y social, o aquellos relacionados con la adquisición de estrategias personales de trabajo, etc.

### **c.1.3. Aprendizaje de contenidos actitudinales**

Las actitudes se podrían definir como: "tendencias o disposiciones adquiridas y relativamente duraderas a evaluar de un modo determinado un objeto, persona, suceso o situación y a actuar en consonancia con dicha evaluación". Son disposiciones afectivas y racionales que se manifiestan en los comportamientos, por ello, tienen un componente conductual (forma determinada de comportarse) rasgos afectivos y una dimensión cognitiva no necesariamente consciente. En este sentido, señala Pozo que "la consistencia de una actitud depende en buena medida de la congruencia entre distintos componentes. Una actitud será más firme y consistente, y con ello más estable y transferible, cuando lo que hacemos es congruente con lo que nos gusta y lo que creemos." Las actitudes se adquieren en la experiencia y en la socialización y son relativamente duraderas.

Se ha comprobado que un mensaje es lo suficientemente persuasivo para modificar una actitud existente, cuando se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- La fuente emisora: debiera tratarse de una persona o de un medio con el que el aprendiz se identifique.
- El mensaje emitido: el mensaje debe ser comprensible, utilizando un lenguaje y un contexto adecuado para el aprendiz.
- Se debe adoptar una adecuada estructura argumental y, dependiendo de la complejidad del propio mensaje, debe ser reiterativo o no; así como incluir conclusiones o dejar que el propio aprendiz las extraiga por sí mismo.
- Finalmente también influyen algunos rasgos del receptor: su grado de acuerdo con el mensaje recibido, su autoestima en ese dominio, o su experiencia previa en el mismo.
- Aprendizaje actitudinal por modelado

Uno de los procesos más relevantes para el aprendizaje de actitudes es el modelado. Los aprendices tienden a adoptar en su aprendizaje actitudes congruentes con los modelos que han recibido. En este sentido, destaca Pozo: "no reproducimos cualquier modelo que observamos, sino con mayor probabilidad aquellos con los que nos identificamos, con los que creemos o queremos compartir una identidad común.

## **c.2. Definición del currículo**

Si bien el presente programa está destinado a formar Ingenieros en Biotecnología, esto no excluye la posibilidad de adaptar salidas laterales de técnico superior en agroindustrias. Sin embargo esta situación debe ser cuidadosamente analizada afín de mantener el nivel académico que requiere este tipo de formación.

Se fomentará la creación de programas de Posgrado asociados al presente programa. De hecho, una de estas maestrías ya está en funcionamiento, se trata de la maestría en "Conservación y manejo de recursos fitogenéticos y biotecnología vegetal aplicada". También se promoverá la implementación de la maestría en biotecnología agroindustrial y la maestría en biotecnología medio ambiental.

En la definición de estas maestrías y su complementación con el programa de ingeniería en Biotecnología, serán un factor determinante las necesidades sociales y se utilizará las TICs como medio de interacción.

## **c.3. Presentación de la Malla Curricular**

El cuadro 2 muestra la malla curricular que configuran las asignaturas del Programa de Ingeniería en Biotecnología y sus relaciones horizontales por semestre. Como se puede ver, esta malla curricular está dividida en tres ciclos: ciclo básico común, disciplinar y profesional. En el ciclo básico, el 90% de las materias son compartidas con otras carreras y abarca 1 año. En este ciclo se pretender abarcar ciencias y disciplinas fundamentales para la comprensión de conceptos y métodos utilizados en la biotecnología.

Posteriormente se encuentra el ciclo disciplinar, en el que el 60% de materias son compartidas con otras carreras. Este ciclo abarca 3 semestres. Finalmente está el ciclo profesional donde solamente se comparte un 30% de las materias con otras carreras.

SEM-I	SEM-II	SEM-III	SEM-IV	SEM-V	SEM-VI	SEM-VII	SEM-VIII	Modalidades de titulación
Química general e inorgánica	Química analítica	Biometría y estadística	Industria de aceites y grasas	Tecnología de la leche	Ingeniería de proteínas	Ingeniería de la fermentación y biocombustibles	Desarrollo de productos y patentes	
Biología celular	Biología molecular	Microbiología	Industria de harinas y cereales	Biotecnología vegetal	Ingeniería de biorreactores	Bioseparaciones	Diseño de plantas biotecnológicas	
Calculo I	Operaciones básicas de la industria	Química orgánica	Química de alimentos	Biotecnología microbiana	Bioética y bioseguridad	Biotecnología ambiental	Taller de tesis	
Física general	Fisiología animal	Bioquímica agrícola	Tecnología de la carne	Termodinámica	Control de calidad	Genómica, transcryptómica y proteómica	Diseños experimentales	
Introducción a la ingeniería en biotecnología	Calculo II	Industrias de bebidas	Enzimología	Industrias de frutas y hortalizas	Biotecnología agroindustrial	Contabilidad y costos	Administración de empresas	
Morfología y anatomía vegetal	Fisiología vegetal	Físico química	Ingeniería genética	Bioinformática	Biotecnología animal		Planificación y proyectos	
Ciclo básico común		Ciclo disciplinar			Ciclo profesional			

Cuadro 2. Malla curricular del programa de Ingeniería en Biotecnología y sus relaciones horizontales por semestre

#### c.4. El Plan de Estudios

El cuadro 3 muestra el plan de estudios semestral de las materias del programa de Ingeniería en Biotecnología. En este plan se detallan los Pre-requisitos y la carga horaria

N	Materias	Código SISS	Pre-requisito	Teoría	Práctica	Total
<b>OBLIGATORIAS</b>						
<b>PRIMER SEMESTRE</b>						
1	Química general e inorgánica	A designar	Preuniversitario	60	60	120
2	Biología celular	A designar	Preuniversitario	60	60	120
3	Calculo I	A designar	Preuniversitario	60	60	120
4	Física general	A designar	Preuniversitario	60	60	120
5	Introducción a la ingeniería en biotecnología	A designar	Preuniversitario	60	60	120
6	Morfología y anatomía vegetal	A designar	Preuniversitario	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>						
7	Química analítica	A designar	Nº 1	60	60	120
8	Biología molecular	A designar	Nº 2	60	60	120
9	Operaciones básicas de la industria	A designar	Nº 4 y 5	60	60	120
10	Fisiología animal	A designar	Nº 2	60	60	120



11	Calculo II	A designar	Nº 3 y 4	60	60	120
12	Fisiología vegetal	A designar	Nº 6	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>TERCER SEMESTRE</b>						
13	Biometría y estadística	A designar	Nº 11	60	60	120
14	Microbiología	A designar	Nº 8	60	60	120
15	Química orgánica	A designar	Nº 7	60	60	120
16	Bioquímica agrícola	A designar	Nº 10 y 12	60	60	120
17	Industrias de bebidas	A designar	Nº 9	60	60	120
18	Físico química	A designar	Nº 7 y 11	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>CUARTO SEMESTRE</b>						
19	Industria de aceites y grasas	A designar	Nº 18	60	60	120
20	Industria de harinas y cereales	A designar	Nº 18	60	60	120
21	Química de alimentos	A designar	Nº 15	60	60	120
22	Tecnología de la carne	A designar	Nº 15 y 18	60	60	120
23	Enzimología	A designar	Nº 14 y 15	60	60	120
24	Ingeniería genética	A designar	Nº 14 y 16	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>QUINTO SEMESTRE</b>						
25	Tecnología de la leche	A designar	Nº 23 y 21	60	60	120
26	Biotecnología vegetal	A designar	Nº 24	60	60	120
27	Biotecnología microbiana	A designar	Nº 23 y 24	60	60	120
28	Termodinámica	A designar	Nº 18	60	60	120
29	Industrias de frutas y hortalizas	A designar	Nº 21	60	60	120
30	Bioinformática	A designar	Nº 13	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>SEXTO SEMESTRE</b>						
31	Ingeniería de proteínas	A designar	Nº 30	60	60	120
32	Ingeniería de biorreactores	A designar	Nº 28	60	60	120
33	Bioética y bioseguridad	A designar	Nº 24 y 30	60	60	120
34	Control de calidad	A designar	Nº 29	60	60	120
35	Biotecnología agroindustrial	A designar	Nº 25 y 26	60	60	120
36	Biotecnología animal	A designar	Nº 27 a 30	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>SEPTIMO SEMESTRE</b>						
37	Ingeniería de la fermentación y biocombustibles	A designar	Nº 32 y 35	60	60	120
38	Bioseparaciones	A designar	Nº 31	60	60	120
39	Biotecnología ambiental	A designar	Nº 31 y 33	60	60	120
40	Genómica, transcryptómica y proteómica	A designar	Nº 31	60	60	120

41	Contabilidad y costos	A designar	Nº 34	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>600</b>
<b>OCTAVO SEMESTRE</b>						
42	Desarrollo de productos y patentes	A designar	Nº 37 y 41	60	60	120
43	Diseño de plantas biotecnológicas	A designar	Nº 37 y 38	60	60	120
44	Taller de tesis	A designar	Nº 37 a 41	60	60	120
45	Diseños experimentales	A designar	Nº 37, 38 y 39	60	60	120
46	Administración de empresas	A designar	Nº 41	60	60	120
47	Planificación y proyectos	A designar	Nº 37 a 41	60	60	120
<b>Total carga</b>						<b>720</b>
<b>ELECTIVAS</b>						
50	Electiva 1	A designar	Nº 31 a 36	40	40	80
50	Electiva 2	A designar	Nº 31 a 36	40	40	80
50	Electiva 3	A designar	Nº 31 a 36	40	40	80
51	Electiva 4	A designar	Nº 31 a 36	40	40	80
52	Electiva 5	A designar	Nº 31 a 36	40	40	80
<b>Total carga</b>						<b>400</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>6040</b>

Cuadro 3. Carga horaria semestral de las materias del Programa de Ingeniería en Biotecnología

### c.5. Ejes Transversales

El programa responde a la necesidad estratégica del país de utilizar herramientas biotecnológicas para agregar valor a sus recursos naturales, rompiendo de esta manera la dependencia científica tecnológica. Por otra parte, el programa lógicamente respeta los principios democráticos, de equidad de género, la interculturalidad, la formación ética y los valores, la formación ciudadana y el ejercicio de derechos estipulados en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. En la materia de Bioseguridad y Bioética se hará énfasis en estos principios.

## d) Modelo Pedagógico – Didáctico

### d.1. Definición de las opciones pedagógico didácticas

Según Occelli y Valeiras (sin fecha) actualmente está siendo muy discutida la necesidad de abordar alternativas de enseñanza que superen las dificultades presentadas en el modelo de transmisión de contenidos. Particularmente en la enseñanza de carreras técnico-científicas, como la biotecnología, se pretende diseñar metodologías que permitan una enseñanza contextualizada, construyendo y reconstruyendo conceptos en los estudiantes de manera análoga a como los científicos lo han hecho a través de sus investigaciones para la ciencia; además que se genere una actitud favorable hacia el aprendizaje de las ciencias y, como lo manifiestan Gil y Valdés (1996), se formen profesionales con una actitud crítica ante los adelantos de la ciencia y la tecnología, que participen activamente en la toma de decisiones y respondan a la actual sociedad del conocimiento.

El modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación propuesto por Gil (1983,1987, 1991, 1993, 1994); Gil y Martínez (1988, 1999) pretende facilitar un cambio conceptual, metodológico y actitudinal en los estudiantes –investigadores nóveles- a través de un acercamiento a la actividad científica, a partir de la cualificación de un problema, hipótesis y diseño experimental. Igualmente que se socialicen los resultados, se formulen nuevas preguntas y se elaboren memorias entre otras cosas, como lo hacen los científicos. Con estas actividades se pretende favorecer la resolución de un problema, evitando análisis causales lineales, experimentación a manera de recetario, reduccionismo y determinismo, lo cual iría en contra de la naturaleza de las ciencias.

Cabe destacar, que la metodología de enseñanza/aprendizaje como investigación ha sido empleada preferencialmente en el área de la química y la física (Gil y Valdés 1996; Gil et al. 1988) pero se ha aplicado muy poco a la biología y no se conocen reportes en el campo de la biotecnología. En Colombia, se ha experimentado exitosamente con esta estrategia en la enseñanza de la biotecnología. Los resultados de ese trabajo muestran que la metodología de enseñanza como investigación a través del abordaje de problemas biotecnológicos favorece el aprendizaje de conceptos y se convierte en una alternativa para generar en el estudiante actitudes favorables hacia la ciencia y su aprendizaje, no obstante, las limitaciones resultantes de la complejidad de los procesos biológicos implícitos en la resolución de este tipo de problemas.

En este mismo sentido, los estudiantes logran explicar el mundo de una manera más holística, estableciendo muchas más relaciones entre los fenómenos, igualmente se favorece la utilización de variadas metodologías para abordar problemas contextualizados, que les hace pensar que la solución dada por los científicos siempre conduce a más cuestionamientos y no genera respuestas acabadas.

La metodología de enseñanza/aprendizaje como investigación será aplicada en este programa como eje central de la formación. Esta metodología estará apoyada por la incorporación de estrategias metacognitivas afín de:

- Dirigir la atención hacia información clave.
- Estimular la codificación, vinculando la información nueva con la que ya estaba en la memoria.
- Ayudar a construir esquemas mentales que organizan y explican la información que se está procesando
- Favorecer la vinculación de informaciones provenientes de distintas áreas o disciplinas.
- Permitir conocer las acciones y situaciones que facilitan el aprendizaje para que se pueda repetir esas acciones o crear las condiciones y situaciones óptimas para aprender de acuerdo al individuo.

Se fomentará el uso de mapas mentales y conceptuales como técnicas metacognitivas que permitan aprender a aprender.

También se utilizará en aprendizaje autoregulado con el objetivo de actualizar destrezas, adquirir nuevo conocimiento y resolver nuevos problemas a lo largo de la formación y

---

de la práctica profesional. Esto es lo que se espera precisamente de los egresados en su vida profesional, quienes deben continuamente adquirir nuevas capacidades para resolver problemas complejos a través de métodos y conceptos adquiridos durante su formación, y permanentemente actualizados durante su práctica profesional.

En la actualidad los sistemas educativos de todo el mundo se enfrentan al desafío de utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para proveer a sus alumnos herramientas y conocimientos necesarios que se requieren en este siglo. Ya en 1998, el Informe Mundial sobre la Educación de la UNESCO (Los docentes y la enseñanza en un mundo en mutación), describió el impacto de las TIC en los métodos convencionales de enseñanza y de aprendizaje, augurando también la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje y la forma en que docentes y alumnos acceden al conocimiento y la información.

Sin embargo, el diseño e implementación de programas de capacitación docente que utilicen las TIC efectivamente son un elemento clave para lograr reformas educativas profundas y de amplio alcance. Para que se puedan explotar los beneficios de las TIC en el proceso de aprendizaje, es esencial que tanto los futuros docentes como los docentes en actividad sepan utilizar estas herramientas. Además es necesario equipar los espacios educativos con aparatos y auxiliares tecnológicos, como son televisores, videograbadoras, computadoras y conexión a la red.

Es importante destacar que el uso de las TIC favorecen el trabajo colaborativo con los iguales, el trabajo en grupo, no solamente por el hecho de tener que compartir ordenador con un compañero o compañera, sino por la necesidad de contar con los demás en la consecución exitosa de las tareas encomendadas por el profesor. La experiencia demuestra día a día que los medios informáticos de que se dispone en las aulas favorecen actitudes como ayudar a los compañeros, intercambiar información relevante encontrada en Internet, resolver problemas a los que los tienen. Estimula a los componentes de los grupos a intercambiar ideas, a discutir y decidir en común, a razonar el por qué de tal opinión.

Bajo estos antecedentes, este programa pretende explotar al máximo los TICs como métodos de enseñanza. Para esto se pondrá a disposición de los profesores computadoras y proyectoras. También se instalará un sistema WiFi de acceso a internet. Se recurrirá a la cooperación internacional para proporcionar a los estudiantes computadoras a bajo costo.

## **d.2. Plan Global y metodologías de enseñanza**

### **d.2.1. Plan global**

A continuación se presentan cada una de los módulos del Programa, incluyendo los objetivos y contenidos mínimos.

---

**Primer semestre****Química general e inorgánica***Objetivo*

Proporcionar al estudiante conocimientos básicos de química para su aplicación en el agro, en los procesos tecnológicos y productivos.

*Contenidos mínimos*

Introducción. Leyes fundamentales volumétricas y gravimétricas. Gases. Cálculos Químicos. Cambios térmicos. Soluciones. Equilibrio Químico

**Biología celular***Objetivo*

Al finalizar esta materia el estudiante conocerá las funciones de las estructuras celulares y de las bases genéticas que la sustentan. También el estudiante podrá aplicar los conocimientos derivados de la biología celular y molecular en la interpretación de las funciones orgánicas normales alteradas.

*Contenido mínimo*

Introducción a la biología celular y molecular. Métodos de estudio de las estructuras composición y función de orgánoides. La membrana celular. Citoesqueleto y motilidad celular. Sistemas de endomembranas. Mitocondrias. El núcleo celular. División celular. Meiosis y Mitosis. Procesamiento de la información genética y comunicación intercelular.

**Calculo I***Objetivo*

Impartir a los alumnos conocimientos, técnicas y habilidades que le permitan definir, interpretar y aplicar sus conocimientos adquiridos en la solución de ejercicios y problemas, que se puedan relacionar con conceptos de geometría analítica en el plano, derivadas de funciones de una variable y otros.

*Contenidos mínimos*

Introducción al Cálculo I. Geometría Analítica. Límites y Continuidad. Derivación. Aplicaciones de la Derivada

**Física General***Objetivo*

Proporcionar al estudiante conocimientos significativos de las leyes de la física, motivando el desarrollo de habilidades y destrezas como base para el desarrollo de las materias de la especialidad.

### *Contenido mínimo*

Introducción, Mediciones en la Física. Algebra Vectorial. Fuerzas, Estática. Cinemática. Dinámica. Conservación del momentum. Trabajo y energía. Conservación de la Energía. Dinámica del cuerpo rígido. Mecánica de los fluidos, Hidrostática. Dinámica de los fluidos, Hidrodinámica. Temperatura. Calor y Primera ley de la Termodinámica. Máquinas térmicas y la segunda ley de la termodinámica

## Introducción a la ingeniería en biotecnología

### *Objetivo*

Al finalizar esta materia, el estudiante conocerá los fundamentos de la biotecnología y sus aplicaciones en distintas áreas de interés social

### *Contenido mínimo*

Fundamentos de la biotecnología. Ingeniería genética y biotecnología. La biotecnología aplicada al campo de la medicina. Diagnóstico y predicción de enfermedades. Importancia de la biotecnología en la industria farmacológica. Obtención de medicamentos y vacunas por ingeniería genética. Biorremediación. Biotecnología en el agro: plantas y animales transgénicos. Biotecnología en la industria alimenticia. Biotecnología: política, ética y legislación. Biotecnología en Bolivia.

## Morfología y anatomía vegetal

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes oportunidades para que adquieran los conocimientos, destrezas, habilidades y actitudes en el campo de estudio de la morfología y anatomía vegetal.

### *Contenido mínimo*

Introducción y Citología Vegetal. Pared Celular. Vacuola. Protoplasto. Orgánulos Citoplasmáticos. Plastidios. Núcleo. Mitosis. Tejidos meristemáticos. Tejidos adultos o definitivos. Tejidos mecánicos. Tejidos vasculares. Tejidos absorbentes. Superficiales o de protección. Secreción o excreción. Organografía de la raíz. Organografía del tallo. Organografía de la hoja. Organografía de la flor. Organografía de la inflorescencia. Organografía del fruto y la semilla

## Segundo semestre

### Química analítica

### *Objetivo*

Al finalizar esta materia, el estudiante conocerá los fundamentos de la química analítica, sus conceptos, métodos y sus aplicaciones.

### *Contenido mínimo*

La Química Analítica. Métodos analíticos y generales. Toma y preparación de muestras. Equivalencia entre energía y materia. Absorción de energía por átomos y moléculas, emisión de energía. Espectroscopia de resonancia magnética nuclear, resonancia de spin electrónico, infrarrojo. Raman, visible, ultravioleta y absorción. Espectrometría de

masa. Cromatografía. Fase gaseosa y líquida. Métodos electroquímicos de análisis. Trazadores isotópicos.

### Biología molecular

#### *Objetivo*

Al finalizar esta materia, el estudiante conocerá los conceptos y métodos de la biología molecular. Será capaz de explicar la composición, estructura y función del ADN.

#### *Contenido mínimo*

Composición del ADN. Formas A, B y Z. Desnaturalización y renaturalización. Concepto de Cot1/2. Estructuras secundarias. Topología del DNA. Números L, T y W. Superenrollamiento. Cromatina. Estructura de los nucleosomas. Composición del ARN. Estructura secundaria intramolecular e intermolecular de procariotas y eucariotas. Comparación estructural del ADN y el ARN. Composición de las proteínas. Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Estructura cristalina. Visualización de la estructura (RasMol). Representación de estructuras. Predicción de estructura. Motivos. Secuencias consenso. Dominios. Homología de secuencias. DNA polimerasas I y III: estructura y actividades enzimáticas. Formación del replisoma. Mecanismo de polimerización. Estructura asimétrica de la holoenzima. Componente catalítico, complejo accesorio y factor de procesividad. DNA polimerasas de eucariotas. Fidelidad de la replicación: mecanismos de control. Telómeros y mecanismo de acción de las telomerasas. Mecanismo de la replicación en procariotas. Mecanismo de la replicación en eucariotas. Genómica. Proteómica.

### Operaciones básicas de la industria

#### *Objetivo*

Proporcionar al estudiante, los conocimientos básicos que le permitan entender las operaciones de transformación que se realizan a nivel industrial de las materias primas agrícolas, así como los principios físicos que rigen el funcionamiento de las máquinas y los equipos.

#### *Contenido mínimo*

Principios básicos. Secado. Evaporación. Procesos de separación por contacto en equilibrio. Separaciones mecánicas. Reducción de tamaños. Mezclado.

### Fisiología animal

#### *Objetivo*

Brindar al estudiante oportunidades de interpretación teórica de la morfología y fisiología de los animales de producción y contribuir al desarrollo de destrezas en la disección de piezas anatómicas, así como la observación, análisis y valoración de los diferentes fenómenos fisiológicos en animales vivos.

#### *Contenido mínimo*

Introducción a la biología animal. Aparato locomotor. Aparato circulatorio. Aparato respiratorio. Aparato digestivo. Aparato urinario. Aparato reproductor. Endocrinología

---

## Calculo II

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conceptos; teoremas; propiedades, para resolver problemas de aplicación de cálculo integral en las diferentes materias de Ingeniería Agrícola.

### *Contenido mínimo*

Integral Indefinida. Métodos Generales de Integración. Integral Definida. Integrales Impropias. Integración Aproximada. Aplicaciones Geométricas de la Integral. Coordenadas Polares. Funciones de Varias Variables. Integrales Múltiples. Ecuaciones Diferenciales

## Fisiología vegetal

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes oportunidades y experiencias educativas para que a través del proceso de enseñanza aprendizaje tenga la habilidad de identificar y comprender los procesos fisiológicos que inciden directa e indirectamente en la germinación, crecimiento, desarrollo y producción de cualquier especie vegetal útil al hombre.

### *Contenido mínimo*

Introducción al estudio de la fisiología vegetal. Procesos de transporte de agua. Nutrición mineral. Transporte de solutos. Fotosíntesis: Etapa fotoquímica. Fotosíntesis: Reacciones del carbono. Fotosíntesis: consideraciones fisiológicas y ecológicas. Transporte en el floema. Respiración y metabolismo de lípidos. Asimilación de nutrientes minerales. Crecimiento, desarrollo y diferenciación. Hormonas y reguladores del crecimiento. Fisiología de las plantas bajo estrés. Programa de prácticas

## Tercer semestre

## Biometría y estadística

### *Objetivo*

Desarrollar criterios básicos en el estudiante, para el manejo del método científico, utilizando técnicas estadísticas con una base sólida de conceptos y metodologías.

### *Contenido mínimo*

Conceptos generales. Medidas de tendencia central y dispersión. Distribución de probabilidades. Distribuciones muestrales. Estimación y prueba de hipótesis. Prueba para muestras pequeñas. Prueba  $X^2$ . Prueba de F. Análisis de varianza. Regresión lineal. Correlación lineal

## Microbiología

### *Objetivo*



Al finalizar el curso, el estudiante conocerá los conceptos y técnicas asociadas a la microbiología.

#### *Contenido mínimo*

Introducción a la Microbiología. Clasificación de los microorganismos. Microorganismos procarióticos y eucarióticos. Bacterias y arqueobacterias: estructura celular, taxonomía, fisiología y metabolismo. Algas y hongos: estructura y metabolismo. Protozoarios: clasificación, estructura, ciclos biológicos, metabolismo. Los virus: estructura y replicación. Los bacteriófagos. Genética bacteriana. Bacterias patógenas. Introducción a la Inmunología. Ecología microbiana. Ciclos del C, N, S, Fe. Biodegradación de moléculas naturales y xenobióticos. Técnicas de aislamiento y cultivo de microorganismos.

### Química orgánica

#### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos sobre los compuestos orgánicos, sus reacciones, su forma de sintetizarlos y sus aplicaciones para que estos puedan entender mejor los procesos químicos y bioquímicos.

#### *Contenido mínimo*

Química General. Introducción. División, características, determinación de las estructuras. Hidrocarburos. Compuestos orgánicos oxigenados. Reacciones de los éteres. Compuestos del nitrógeno. Carbohidratos. Clasificación. Compuestos orgánicos de importancia en la agropecuaria. Insecticidas, pesticidas, fitohormonas, herbicidas.

### Bioquímica agrícola

#### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos sobre los fenómenos químicos, los procesos bioquímicos que determinan la vida en los animales y las plantas.

#### *Contenido mínimo*

Enzimas. Proteínas. Carbohidratos. Lípidos. Membranas. Esteroides. Ácidos nucleicos. Técnicas analíticas de Bioquímica. Bioquímica microbiana. Genética molecular. Productos naturales. Glicoproteínas. Feromonas de insectos. Fotosíntesis, Bioquímica del desarrollo y de las enfermedades. Bioenergética.

### Industrias de bebidas

#### *Objetivo*

El estudiante adquirirá conocimientos sobre el proceso de transformación de frutas y cereales por fermentación, con el objeto de obtener bebidas fermentadas y destiladas, utilizando cultivos puros de microorganismos.

#### *Contenido mínimo*

Introducción y microorganismos de fermentación. Introducción, conceptos generales, bioquímica de la fermentación. Microorganismos de la fermentación alcohólica.

Levaduras, control microscópico, tinción, dosificación, conservación. Elaboración de vinos. Conceptos generales. Clases de vinos. Materia prima. Equipos e instrumentación. Bebidas fermentadas a partir de frutas. Conceptos generales. Materia prima e insumos. Elaboración de la bebida. Control del producto en proceso y producto final. Clarificación y envasado. Elaboración de cerveza. Microbiología de la fermentación cervecera. Control de materia prima e insumos. Tanques de fermentación cervecera. Fermentación, maduración, filtración, envasado, pasteurización, control de calidad. Bebidas destiladas. Destilación, Elaboración de bebidas destiladas: singanis, ron, vodka, whisky, control de calidad, análisis sensorial.

### Físico química

#### *Objetivo*

El estudiante adquirirá conocimientos sobre la termodinámica, el equilibrio químico, la electroquímica, los sistemas coloidales y su aplicación práctica en la industria.

#### *Contenido mínimo*

Conceptos fundamentales. Funciones de estado. Primer y segundo principio de la termodinámica. Potenciales termodinámicos. Gases reales: Ecuaciones de estado. Teoría de soluciones. Modelos de coeficientes de actividad: Debye-Hückel. Equilibrio de fases. Equilibrio químico. Electroquímica. Físicoquímica de superficies. Termodinámica de superficies. Micelas y Microemulsiones. Adsorción. Sistemas coloidales. Carga superficial. Modelos de Interfaces. Interacción entre partículas coloidales. Coagulación.

## Cuarto semestre

### Industria de aceites y grasas

#### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conceptos básicos de la tecnología de aceites y grasas comestibles.

#### *Contenido mínimo*

Introducción a los aceites y grasas. Generalidades, definición, clasificación, las materias primas, producción mundial de aceites y grasas. Los cuerpos grasos. Propiedades comunes de aceites y grasas. Características, composición general. Lípidos y Metabolismo. Presencia de lípidos, roles principales en el organismo y metabolismo. Producción de aceites vegetales. Identificación de aceites vegetales. Elaboración, filtración, purificación y conservación de los aceites. Grasas comestibles. Fabricación de grasas comestibles, manteca de cerdo, sebos. Tratamientos particulares. Hidrogenación. Oxidación

### Industria de harinas y cereales

#### *Objetivo*

El estudiante adquirirá conocimientos en el manejo de técnicas para la transformación de materia prima agrícola, otorgando a los productores alternativas para encarar actividades productivas en el campo de la transformación y conservación de alimentos.

### *Contenido mínimo*

Introducción. Estructura de cereales, almacenaje y efectos en la composición, conservación. Valor nutricional de los cereales. Composición química de los cereales, análisis físico y químico de los granos de cereal y sus derivados. Producción de harinas, tipos de harina, procesamiento de harinas de cereales. Productos horneados. Materia prima e instrumentos Elaboración de productos horneados (panificación, galletería), control de calidad. Sopas secas. Materia prima e instrumentos. Elaboración de sopas secas, envasado, control de calidad. Pastas alimenticias. Clasificación de pastas. Materias primas y aditivas. Instrumentación y equipos, elaboración de pastas, conservación, envasado, control de calidad.

## Química de alimentos

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos sobre la composición, propiedades y cambios químicos que ocurren en los alimentos durante su producción, procesados y almacenamiento.

### *Contenido mínimo*

Actividad del agua. Carbohidratos. Lípidos. Proteínas. Aromas alimentarios

## Tecnología de la carne

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos teóricos prácticos, que le permitan entender las técnicas de elaboración de productos cárnicos, así como su aplicación a pequeña y mediana y gran escala.

### *Contenido mínimo*

Introducción. La carne en la dieta humana. Animales productores de carne. Garantía de calidad. Conversión del músculo en la carne. Manejo, procesado, descontaminación, almacenamiento, inspección y garantía de calidad. Embutidos cárnicos. Materias primas. Elaboración de embutidos, defectos de los embutidos. Carnes Curadas. Preparación, elaboración, defectos. Carne y productos cárnicos congelados. Tecnología de la congelación, procesos químicos y físicos. Carnes desecadas y extractos cárnicos. Deshidratación, con aire, liofilizada. Cambios químicos durante la elaboración y almacenamiento.

## Enzimología

### *Objetivo*

Al finalizar el curso, el estudiante conocerá los conceptos, técnicas y aplicaciones asociadas a las enzimas de diverso origen

### *Contenido mínimo*

Actividad enzimática. Cinética enzimática. Factores que afectan la actividad enzimática. Isoenzimas. Enzimas séricas y Clasificación. Métodos para estudiar la actividad enzimática. Aplicación de las enzimas en la industria.

## Ingeniería genética

### *Objetivo*

Proporcionar al estudiante los conceptos métodos y aplicaciones de la ingeniería genética.

### *Contenidos mínimos*

Tecnología del DNA recombinante, clonado molecular, bancos genómicos y de cDNA, vectores. Sondas moleculares. Amplificación enzimática de ácidos nucleicos. Expresión de genes clonados. Caracterización de ácidos nucleicos mediante técnicas de ingeniería genética. Tipificación de genomas y ADN mitocondrial. Metodologías para la detección de organismos emergentes. Evaluación molecular de patógenos ambientales. Enfermedades genéticas. Terapia génica. Transgénesis vegetal. Transgénesis animal.

## Quinto semestre

### Tecnología de la leche

### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que le permitan aplicar los conocimientos de la tecnología láctea en los procesos industriales.

### *Contenidos mínimos*

Características y composición. Calidad. Tratamientos. Procedimiento tecnológico. Tecnología de fabricación. Fabricación de derivados.

### Biotecnología vegetal

### *Objetivo*

Proporcionar al estudiante los conceptos métodos y aplicaciones de la biotecnología vegetal.

### *Contenido mínimo*

Cultivo de tejidos vegetales. Embriogénesis somática. Cultivo de anteras. Biorreactores de células vegetales. Genes homeóticos. Productos naturales de origen vegetal. Su importancia en la alimentación y en la terapéutica de enfermedades. Manipulación genética de plantas. Desarrollo de plantas transgénicas. Vectores basados en el plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens* para dicotiledoneas. Control biológico de plagas. Entomotoxinas del *Bacillus thuringiensis*. Obtención de plantas transgénicas que expresan entomotoxinas, sus ventajas y desventajas. Mejoramiento vegetal asistido por marcadores moleculares.

## Biotecnología microbiana

### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que les permitan aplicar los conocimientos de la biotecnología microbiana en los procesos industriales.

### *Contenido mínimo*

Biotecnología y Microbiología Industrial: conceptos generales, alcance, desarrollo histórico y aplicaciones. Microorganismos con interés biotecnológico e industrial: diversidad, aislamiento, selección y mantenimiento. Mejoramiento y desarrollo de microorganismos industriales. Mutagénesis y selección de mutantes. Recombinación. Métodos de screening. Mejora y desarrollo de cepas. Tecnología del ADN recombinante (Introducción a la Ingeniería Genética). Análisis Metagenómico. Aspectos generales de las fermentaciones. Medios de cultivo (generalidades). Diseño y optimización de medios de fermentación (métodos estadísticos). Esterilización. Preparación de inóculos. Sistemas de fermentación. Diseño de biorreactores. Escalado. Recuperación de los productos de fermentación. Tratamiento de residuales. Aspectos económicos. Producción de metabolitos por células y enzimas inmovilizadas. Biotransformación microbiana

## Termodinámica

### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que les permitan aplicar los conocimientos de la termodinámica en los procesos industriales.

### *Contenidos mínimos*

Temperatura y dilatación. Termómetros, escalas termométricas, dilatación lineal, superficial y cúbica. Concepto calor. Calorimetría. Leyes de los gases perfectos y reales. Transmisión de calor. Ejemplificación y aplicación a la tecnología de la refrigeración de motores. Transformación de la energía: Concepto de trabajo. Equivalente mecánico del calor. Primer principio de la termodinámica. Energía interna y entalpía. Ecuaciones del primer principio. Transformaciones de un sistema gaseoso: Estudios y representación gráfica. Isotérmicas, isobáricas, isocóricas, adiabáticas, politrópicas. Generalización del teorema de Bernoulli: Circulación de gases por una tubería. Estrangulación de una corriente. Ahogamiento. Energía utilizable. Segundo principio de la termodinámica: Antecedentes históricos y fórmulas. Transformaciones reversibles e irreversibles. Ciclo y teorema de Carnot. Teorema de Clausius. Estudio de los ciclos de motores automotrices. Determinación de su rendimiento. Implementación práctica. Compresores. Estudios de su ciclo y trabajo de compresión. Rendimiento volumétrico. Aplicación al estudio de las motorizaciones y sistemas automotrices. Entropía: Definición y propiedades. Aplicación al estudio de las motorizaciones y sistemas automotrices. Higrometría: Humedad relativa y absoluta. Aplicación al estudio de las motorizaciones automotrices y métodos de ensayo. Cambio de estado del aire húmedo. Entalpía. Cartas psicrométricas. Aplicación al estudio de las motorizaciones automotrices y métodos de ensayo.

## Industrias de frutas y hortalizas

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos teóricos y prácticos que le permitan comprender adecuadamente la transformación semi e industrial de frutas y hortalizas en productos elaborados en sus diferentes formas y presentaciones.

### *Contenido mínimo*

Introducción. Componentes de frutas y hortalizas. Propiedades. Factores de calidad. Conservación. Procesamiento industrial

## Bioinformática

### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que le permitan aplicar los conocimientos de la bioinformática en la biotecnología.

### *Contenido mínimo*

Introducción. Origen de la variabilidad Secuencial en proteínas. Similitud secuencia. Similitud estructural. Estimación de la estructura secundaria. Estimación de la estructura terciaria. Búsquedas especiales. Inferencia filogenética. Introducción al modelado molecular

Modelado por homología. Estimación de la estructura terciaria utilizando cálculos ab initio. Validación estructural y energética de los modelos obtenidos. Docking.

## Sexto semestre

### Ingeniería de proteínas

### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que le permitan aplicar los conocimientos de la ingeniería de proteínas en la industria.

### *Contenido mínimo*

Las proteínas: composición química y propiedades. Purificación de proteínas. Estrategias generales. Problemas especiales: purificación de proteínas en gran escala o para usos terapéuticos; purificación de proteínas de membrana. Criterios de pureza: electroforesis en gel de poliacrilamida, isoelectroenfocado. Secuenciación de proteínas. Estructura de las proteínas: niveles primario, secundario, terciario y cuaternario. Motivos y dominios. Ejemplos. Determinación de la estructura tridimensional de las proteínas. Cristalografía. Predicción, modificación y diseño de estructuras proteicas. Modelado computacional de estructuras. Modificaciones post-traduccionales de las proteínas en eucariotes. Plegamiento de las proteínas. Su importancia en Biotecnología. Cuerpos de inclusión: estructura y propiedades. La degradación proteolítica y su prevención. Proteinasa: clasificación y nomenclatura. Degradación proteolítica intracelular: digestión lisosomal (catepsinas) y citosólica (proteasoma).

---

## Ingeniería de bioreactores

### *Objetivo*

Al término del curso el alumno será capaz de analizar, diseñar y escalar biorreactores mediante el uso de modelos matemáticos.

### *Contenido mínimo*

Introducción. Objeto del biorreactor. Funciones del biorreactor. Parámetros biológicos. Velocidades de crecimiento, consumo y producción. Requerimientos especiales. Fenómenos de transporte. Reología. Transferencia de masa. Transferencia de calor. Análisis de régimen. Escalamiento hacia arriba. Escalamiento hacia abajo. Aplicación del análisis de sistemas en el diseño y escalamiento. Formalismo. Establecimiento de balances. Conjunción transporte – biocatálisis. Suposiciones y simplificaciones. Solución. Verificación. Ejemplos. Fermentaciones líquidas con biocatalizador suspendido. Fermentaciones líquidas con biocatalizador inmovilizado. Fermentaciones en estado sólido.

## Bioética y bioseguridad

### *Objetivo*

Impartir a los estudiantes conocimientos de la importancia de la bioseguridad en Biotecnología y la bioética.

### *Contenido mínimos*

Seguridad en el laboratorio químico. Seguridad en Biotecnología. Fuentes potenciales de contaminación. Relación entre Bioseguridad y clase de riesgo de microorganismos. Precauciones para el manejo de organismos empleados en procesos biotecnológicos. Manejo de bioterios. Eliminación de contaminantes. Reglamentaciones. Ética en la elaboración técnico-científica de proyectos que involucran seres vivos. Bioética e industria. Legislación en Biotecnología. Regulaciones.

## Control de calidad

### *Objetivo*

Impartir a los estudiantes conocimientos de la importancia de los procesos industriales y los controles necesarios que se deben realizar en los diferentes procesos químicos.

### *Contenido mínimo*

Introducción. Control sanitario de aguas y desechos. Control sanitario de personal e instalaciones. Parámetros principales de control de calidad. Muestreo. Evaluación organoléptica. Análisis físicos generales. Análisis físicos específicos. Substancias y equipos para análisis químicos

## Biotecnología agroindustrial

### *Objetivo*

Impartir a los estudiantes conocimientos de la importancia de la biotecnología en los procesos industriales y los controles necesarios que se deben realizar en los diferentes procesos químicos.

### *Contenido mínimo*

Aplicación de métodos biotecnológicos para la transformación de productos agrícolas. La fermentación. Las bio-fábricas. Enzimas industriales. La trazabilidad alimentaria.

## Biotecnología animal

### *Objetivo*

Impartir a los estudiantes conocimientos de la importancia de la biotecnología en la producción animal.

### *Contenido mínimo*

Introducción a la medicina veterinaria. Animales domésticos de importancia económica. Introducción a la Fisiología animal comparada. Introducción a la nutrición animal. Introducción a la patología animal. Biotecnología aplicada a la producción bovina. Determinación del sexo de embriones animales previa implantación. Sexado de semen. Genotipificación de bovinos. Diagnóstico de enfermedades genéticas en animales domésticos de importancia económica. Diagnóstico de enfermedades zoonóticas. Prevención y tratamiento de enfermedades infecciosas. Vacunas tradicionales para virus y bacterias. Vacunas a subunidades por ingeniería genética. Quimioterapia. Nuevas alternativas para el tratamiento de enfermedades causadas por microorganismos. Manipulación genética de animales. Animales transgénicos. Terapia génica. Influencia de la ingeniería genética en el futuro de la producción animal.

## Séptimo semestre

### Ingeniería de la fermentación y biocombustibles

### *Objetivo*

En el presente curso el alumno conocerá y analizará los conceptos básicos aplicados en los procesos de fermentación y elaboración de biocombustibles

### *Contenido mínimo*

Metabolismo microbiano. Regulación. Substratos para la fermentación industrial. Métodos de fermentación: cinética del crecimiento microbiano, agitación, aireación, salto de escala. Deterioro microbiano de alimentos. Esterilización de alimentos, gases y medios de cultivos. Procesos de fermentación. Recuperación de productos. Productos producidos por fermentación. Microorganismos y medio ambiente. Tratamiento biológico de residuos. Biodiésel. Definición y especificaciones del biodiésel. Materias primas para la producción de biodiésel. Reacciones en la producción de biodiésel. Procesos en la producción industrial de biodiésel. Aplicaciones. Producción de biodiésel. Bioetanol. Producción de bioetanol. Bioetanol como combustible. El



---

bioetanol como aditivo de las gasolinas. Aditivo de mejora de la ignición en motores diesel. Pilas de combustible. Barreras en el uso del bioetanol. Producción de bioetanol.

### Bioseparaciones

#### *Objetivo*

En el presente curso el alumno conocerá y analizará los conceptos básicos aplicados en los procesos de separación de mezclas de compuestos con origen biológico.

#### *Contenido mínimo*

Introducción a los principios y procesos de separación de biológicos. Bases moleculares. Fenómenos de Transporte. Análisis de separaciones basadas en barrera física. Filtración frontal. Procesos de membrana. Análisis de separaciones basadas en campos de fuerza. Centrifugación. Electroforesis. Análisis de separaciones basadas en la creación o adición de fase. Extracción. Adsorción y cromatografía. Secado. Precipitación y cristalización. Aplicaciones en proceso y en laboratorio. Aspectos analíticos. Aspectos a escala preparativa.

### Biotecnología ambiental

#### *Objetivo*

Impartir a los estudiantes conocimientos de la importancia de la biotecnología para la gestión del medio ambiente.

#### *Contenido mínimo*

Biotecnología ambiental. Remoción biológica de materia orgánica. Remoción biológica de nutrientes. Tratamiento de aguas con alto contenido de azufre. Tratamiento anaerobio de residuos sólidos. Tecnologías limpias y tratamiento de residuos. Biorremediación. Captura y remoción de metales pesados. Bioindicadores.

### Genómica, transcriptómica y proteómica

#### *Objetivo*

Al término del curso el alumno será capaz aplicar conceptos y técnicas de la Genómica, transcriptómica y proteómica para resolver problemas dentro el ámbito de la biotecnología.

#### *Contenido mínimo*

Genómica estructural. Genómica funcional. Genómica comparada. Historia de la Genómica Comparada. Los Proyectos Genoma de procariotas y eucariotas. Introducción a las herramientas bioinformáticas y experimentales propias de la Genómica. Expresión genética y Transcriptómica. Proteómica. Métodos para estudiar la expresión genética.

## Contabilidad y costos

### *Objetivo*

En el presente curso el alumno conocerá los conceptos y métodos asociados a la contabilidad de costos.

### *Contenido mínimo*

Costos. Diferentes conceptos y objetivos. Clasificaciones. Factores y centros de costo. Contabilidad de costo. Concepto. Objetivos. Cuentas. Análisis de los factores de costo: Materiales, mano de obra, otros. Costos indirectos de fabricación. Criterios de costeo: absorción y variable. Concepto. Análisis comparativo. Sistemas de contabilidad de costo: Órdenes de producción y procesos. Costos históricos y predeterminados. Costos normalizados. Costos estándar. Producción conjunta: Concepto, terminología. Métodos de asignación de costos conjuntos. Uso de software de aplicación.

## Octavo semestre

### Desarrollo de productos y patentes

#### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos y habilidades, que le permitan desarrollar productos y depositar patentes.

#### *Contenido mínimo*

Ciclo de vida del producto. Estrategias. Competencia y ciclo de vida del producto. Nuevos productos. Estrategia de producto. Envases. Marcas. Posicionamiento de productos. Difusión. El concepto de invención. Situación jurídica del conocimiento científico y conocimiento tecnológico. La noción de descubrimiento. Clases de patentes: productos, procesos, nuevos usos y segunda aplicación. Requisitos de patentabilidad. Exclusiones. El requisito de descripción suficiente, el depósito y reivindicaciones en el caso de las invenciones biotecnológicas. Los efectos de las patentes: ius prohibendi y derechos exclusivos. Limitaciones y excepciones a los derechos. Las licencias obligatorias en el derecho comparado y en el ámbito de la OMC. Obligaciones y cargas del titular de la patente.

### Diseño de plantas biotecnológicas

#### *Objetivo*

Desarrollar en los estudiantes conceptos, criterios, destrezas y habilidades, que le permitan diseñar plantas biotecnológicas.

#### *Contenido mínimo*

Sistema de cultivo en biorreactores. Biocatalizadores inmovilizados y biotransformaciones. Diseño de biorreactores. Estudio de transferencia en biorreactores: aireación y agitación. Cinética e ingeniería de la esterilización de medios de cultivos y biorreactores. Conceptos de escalado de bioprocesos. Bioprocesos integrados. Instrumentación y control. Procesos bioseparativos: introducción a la recuperación y purificación de proteínas a escala industrial. Separaciones industriales sólido-líquido. Procesos de precipitación de proteínas. Procesos separativos por partición en dos fases

---

acuosas. Aplicaciones industriales de procesos cromatográficos. Cromatografía convectiva de perfusión y sobre membranas. Diseño y optimización de procesos industriales de purificación. Purificación de proteínas recombinantes. Diseños específicos para la purificación de proteínas de plantas. Control de calidad del producto obtenido. Validación de procesos industriales de purificación.

### Taller de tesis

#### *Objetivo*

Esta actividad tiene por objeto que cada estudiante pueda sistematizar los elementos estructurales que dan forma al proceso de investigación, reflexionando sobre ellos teóricamente e incorporándolos luego a un trabajo de tesis.

#### *Contenido mínimo*

Planteo del problema. Contextos teóricos y empíricos. Formulación de objetivos. Exploración de distintos niveles implícitos en los objetivos. Marco hipotético y formulación de hipótesis. Factibilidad del proyecto en relación con los objetivos. Construcción del objeto a investigar. Diseños metodológicos. Técnicas de recolección del material. Técnicas de procesamiento de la información. Criterios de selección de técnicas de recolección y procesamiento. Elaboración del proyecto de tesis. Sistematizar los elementos relevados y reflexionar sobre ellos teóricamente para incorporarlos al trabajo de tesis. Puesta en marcha del trabajo de tesis a partir de las hipótesis, datos y métodos aportados. Repaso de los conocimientos teóricos básicos: métodos para encontrar problemas, formular hipótesis y aspectos normativos y de estilo de la escritura de la tesis. Revisión del proyecto de investigación, puesta en marcha de la investigación o avance de lo ya producido.

### Diseños experimentales

#### *Objetivo*

Formar estudiantes con conocimientos y criterios sólidos en investigación científica.

#### *Contenido mínimo*

La investigación científica. Principios fundamentales de los diseños experimentales y métodos para incrementar la exactitud de los Experimentos. Modelos estadísticos. Análisis estadísticos. Diseño completamente aleatorizados. Procedimientos de comparación de medias. Transformación de datos. Inferencia acerca de medias estructuradas. Experimentos factoriales. Diseño de bloques completamente aleatorio. Diseños de cuadrado latino y otros relacionados. Diseño de parcelas divididas y sus variaciones. Diseño de bloques incompletos. Análisis de covarianza. Serie de experimentos. Métodos no paramétricos en el análisis de datos.

---

## Administración de empresas

### *Objetivo*

Proporcionar a los estudiantes conocimientos teóricos prácticos, principios y métodos de administración agropecuaria, que sean capaces de aplicar soluciones a nuestra realidad, frente a los desafíos de la globalización y el desarrollo agropecuario sostenible.

### *Contenido mínimo*

Patrimonio balance y estructura del balance. El sistema de partida doble. Análisis del estado financiero. Documentos mercantiles. Fuerza primaria de producción Los principios de administración aplicada a las unidades de producción agropecuaria. Los principios económicos básicos para el análisis de las empresas agropecuarias. Función de producción clásica en agricultura. Costo de producción. Beneficios y utilidades. Análisis de resultados económicos. Procedimiento para el análisis y la planificación de la empresa agropecuaria

### **d.2.3. Las metodologías de enseñanza**

Con respecto a la metodología de enseñanza, la técnica tradicional expositiva de la información se utilizará para temas básicos. Se exigirá al alumno producir ideas, resultados y aplicaciones. Se estimulará al máximo la cooperación y participación de los alumnos en el proceso de aprendizaje, para ello se utilizarán los métodos de empleo de discusiones y estudio de casos. El propósito de la discusión es cambiar la pasividad de los alumnos. El estudio de casos son ejercicios acerca de problemas o situaciones que exigen a los alumnos pensar, investigar, utilizar referencias para encontrar la información requerida y discutir para llegar a las conclusiones o soluciones apropiadas.

Cuando se trate de un tema complejo, se presentará la escena, es decir se analizará y describirá brevemente la tarea general, antes de estudiar en detalle cada uno de sus componentes, para que los estudiantes relacionen entre sí las partes o determinen la importancia relativa. Es fundamental realizar una revisión final, que enlace las partes enseñadas y las integre en una imagen compuesta de la operación.

La metodología de trabajo para alcanzar los objetivos propuestos se basará en clases teórico-prácticas. En cada una de ellas se desarrollarán temas específicos a cargo de docentes especializados en los mismos. En los trabajos prácticos, se profundizarán aspectos metodológicos de los procedimientos para establecer un cultivo de tejidos vegetales. Los alumnos deberán completar un trabajo experimental original, el que forma parte de la evaluación del curso.

En las clases teórico-prácticas los docentes realizarán una exposición conceptual de los temas, procurando su vinculación con aspectos de la realidad que posibiliten la participación de los estudiantes de postgrado. De esta manera, se promoverá el debate y la reflexión sobre las implicancias sociales, políticas, éticas y económicas de la biotecnología. Durante el desarrollo de la parte práctica, se trabajará con guías de laboratorio que serán desarrolladas por los alumnos con la orientación de los auxiliares. Se pondrá énfasis en la integración de los conceptos teóricos con la práctica.

---

Como parte de la estrategia metodológica, el programa incluirá una instancia de producción personal de los alumnos a través del desarrollo de un diseño experimental con el objeto de integrar y aplicar los contenidos de la asignatura. Este proyecto, con características de trabajo de investigación convencional, pretende aproximar al alumno a: La búsqueda y selección bibliográfica en bases de datos, Internet, bibliotecas nacionales e internacionales y en laboratorios relacionados con el tema. La lectura y comprensión de producciones científicas relacionadas con el tema. Diseñar y desarrollar un plan de investigación con el objeto de aplicar las diferentes biotecnologías. Elaborar un trabajo científico, con guías de orientación.

La parte práctica también incluirá trabajo de laboratorio. Se diseñarán kits de prácticas para las asignaturas que así lo requieran. Los kits contendrán todo el material y reactivos necesarios para el desarrollo de las prácticas en el aula y se acompañan de un CD-Rom con los objetivos de los experimentos, fundamentos, mapas conceptuales, protocolo interactivo, actividades complementarias y versiones para imprimir del alumnado y profesorado.

#### *Recursos didácticos*

En este programa se hará uso intensivo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs). Internet, plataformas virtuales, bases de datos, etc. Los medios educativos que básicamente se utilizará serán la plataforma de educación a distancia Claroline, aulas físicas con pizarras acrílicas de la FCAPFyV, data display, videos, slides, laboratorios, computadoras y otros equipos y herramientas.

#### *Evaluación de los aprendizajes*

Si bien cada plan global de los módulos del presente programa incorporará en detalle la forma de evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje, básicamente se calificará la participación de los estudiantes en la clase mediante dos exámenes parciales y uno final, además de todas las prácticas solicitadas por los docentes. La ponderación a utilizar, será la misma que está en actual vigencia en la FCAPFyV, es decir:

- Examen del primer parcial: 30%
- Examen del segundo parcial: 30%
- Prácticas: 20%
- Examen final 20%

## **e) Administración y Gestión de la Propuesta Formativa**

### **e.1. Régimen estudiantil**

#### **e.1.1. Modalidad de admisión**

---

El Programa de Ingeniería en Biotecnología estará abierto a bachilleres. La modalidad de ingreso será mediante examen de admisión a la FCAPyF o a través de un curso pre-universitario, esto atendiendo a las decisiones de la II Conferencia Facultativa.

Los estudiantes deberán presentar los siguientes documentos para ser admitidos:

1. Título de Bachiller (fotocopia legalizada)
2. Fotocopia legalizada de Cédula de Identidad.
3. Pago de matrícula Universitaria y/o Facultativa

### **e.1.2. Sistema de permanencia y evaluación estudiantil**

La permanencia estudiantil en el Programa de Ingeniería en Biotecnología de la FACPFyV, estará sujeta a las disposiciones establecidas (y por establecerse en la UMSS), haciéndose notar que se dará cumplimiento al Art.1 del la Resolución N°13/91 del I Congreso de la UMSS.

Periódicamente, serán realizados estudios que permitan acompañar el rendimiento, deserción y repetición de materias por parte de los estudiantes. Los resultados obtenidos de estos estudios serán transmitidos a las instancias pertinentes de la UMSS para tomar las medidas correspondiente, si la situación así lo amerita.

El egresado del Programa de Ingeniería en biotecnología de la FCAPFyV UMSS, podrá optar por las siguientes modalidades de titulación vigentes en la Facultad, sujetándose a los respectivos Reglamentos aprobados por el Honorable Consejo Facultativo mediante la Resolución 127/00 del 27 de Noviembre del año 2000. Estas modalidades son:

- Tesis de Grado.
- Examen de grado.
- Excelencia Académica.
- Adscripción.
- Trabajo Dirigido.
- Internado Rotatorio.

### **e.2. Régimen docente**

Para la selección y admisión de los docentes, se efectuarán convocatorias públicas semestrales mediante un periódico de circulación nacional. La selección será realizada por una comisión conformada por el Consejo Facultativo, en el marco del cogobierno docente-estudiantil y de la autonomía universitaria.

Luego de la selección, se iniciará el proceso de formación docente que será gestionado por el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la FCAPFyV. Se solicitará colaboración a la Dirección de Planificación Académica, a fin de actualizar los conocimientos didácticos y pedagógicos de los docentes mediante los siguientes cursos:

1. Enfoque y componentes del Programa de Ingeniería en Biotecnología
2. Preparación de planes globales
3. Uso de TICs
4. Desarrollo eficiente de la cátedra universitaria.

### **e.3. Grados Académicos y Certificaciones**

El egresado del Programa de formación de Ingeniería en Biotecnología de la FCAPFyV, habiendo aprobado todas las asignaturas del Programa y alguna de las modalidades de titulación, podrá obtener los siguientes certificados:

- Diploma académico con el grado de Ingeniero en Biotecnología.
- Título en Provisión Nacional con el grado académico de Ingeniero en Biotecnología.

### **e.4. Régimen de cursadas**

El presente Programa está dividido en 8 semestres. Durante el semestre el estudiante cursará en promedio 6 materias presenciales. Adicionalmente a la formación presencial, las distintas materias contarán con actividades no presenciales, destinadas a la revisión de bibliografía o la ejecución de trabajos prácticos.

Se seguirá el calendario académico fijado por UMSS y de la FCAPFyV.

## **f) Relación del Programa con la Investigación, Interacción y el Posgrado**

### **f.1. Relaciones con los sistemas de Investigación Científica y Tecnológica y de Interacción Social y de Servicios**

El Programa de Ingeniería en biotecnología tendrá una estrecha interacción con centros de investigación y desarrollo de tecnología, relacionados con la biotecnología, tanto al interior de la UMSS, como al exterior de la UMSS. Esta relación se hará efectiva a diferentes niveles.

Investigadores con experiencia de esos centros serán invitados a formar parte del plantel docente. Esta será una forma de aprovechar toda la experiencia en biotecnología de la región.

Los estudiantes visitarán estos centros como parte de su formación. En la ciudad de existen numerosos laboratorios de biotecnología de tercera generación dedicados principalmente a la aplicación de herramientas moleculares derivadas de la biología molecular y el cultivo de tejidos. También se visitarán industrias que utilizan la biotecnología clásica en sus procesos productivos, particularmente industrias de alimentos.

---

También se promoverá pasantías de los estudiantes en laboratorios e industrias que aplican métodos biotecnológicos. Esto permitirá a los estudiantes tener una vivencia real de los usos de diferentes biotecnologías.

Las tesis de grado también serán una forma de interactuar con los sistemas de Investigación Científica y Tecnológica de la región. En esta carrera se privilegiará las tesis de grado como forma de titulación. Para esto se firmarán acuerdos con estos centros para que los estudiantes ejecuten su tesis en los mismos.

Los resultados de las investigaciones e interacción social logrados mediante este programa, serán difundidos mediante publicaciones en revistas, tesis de grado, congresos y mediante la página web de la facultad.

## **f.2. Relación con el Posgrado**

En este momento existe la maestría en “Conservación y Manejo de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología Aplicada”. Los mejores estudiantes de la carrera serán becados para que continúen esta maestría. Por otra parte, a partir de este programa, se propondrán otras maestrías que permitan especializarse a los estudiantes, como la maestría en biotecnología agroindustrial y la maestría en biotecnología pecuaria.

La gestión de los eventos de posgrado, estará enmarcada en la normatividad de la Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG) de la UMSS. Los programas del pregrado y posgrado en biotecnología serán compatibilizados.

## **g) Evaluación curricular**

A fin de valorar la pertinencia social y curricular de este programa, será efectuada una evaluación curricular a la finalización de cada ciclo del Programa, realizando luego los ajustes correspondientes. Esta evaluación, será realizada en coordinación con las instancias correspondientes de la UMSS.

## **h) Factibilidad**

### **h.1. Socioeconómica**

La biotecnología puede satisfacer muchas necesidades sociales, económicas y técnicas, particularmente en el campo agropecuario. La biotecnología ofrece instrumentos poderosos para el desarrollo sostenible de la agricultura, la actividad pecuaria, la actividad forestal, así como de las industrias alimentarias. Cuando se integra debidamente con otras tecnologías para la producción de alimentos, productos agrícolas y servicios, la biotecnología puede contribuir en gran medida a satisfacer, en el nuevo milenio, las necesidades de una población en crecimiento y cada vez más urbanizada.

Según Osorio, hay una amplia gama de "biotecnologías" con distintas técnicas y aplicaciones. Algunas de las biotecnologías de tercera generación de mayor impacto económico y social en la agricultura son las siguientes:



1. Cultivos de tejidos y células para: la rápida micropropagación "in vitro" de plantas, la obtención de cultivos sanos, el mejoramiento genético por cruza amplia, la preservación e intercambio de "germoplasma", la "biosíntesis" de "metabolitos" secundarios de interés económico y la investigación básica.
2. El uso de enzimas o fermentación microbiana, para la conservación de materia primas definidas como sustratos en determinados productos, la recuperación de estos productos, su separación de los caldos de fermentación y su purificación final.
3. Tecnología del "hibridoma", que se refiere a la producción, a partir de "clones", de anticuerpos de acción muy específica que reciben el nombre de anticuerpos "monoclonales".
4. Ingeniería de proteínas, que implica la modificación de la estructura de las proteínas para mejorar su funcionamiento o para la producción de proteínas totalmente nuevas.
5. Ingeniería genética o tecnología del "ADN", que consiste en la introducción de un "ADN" híbrido, que contiene los genes de interés para determinados propósitos, para capacitar a ciertos organismos en la elaboración de productos específicos, ya sean estos enzimas, hormonas o cualquier otro tipo de proteína u organismo.
6. Bioinformática, que se refiere a la técnica basada en la utilización de proteínas en aparatos electrónicos, particularmente sensores biológicos y "biochips".

El cultivo de tejidos consiste en la regeneración de plantas completas a partir de un tejido diferenciado o de una masa amorfa de células, que se denomina "callo". El proceso consiste en la incubación, en condiciones controladas y asépticas, de una célula o parte de un tejido vegetal (hoja, tallo, raíz, embrión, semilla, "meristema", polen, etc.) en un medio que contiene elementos nutritivos, vitaminas y factores de crecimiento.

Las aplicaciones de esta técnica se dan en tres áreas fundamentales:

- Rápida micropropagación "in vitro" de plantas
- Desarrollo "in vitro" de variedades mejoradas
- Producción de "metabolitos" secundarios de interés económico para el cultivo de células de plantas.

En el primer grupo se incluye el cultivo "in vitro" de "meristemas", que permiten la micropropagación de material de siembra uniforme y sano, y el cultivo de anteras, que es de gran utilidad al permitir la reducción del tiempo necesario en la selección de genes, y por lo tanto de gran ayuda en las técnicas tradicionales de hibridación. También incluye el cultivo y la fusión de "protoplastos", el cultivo de embriones, la mutación somática, etc.

Las ventajas principales del cultivo "in vitro" de plantas son:

- Rápida reproducción y multiplicación de cultivos
- Obtención de cultivos sanos, libres de virus y agentes patógenos

- Posibilidad de obtener material de siembra a lo largo de todo el año (no estar sujetos al ciclo estacional)
- Posibilidad de reproducir especies de difícil reproducción o de reproducción y crecimientos lentos
- Facilita la investigación y proporciona nuevas herramientas de gran utilidad en otras técnicas como la de la ingeniería genética
- Mejora las condiciones de almacenamiento, transporte y comercialización de germoplasma, facilitando su transferencia internacional

Algunas de las técnicas aplicadas son ya prácticamente de dominio público y tienen además costos relativamente bajos. Por ejemplo puede mencionarse los cultivos de tejidos, ampliamente utilizados para la producción de plantas ornamentales y en plantas tropicales como la yuca, la palma de aceite, el camote, el banano, la papaya, etc.

La importancia que tiene cada una de las aplicaciones del cultivo *in vitro* mencionadas es incuestionable desde el punto de vista económico. Como ejemplos concretos cabe mencionar las aplicaciones ya realizadas para la micropropagación de cultivos sanos de yuca, el desarrollo en curso de sistemas de reproducción para la palma africana (palma de aceite), el creciente comercio internacional de plantas ornamentales, la producción de material sano de papa y el creciente intercambio de "germoplasma". Por lo que respecta a la mayor rapidez en la obtención de híbridos, se han indicado las siguientes cifras: una nueva especie de tomate que por cruce tradicional se obtiene en un plazo de 7-8 años, por variación "somaclonal" se puede obtener en 3-4 años; en el caso de la caña de azúcar, el plazo se reduce de 14 a 7 años. Las diferentes técnicas de cultivo de tejidos están en distintas fases de desarrollo; algunas como el tejido "meristemático", ya han sido ampliamente aplicadas para la obtención de cultivos sanos y libres de virus (caso yuca, por ejemplo).

La producción de plantas transgénicas es otra tecnología que está teniendo gran impacto. Sin embargo su aplicación sigue siendo objeto de debate. La FAO reconoce que la ingeniería genética puede contribuir a elevar la producción y productividad en la agricultura. Puede dar lugar a mayores rendimientos en tierras marginales de países donde actualmente no se pueden cultivar alimentos suficientes para alimentar a sus poblaciones. Existen ya ejemplos de la ayuda que la ingeniería genética presta, por ejemplo se ha aplicado la ingeniería genética al arroz para que contenga provitamina A y hierro, lo que mejora la salud de muchas comunidades de bajos ingresos.

Mediante ingeniería genética también se pueden crear "Biofábricas". La información genética de una célula es modificada para inducirla a producir materia prima para la industria. Luego estas células son cultivadas en biorreactores para producir esta materia prima en grandes cantidades.

El Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés) presentó la edición 2009 de su Reporte Anual sobre la Adopción de Cultivos Biotecnológicos en el mundo. En él se detalla que 14 millones de agricultores se han visto beneficiados por la producción y comercialización de cultivos biotecnológicos en 25 países, lo que significó un incremento del 7 por ciento con

---

respecto al año pasado, situándose en 134 millones de hectáreas sembradas a nivel mundial.

Estados Unidos se mantuvo como el país que siembra una mayor extensión de cultivos genéticamente modificados (64 millones de ha), seguido de Brasil (21.4 millones de ha), quien este año desplazó a Argentina a la tercera posición (21.3 millones de ha). México ocupa el lugar 15, con 100 mil hectáreas sembradas de algodón y soya. América Latina en su conjunto cultivó 46.8 millones de hectáreas, que equivale al 35 por ciento de la extensión total de estos cultivos (principalmente soya, maíz y algodón).

China, el mayor productor de arroz en el mundo, sufre pérdidas significativas por el ataque de plagas en este cultivo clave. El arroz transgénico tiene potencial para aumentar las cosechas 8%, disminuir el uso de plaguicidas en 80% (17 kg/ha) y generar beneficios anuales por 4 mil millones de dólares. De ahí su decidida apuesta por el inicio de las siembras experimentales de arroz durante 2009, apunta el reporte. La soya transgénica ocupó en 2009 más de tres cuartas partes de los 90 millones de hectáreas destinadas a su producción; el algodón genéticamente modificado ocupa casi la mitad de los 33 millones de hectáreas destinadas a su cultivo; el maíz biotecnológico más de una cuarta parte de los 158 millones de hectáreas globales existentes y la canola transgénica más de una quinta parte de los 31 millones de hectáreas destinadas a su cultivo mundial.

La adopción de los cultivos transgénicos a nivel mundial ha cobrado tal relevancia que cada vez son más las comunidades científicas y los organismos internacionales que la consideran una herramienta imprescindible para enfrentar los retos de alimentación de cara al aumento poblacional esperado para mencionar algunos, han señalado las considerables ventajas de productividad y los beneficios económicos, ambientales y sociales que representan.

Otra biotecnología de gran impacto es el “mejoramiento asistido por marcadores moleculares”, tecnología que se refiere al proceso por el cual la característica de interés (tamaño del fruto, resistencia a virus, etc.) se selecciona en base a un marcador cercano a un gen o al gen mismo que la influencia, y no en base a la característica misma (fenotipo)

Históricamente, si bien el principio básico del mejoramiento genético no ha cambiado: hay que seleccionar los “mejores padres” (mejores genotipos) para producir la próxima generación, lo que ha cambiado es la forma en que se selecciona los mejores padres. Antes esta selección se la realizaba exclusivamente en base a características visibles (marcadores morfológicos), es decir, se evaluaba el tamaño del grano, rendimiento, tamaño de la planta, etc. Lamentablemente, estas características están influenciadas, en mayor o menor medida, por el medio ambiente. Por ejemplo, una planta de quinua que crece en un lugar húmedo del terreno siempre va producir más que una planta que crece en un sector seco, a pesar de que la planta del sector seco sea mejor.

Se sabe actualmente que en la manifestación de los caracteres visibles (tamaño del grano, rendimiento, etc.) interactúan dos componentes: el medio ambiente y los genes. Los genes son como las páginas de un libro donde están escritas las instrucciones para construir un individuo. Por ejemplo, en los genes de la quinua está escrito que a partir

de una semilla de quinua crezca una quinua y no una papa. En los genes de alguna quinua del lago Titicaca puede estar escrito que esa quinua produzca más que las otras. Sin embargo, comparar individuos y elegir los mejores solo en base a sus características visibles (marcadores morfológicos) puede conducir a errores ya que, como se ha mencionado precedentemente, en su manifestación influyen el medio ambiente (aleatorio) y los genes (constante).

En principio, la información “escrita” en los genes no varía durante la vida de una quinua, y en general de un organismo vivo. Entonces, está claro que sería más conveniente seleccionar los “mejores progenitores” en base a sus genes (información genética) y no en base a sus características visibles, porque estas últimas nos pueden conducir a errores. Por ejemplo, es muy difícil (por no decir imposible) tener la certeza de que un individuo es el padre de un niño solo observando sus características visibles, sin embargo si comparamos sus genes (información genética) podemos concluir con una certeza del 99%.

Antes de 1980 no era posible seleccionar y/o comparar las plantas en base a sus genes (información genética). A partir de 1980, gracias a la Biología Molecular, es posible seleccionar y/o comparar los individuos directamente a nivel de sus genes. Esta tecnología es la que llamamos “mejoramiento asistido por marcadores moleculares.”

En lo que respecta a la biotecnología animal, la investigación en biotecnología aplicada a la reproducción ha sido la más exitosa. En Brasil, el área de la biotecnología de la reproducción domina las principales metodologías con núcleos de excelencia en diferentes unidades de investigación de EMBRAPA, y en diversas universidades nacionales, en todo el país. En función de costos elevados, la mayoría de esas tecnologías están siendo utilizadas en hatos de ganado elite, pudiendo multiplicar animales con valor genético muy superior a la media del país. Una situación semejante impera en Chile. Tecnologías enfocadas a la reproducción animal son predominantes. Estas técnicas incluyen la fertilización in vitro, sexaje de embriones, criopreservación de semen y embriones, estudios de función de espermatozoides e inmunomodulación de la reproducción, que se han aplicado en bovinos, caprinos, ovinos y camélidos. En Argentina, una compañía privada ha producido una vaca transgénica que expresa el gen de la hormona del crecimiento de humanos en leche. Por el valor de la vaca, se decidió reproducirla por medio de clonación. El proceso de clonación ha sido exitoso, y en el 2002 nació la primera ternera transgénica.

Respecto a la aplicación de la biotecnología en el campo pecuario, en general, existen líneas de investigación en biotecnología animal a largo plazo en la región de América Latina y el Caribe de manera limitadas. Brasil ha emprendido varios proyectos de secuenciación de patógenos animales. Entre ellos se encuentra la secuenciación de *Xantomonas* y *Mycoplasma synoviae*. También participa en la secuenciación de extremidades de clones del ADN bovino, coordinado por el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, cuyo objetivo es tener completa la secuenciación del genoma bovino.

El conocimiento de la diversidad genética asociada con la industria pecuaria de cada país es de primordial importancia para la implementación de programas de

biotecnología animal, pues sin contabilizar los recursos genéticos y la diversidad genética, la aplicación de la biotecnología sería limitada. Los programas de recursos genéticos autóctonos en cada país han sido establecidos con ese objetivo. Por ejemplo, en México, el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios contempla la caracterización genética empleando técnicas moleculares para poder eventualmente aplicar componentes biotecnológicos. Aún cuando la creación de dicho programa ha sido reciente, la aplicación de la biotecnología basada en los recursos genéticos pecuarios ha llevado líneas de investigación como la caracterización de la diversidad genética y los primeros trabajos en la identificación de loci de características cuantitativas (QTL por sus siglas en Inglés) para algunas características en bovinos, y la identificación de paternidad.

La biotecnología en la producción animal tiene un fuerte apoyo en los Estados Unidos y Canadá. Existen proyectos de investigación en la identificación de de QTL en cada especie doméstica (Bovinos productores de leche y de carne, suinos, aves, peces, etc.) y para características de importancia económica, como lo es la producción de leche, producción de grasa y proteína en leche, resistencia a mastitis, suavidad ó terneza de la carne, tamaño de la camada en cerdos, tasa de ovulación en bovinos, producción de huevo en aves, etc. Actualmente estudios en biotecnología se están iniciando con el objetivo de identificar genes asociados con la eficiencia alimenticia de bovinos y cerdos. También se ha logrado la secuenciación, a través de colaboraciones internacionales, de los genomas de aves, bovinos y algunas especies de peces. Se han iniciado los esfuerzos para la secuenciación del genoma de los cerdos. Los resultados de la investigación en la biotecnología aplicada a la producción animal están siendo utilizados en forma comercial en estos países. Como ejemplo, existen pruebas moleculares que permiten predecir con mayor exactitud la suavidad ó terneza de la carne que un animal potencialmente puede producir. Estas pruebas moleculares están siendo comercializadas por compañías privadas en los Estados Unidos, Canadá, y Australia. Otros ejemplos son el uso de pruebas moleculares para la detección de sementales capaces de incrementar la producción de queso con cantidades similares de leche (el caso de las caseínas), así como una prueba molecular para identificar animales que potencialmente producen una cantidad mayor de marmoleo en bovinos productores de carne (importante en la comercialización de carne para el mercado Japonés). El uso de técnicas moleculares ha permitido incrementar la calidad de los productos de origen animal.

## **h.2. Técnica**

Este programa necesita 47 docentes, sin embargo solo es necesario contratar 24 docentes especialistas (tabla 4). El resto de los docentes ya están contratados para otras carreras. Los docentes serán admitidos de acuerdo al Reglamento del Régimen docente de la UMSS, bajo la modalidad y características de contratación por servicios y resultados (consultores de línea). Los requerimientos presupuestarios serán cubiertos en gran medida con recursos del impuesto directo a los hidrocarburos (IDH).

	<b>Materia</b>
1	Biología celular
2	Introducción a la ingeniería en biotecnología
3	Biología molecular
4	Fisiología animal
5	Físico química
6	Industria de aceites y grasas
7	Industria de harinas y cereales
8	Química de alimentos
9	Tecnología de la carne
10	Enzimología
11	Ingeniería genética
12	Biotecnología microbiana
13	Termodinámica
14	Bioinformática
15	Ingeniería de proteínas
16	Ingeniería de birreactores
17	Bioética y bioseguridad
18	Biotecnología agroindustrial
19	Biotecnología animal
20	Ingeniería de la fermentación y biocombustibles
21	Bioseparaciones
22	Biotecnología ambiental
23	Genómica, transcriptómica y proteómica
24	Diseño de plantas biotecnológicas

Tabla 4. Materias para las que se deberá contratar nuevos docentes.

Debido a que esta carrera formará parte del departamento de Ingeniería Agroindustrial, administrativamente será gestionada por este departamento.

### **h.3. Económico- Financiera**

El estudio a continuación muestra las necesidades financieras del Programa de Ingeniería en Biotecnología, cuya sostenibilidad estará apoyada por fondos propios y fondos IDH.

La tabla 5 muestra el detalle presupuestario en bolivianos global del programa.

<b>Materia</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad semestre</b>	<b>Costo unitario Bs.</b>	<b>Costo total semestre Bs.</b>
Química general e inorgánica	Hora	120	60	7200
Biología celular	Hora	120	60	7200
Calculo I	Hora	120	60	7200
Física general	Hora	120	60	7200
Introducción a la ingeniería en biotecnología	Hora	120	60	7200
Morfología y anatomía vegetal	Hora	120	60	7200
Química analítica	Hora	120	60	7200
Biología molecular	Hora	120	60	7200
Operaciones básicas de la industria	Hora	120	60	7200
Fisiología animal	Hora	120	60	7200
Calculo II	Hora	120	60	7200
Fisiología vegetal	Hora	120	60	7200
Biometría y estadística	Hora	120	60	7200
Microbiología	Hora	120	60	7200
Química orgánica	Hora	120	60	7200
Bioquímica agrícola	Hora	120	60	7200
Industrias de bebidas	Hora	120	60	7200
Físico química	Hora	120	60	7200
Industria de aceites y grasas	Hora	120	60	7200
Industria de harinas y cereales	Hora	120	60	7200
Química de alimentos	Hora	120	60	7200
Tecnología de la carne	Hora	120	60	7200
Enzimología	Hora	120	60	7200
Ingeniería genética	Hora	120	60	7200
Tecnología de la leche	Hora	120	60	7200
Biotecnología vegetal	Hora	120	60	7200
Biotecnología microbiana	Hora	120	60	7200
Termodinámica	Hora	120	60	7200
Industrias de frutas y hortalizas	Hora	120	60	7200
Bioinformática	Hora	120	60	7200
Ingeniería de proteínas	Hora	120	60	7200
Ingeniería de biorreactores	Hora	120	60	7200
Bioética y bioseguridad	Hora	120	60	7200
Control de calidad	Hora	120	60	7200
Biotecnología agroindustrial	Hora	120	60	7200
Biotecnología animal	Hora	120	60	7200
Ingeniería de la fermentación y biocombustibles	Hora	120	60	7200
Bioseparaciones	Hora	120	60	7200
Biotecnología ambiental	Hora	120	60	7200

Genómica, transcriptómica y proteómica	Hora	120	60	7200
Contabilidad y costos	Hora	120	60	7200
Desarrollo de productos y patentes	Hora	120	60	7200
Diseño de plantas biotecnológicas	Hora	120	60	7200
Taller de tesis	Hora	120	60	7200
Diseños experimentales	Hora	120	60	7200
Administración de empresas	Hora	120	60	7200
Planificación y proyectos	Hora	120	60	7200
Director programa	Mes	6	10000	60000
<b>Total</b>				<b>398400</b>

Tabla 5. Presupuesto para docentes y coordinador de programa

El costo global del programa por semestre es de 398400 Bs. Sin embargo, varias materias del ciclo básico común, del ciclo disciplinar y algunas del ciclo profesional se compartirán con otras carreras de la FCAPFyV. Considerando estas materias compartidas, el costo real del programa será de 232800 Bs., por semestre (Tabla 6).

Materia	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Biología celular	Hora	120	60	7200
Introducción a la ingeniería en biotecnología	Hora	120	60	7200
Biología molecular	Hora	120	60	7200
Fisiología animal	Hora	120	60	7200
Físico química	Hora	120	60	7200
Industria de aceites y grasas	Hora	120	60	7200
Industria de harinas y cereales	Hora	120	60	7200
Química de alimentos	Hora	120	60	7200
Tecnología de la carne	Hora	120	60	7200
Enzimología	Hora	120	60	7200
Ingeniería genética	Hora	120	60	7200
Biotecnología microbiana	Hora	120	60	7200
Termodinámica	Hora	120	60	7200
Bioinformática	Hora	120	60	7200
Ingeniería de proteínas	Hora	120	60	7200
Ingeniería de birreactores	Hora	120	60	7200
Bioética y bioseguridad	Hora	120	60	7200
Biotecnología agroindustrial	Hora	120	60	7200
Biotecnología animal	Hora	120	60	7200
Ingeniería de la fermentación y biocombustibles	Hora	120	60	7200
Bioseparaciones	Hora	120	60	7200
Biotecnología ambiental	Hora	120	60	7200



Genómica, transcriptómica y proteómica	Hora	120	60	7200
Diseño de plantas biotecnológicas	Hora	120	60	7200
Director programa	Mes	6	10000	60000
<b>Total</b>				<b>232800</b>

Este programa será financiado con recursos institucionales, IDH y cooperación internacional.

#### **h.4. Legal**

*Aprobación de la propuesta del Programa de Formación por el Honorable Consejo Facultativo, por Acuerdo del Comité Académico, previo Informe Técnico de la Dirección de Planificación Académica, para su aprobación final en instancias del Honorable Consejo Universitario, mediante Resolución que avale su funcionamiento.*

#### **h.5. Infraestructura**

La infraestructura que se utilizará para el desarrollo de las actividades del Programa de Ingeniería en Biotecnología, pertenece a la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias Forestales y Veterinarias de la UMSS, la misma que está localizada en los predios de la Tamborada.

La infraestructura específica que utilizará este programa será la infraestructura del Departamento de Tecnología Agroindustrial. El programa de formación exige contar con laboratorios especializados. Estos laboratorios serán implementados con fondos IDH y con fondos de la cooperación internacional.

### **i) Bibliografía**

- Cruz L., Soca E. (2004) Impacto social de la Biotecnología. El desafío cubano. <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpAVApVEkldmNmTNrv.php>. Visitada el 12 de diciembre de 2010.
- Daza R., Roca V. (2006) Estudio de la educación superior en Bolivia. Proyecto informe la educación superior en Iberoamérica. Publicado por universia.
- Ernst & Young (2010) Beyond borders: global biotechnology report 2010. Ernst & Young eds.
- Formación On Line (1995) Los contenidos y su aprendizaje [http://www.formaciononline.org/seminarios/contenidos\\_aprendizaje.htm](http://www.formaciononline.org/seminarios/contenidos_aprendizaje.htm). Visitada el 12 de diciembre de 2010.
- Gil D, Carrascosa J, Furió C., Martínez-Torregrosa J. (1991) La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, ICE, Universitat de Barcelona: Barcelona.
- Gil D, Carrascosa J. (1990) What to do about science misconceptions?. Science Education, 74, 531-540.
- Gil D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 1, 26-33.

- Gil D. (1987) Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- Gil D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 66-77.
- Gil D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- Gil D. (1994a) Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- Gil D. (1994b) Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias. Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 154-164.
- Gil D. (1999) ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 311-320.
- Gil D., Martínez-Torregrosa J. (1999) ¿Cómo evaluar si se "hace" ciencia en el aula?. *Alambique*, 20, 17-27.
- Gil D., Martínez-Torregrosa J., Senent F. (1988) El fracaso en la resolución de problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 131-146.
- Gil D., Pessoa A.M., Fortuny J.M., Azcárate C. (1994) Formación del profesorado de las ciencias y las matemáticas. Tendencias y experiencias innovadoras, Editorial Popular: Madrid
- Gil D., Valdés P. (1995) Contra la distinción clásica entre "teoría", "prácticas experimentales" y "resolución de problemas": el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, 3-25.
- Gil D., Valdés P. (1996) La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 155-163.
- Gil, D., Vilches A. (1999) Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y la Universidad: contra las evidencias. *Revista Española de Física*, 13 (5), 10-15.
- Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia (2010) Programa País para Bolivia (2010-2015) Fortalecimiento de la capacidad de Bolivia para responder a las amenazas de la droga, crimen organizado, el terrorismo, la corrupción y los delitos económicos.
- Hobbelin h. (1992) La biotecnología y el futuro de la agricultura mundial. Nordan comunidad eds. 205 páginas.
- Occelli M. Un modelo didáctico para la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria integrando tecnologías de la información y la comunicación. Jornadas sobre investigación en educación a distancia y nuevas tecnologías en la UNC. Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales. Departamento de enseñanza de la ciencia y la tecnología. Universidad Nacional de Córdoba-Argentina.
- Osorio A. (sin fecha) La biotecnología. [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Visitada el 12 de diciembre de 2010

- Ribeiro S. (2004) De los genomas a los átomos: ¿Qué nos deparan las nuevas tecnologías? ALAI, América Latina en Movimiento, No. 385-386, edición especial.
- Rodríguez G. (2007) Educación superior en Bolivia . Boletín del programa de investigación estratégica en Bolivia. Número 7, año 4.
- Rodríguez G., y Wiese C. (2006) La Educación Superior Universitaria en Bolivia. Estudio Nacional. La Paz: IESALC-UNESCO.
- Simeón RE, Clark I. (1988) El impacto social de las biotecnologías en Cuba. Cuba Socialista 1988; 34: 8-25.