

Agromática: Aplicaciones informáticas en la formación de Ingenieros Agrónomos

Daniel A. Grenón¹
Carla M. Mansilla²

Cátedra de Agromática, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral
86-Kreder 2805, (3080) Esperanza, Santa Fe, Argentina
+54-3496-426400 int. 140

Abstract

Agromatics: Informatics Applications in Agricultural Engineer Education

The Agricultural Engineer function is presented as agricultural systems' data and information processing. These systems are organized in complex levels according to their structure, processes, objectives and scientific disciplines that deal with them formally. The design of productive or economic alternatives is very problematic due to the multiplicity of criteria (not always compatible to each other) that must be taken account of simultaneously.

Agromatics (systems approach, mathematics, information systems and simulation models application synthesis) is sets out as a methodology with conceptual and operative values in the formation and professional function of the Agricultural Engineers.

Key words: Agricultural Engineering – Agromatics - Agricultural Systems - Information Systems - Simulation Models - Education

Resumen

Se presenta la función del Ingeniero Agrónomo como procesador de datos e informaciones propias de los sistemas agropecuarios, los cuales son organizados en niveles de complejidad según su estructura, procesos, objetivos y disciplinas que los tratan formalmente. Se plantea la problemática del diseño de alternativas superadoras debido a la multiplicidad de criterios (no siempre compatibles entre sí) que deben atenderse simultáneamente.

Se propone la Agromática (síntesis de la aplicación del enfoque de sistemas, la matemática, los sistemas de información y los modelos de simulación) como una metodología con valores conceptuales y operativos en la formación y función profesional.

Palabras clave: Ingeniería Agronómica – Agromática – Sistemas agropecuarios – Sistemas de información – Modelos de simulación – Educación

¹ Ingeniero Agrónomo, Diploma in Computing and Information Systems, Profesor asociado a cargo, dgrenon@fca.unl.edu.ar

² Ingeniera en Sistemas de Información, JTP, carmans@fca.unl.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN

Si consideramos que el Ingeniero Agrónomo es aquel capacitado, entrenado y habilitado para aplicar la Ingeniería Agronómica, podemos especificar entonces una serie de conocimientos y habilidades necesarios para la formación de este profesional, los cuales necesariamente deberán estar contemplados en el plan de estudios:

- Conocimientos acerca de las hipótesis y leyes de las disciplinas que integran la ciencia agropecuaria: ciencias y disciplinas exactas, físicas (incluidas las biológicas) y socio-económicas, que describen y explican los procesos agropecuarios: formación básica, la cual se desarrolla en sus contenidos mínimos durante el cursado del Ciclo Básico, con la posibilidad de profundizar aquellos aspectos relacionados con la orientación individual del estudiante a través de asignaturas optativas, electivas y la ejecución del Trabajo Final de Graduación.
- Conocimientos y habilidades relacionados con los procedimientos y recursos necesarios para la obtención, transformación o transporte de los productos agropecuarios: formación superior aplicada y especializada, tanto en su fase de pregrado (materias comunes y optativas, nodos de integración y práctica profesional, y alternativamente en la ejecución del Trabajo Final de Graduación) como en su continuación en cursos de actualización y carreras de especialización para el profesional.
- Conocimientos y habilidades imprescindibles para emplear correctamente los preceptos y reglas para la invención, perfeccionamiento o utilización de la técnica industrial agropecuaria: formación y entrenamiento en el empleo de las herramientas conceptuales y operativas que posibiliten el análisis, diagnóstico, diseño y evaluación de las alternativas de acción posibles de instrumentar ante cada situación agroproductiva específica. Esto implica la "formalización operativa" de los conceptos, hipótesis, leyes, atributos e interacciones entre los diferentes subsistemas involucrados en el proceso agroproductivo: aplicaciones basadas en matemática, estadística y computación, integradas en la Agromática.

Este último punto debe ser desarrollado con mayor detalle, básicamente en su justificación y fundamentos, debido a que involucra en la práctica una serie de actividades novedosas para el esquema actual y tradicional de la mayoría de las facultades de Ciencias Agrarias del país, y es el que justificó la creación de la Cátedra de Agromática en la FCA (UNL) en 1989.

2. FUNCIÓN Y OBJETOS DEL INGENIERO AGRÓNOMO

2.1. El Ingeniero Agrónomo como procesador de información

Los sistemas de producción agropecuaria modernos exigen manejar información ambiental, técnica, económico-financiera, comercial, legal y fiscal, cuali y cuantitativamente diversa. Derivado de la dinámica propia de las interacciones [empresa agropecuaria]↔[ambiente] (tanto ecológico como socio-económico) el productor-administrador-gerente muchas veces no tiene tiempo para seleccionar los fenómenos que le interesan. El productor sólo necesita (y quiere) alcanzar un nivel de comprensión de los fenómenos de su empresa que le permita **entender para actuar** y disponer de las herramientas que lo habiliten para lograrlo: es suficiente con un enfoque técnico, basado en la experiencia, en el "saber hacer", en conocer y aplicar las "recetas" adecuadas.

Pero esto no siempre es suficiente. Muchas veces es necesario disponer de un grado de comprensión más profundo de los procesos e interacciones involucrados en el funcionamiento de la empresa agropecuaria, principalmente cuando los efectos de la acción a ejecutar pueden prolongarse más allá del horizonte de percepción actual o cuando se inicia una actividad (o se enfrenta a una problemática) para la cual no se tenga experiencia previa ni antecedentes locales. En estos casos es necesario **entender para poder explicar**: se debe aplicar un enfoque ingenieril.

El reconocimiento por parte del productor de que tiene un problema, en cualquiera de los niveles agrosistémicos de su empresa, es en gran medida una cuestión axiológica (depende de los valores y contexto socio-cultural de la persona en cuestión): primero, el productor deberá estar en condiciones de identificar la existencia del problema, y segundo, deberá tener la sensación de que no posee la suficiente capacidad (conceptual, tecnológica y/o de recursos) como para resolverlo por

sí mismo. Es entonces que solicitará el asesoramiento de un Ingeniero Agrónomo, que se supone que es quien posee la capacidad, el entrenamiento y los conocimientos que, complementados con los del productor y su experiencia, serán suficientes para encarar la solución del inconveniente.

Por ello, cuando el productor solicita el apoyo de un Ingeniero Agrónomo, éste debe ejecutar los siguientes pasos: (a) diagnóstico de la situación problema; (b) propuesta de posibles soluciones; (c) pronóstico de la probable evolución del agrosistema como consecuencia de la aplicación de cada posible solución; (d) transmisión al productor de la información adecuada para la toma de la mejor decisión y su ejecución correcta.

Ante la situación problema el profesional debe contrastar la realidad con las teorías de cómo funciona (o debería funcionar) el agrosistema. Para ello debe realizar una serie de observaciones y medidas para obtener los datos e índices que, analizados e interpretados en el marco de las teorías, le permitan inferir un diagnóstico. El diagnóstico de un agrosistema se completa cuando se contestan las siguientes cuestiones:

1. ¿En qué medida los diferentes componentes, interacciones y procesos del agrosistema afectan a su funcionamiento óptimo? (Identificación cuantitativa del problema, obtención de índices ecológicos, productivos y económicos de la situación actual y su contrastación con los índices objetivo o ideales).
2. ¿Cuáles de las características estructurales o funcionales del agrosistema están afectando su funcionamiento? (Identificación de los factores condicionantes, limitantes y restrictivos).
3. ¿Cuál es el orden de importancia de los factores identificados? (Jerarquización de los factores condicionantes, limitantes y restrictivos, lo cual implica cuantificar la influencia de cada factor).

Luego, la propuesta de posibles soluciones (diseño de agrosistemas superadores de la problemática) involucra un adecuado conocimiento de la tecnología disponible y apropiable por parte del productor. Y la pronóstico de la probable evolución del agrosistema propuesto, la capacidad de predecir en forma cuantitativa el efecto de la aplicación de las posibles soluciones en los escenarios futuros más probables.

Por último, la transmisión de la información para apoyar la toma de decisiones por parte del productor, implica un correcto manejo de las técnicas de comunicación y el conocimiento de la idiosincrasia del interlocutor.

En definitiva, el Ingeniero Agrónomo es un recolector, generador, procesador y transmisor de datos e informaciones propios del sector agropecuario a fin de analizar y diseñar agrosistemas para ayudar a resolver sus problemas.

Este enfoque del Ingeniero Agrónomo como procesador de información es útil como marco conceptual pues posibilita seleccionar aquellas teorías, metodologías y tecnologías que mejor se ajusten a los objetivos de formación del profesional.

2.2. Los objetos del Ingeniero Agrónomo: los agrosistemas

Los agrosistemas abarcan un conjunto de sistemas concretos que van desde el nivel fitosfera (Norero, 1980), pasando por la zoosfera, el agroecosistema y la empresa agropecuaria, hasta la cadena agroalimentaria y la región agroeconómica. Cada uno de estos niveles de organización posee su propósito específico y límites espacio-temporales definidos. Además, en cada nivel de organización son distintas las disciplinas científicas que predominan o tienen mayor ingerencia en su formalización teórica y operativa.

La organización se define en base a criterios que incluyen la evaluación de los principales conceptos que definen a todo sistema: estructura, procesos y objetivos. El objetivo asignado a un nivel de organización definirá cuál de los procesos llevados a cabo en ese nivel será el que regule el funcionamiento global del sistema, y que controlará, simultáneamente, el desempeño de los otros procesos que se detecten o definan (que para el nivel y objetivo considerados serán complementarios o subsidiarios del definido como principal). Las características dominantes del proceso principal definirán a su vez la disciplina científica básica que aportará las teorías y metodologías para su formalización, análisis y tratamiento.

Gran parte de la estructura de los agrosistemas es definida por la cantidad y variedad de “espacios” (ambientes) en los que se desenvuelve el proceso productivo. La complejidad y extensión espacial de los agrosistemas abarca desde la fitosfera, en la cual encontramos un solo suelo y una sola comunidad vegetal, pasa por el conjunto de suelos y poblaciones de protistas, vegetales y animales que interactúan tendiendo a una situación de estabilidad (agroecosistema), la empresa y el grupo de productores (donde la variedad de suelos y comunidades vegetales y animales puede ser amplia), hasta la región agropecuaria, en la cual incluso se pueden encontrar diferencias climáticas.

Respecto de la extensión temporal, a medida que ésta aumenta -desde el ciclo de un cultivo (desde pocos meses, nivel fitosfera) hasta el del horizonte de planificación regional (varios años)- crece la complejidad por la imprevisibilidad de los factores aleatorios, porque decrece la posibilidad de su prevención y control por el alejamiento del horizonte de planificación y porque, al ascender en los niveles, crece la cantidad de factores (tanto propios del nivel tratado como del ambiente en que está inserto) y de sus interacciones.

Todo sistema se define en función de un objetivo. El objetivo primario de los agrosistemas es la obtención de productos agropecuarios (niveles fitosfera y zoosfera). A nivel fitosfera el objetivo es maximizar la obtención de biomasa vegetal útil. De todos los procesos biológicos involucrados en el crecimiento y desarrollo de un cultivo, el hombre conduce el sistema en función de optimizar aquellos procesos que posibilitan la producción (fotosíntesis) y partición de los fotoasimilados hacia los órganos vegetales que se pretenden cosechar: crecimiento vegetativo en el caso de forrajeras y hortalizas de hoja; reproducción en el caso de granos y frutales; inducción floral en ornamentales de flor; etc. Lo mismo cuenta para el caso de la zoosfera: del animal sólo nos interesan algunos órganos o procesos. Así tenemos para el caso de los vacunos, por ejemplo, reproducción y lactación en vacas lecheras, básicamente reproducción en vacas de cría, o acumulación de músculos en novillos de invernada.

Pero estos objetivos primordiales están regulados por objetivos de mayor complejidad. Así, se pretende obtener la máxima producción que permita la conservación de los recursos naturales en un nivel compatible con una actividad económica rentable (sostenibilidad a niveles agroecosistémico y de empresa). Dado que la producción agropecuaria consiste básicamente en artificializar ecosistemas naturales y romper su equilibrio a fin de obtener productos que se exportan del espacio productivo, es imprescindible contemplar actividades de restitución, reparación y mantenimiento de aquellos componentes y procesos originales del ecosistema para que éste pueda conservar su capacidad productiva. De lo contrario el ecosistema base se deteriora y, cuando esta degradación alcanza niveles críticos, el proceso productivo ya no puede mantenerse (por degradación, erosión y/o contaminación). Por lo tanto, además de aquellos procesos que apuntan a la obtención del producto, se deben considerar, evaluar, controlar y conducir todos aquellos que se orientan a la conservación de los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan y conservan la estructura y funcionamiento del ecosistema base. Así se tendrá entonces que el objetivo de alcanzar la sustentabilidad del agroecosistema regulará la intensidad de la extracción de biomasa vegetal y animal de las fitosferas y zoosferas que lo integran, y ajustará el aporte de sustancias potencialmente tóxicas o contaminantes (fertilizantes y agrotóxicos, riego con aguas salinas, etc.) de modo que se ajuste a la capacidad de asimilación, difusión y de degradación de estas sustancias por parte del ecosistema base.

A nivel de empresa, además de los procesos productivos y de conservación, aparecen los socioeconómicos. Ya no se habla sólo de plantas y animales interactuando con su ambiente, sino que ahora se trata de un grupo humano que pone en juego su fuerza de trabajo y su capacidad de administrar bienes en un mercado de insumos y productos a fin de satisfacer objetivos que no se reducen a la mera obtención de altos rendimientos. La maximización de beneficios económicos puede regular el nivel productivo, y la satisfacción de utilidades personales (recreación, salud, educación, hacer lo que le guste aunque no sea tan rentable, tener más “fierros” nuevos aunque el

parque de maquinarias esté sobredimensionado, etc.) puede regular o controlar el objetivo de maximizar los resultados económicos.

Se pueden seguir incorporando los objetivos de grupos de productores, cooperativas, federaciones, de las cadenas agroalimentarias (donde además de los agrosistemas se incorporan empresas transformadoras de la materia prima, transportes, proveedores de insumos y herramientas, servicios financieros, etc.), hasta alcanzar el máximo nivel agrosistémico que es la región. Aquí, entre otros, puede destacarse el logro del bienestar de la comunidad rural (salud, educación, recreación, infraestructura “social”, etc.) En este contexto es factible, por ejemplo, promover el uso de tecnologías de producción no rentables, aunque socialmente convenientes, mediante una política de subsidios y/o créditos adecuada. En resumen:

| Nivel de Organización | Componentes principales | Proceso Principal | Objetivo principal | Ciencias principales |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Fitosfera | Suelo Atmo-Edafoclima Cultivo | Producción primaria: crecimiento y desarrollo de cultivos | Biomasa vegetal útil | Biología |
| Zoosfera | Fitosferas Plantel animal | Produc. secundaria: crecimiento y desarrollo animal | Biomasa animal útil | Biología |
| Agroecosistema | Fitosferas, Zoosferas Ambiente edafo-climático | Degradación y recuperación de procesos ambientales | Sustentabilidad de la capacidad productiva | Física Química Biología |
| Agrosistema (Empresa) | Agroecosistemas Subsistemas técnico, administrativo y social | Comercialización, administración de organizaciones | Rentabilidad Utilidades | Microeconomía Administración Psicología Sociología |
| Cadena Agroalimentaria | Agrosistemas Industrias procesadoras Proveedores de insumos y servicios | Transporte, Acondicionamiento y almacenamiento, Industrialización y Comercialización de insumos y productos | Seguridad alimentaria Obtención y mantenimiento de mercados de insumos y productos | Economía Comercialización Logística Politicología |
| Región | Agrosistemas Otras organizaciones sociales | Interrelaciones sociales, ordenamiento territorial | Calidad de vida para la mayoría de sus habitantes | Macroeconomía Sociología Politicología |

Sin embargo, sea cual fuere el objetivo, todos conllevan una dependencia común, explícita o no: el producto agropecuario. Su presencia y consideración están siempre presentes en todos los niveles. Su importancia e influencia es evaluada según diferentes criterios: de naturaleza física (productividad, calidad de la materia prima), económica (beneficios), conservacionista o sustentable (riesgos de degradación), humana (rudeza de las labores, preferencias), comercial (calidad, seguridad, inocuidad) o política (subsidios, créditos, conveniencia estratégica de su producción).

2.2.1. La empresa agropecuaria

La empresa agropecuaria es el nivel central y principal de los agrosistemas. Los agrosistemas de menor nivel dejan de lado aspectos que conforman la esencia de la Agronomía (abarcan aspectos sólo parciales de la problemática agronómica), mientras que los superiores a la empresa agropecuaria involucran procesos y/o componentes que no son de exclusiva atención de las ciencias agronómicas o que ni siquiera pertenecen a ellas (aunque sí deben ser tenidas en cuenta porque en la realidad interactúan con los procesos de nuestro interés y afectan el resultado de los agrosistemas). Sin embargo, el concepto de empresa será diferente según el enfoque económico o sociológico que se emplee: empresa particular para el capitalismo, granja comunitaria para el comunismo, territorio comunal para una comunidad indígena en el cual predomina el objetivo de subsistencia (tanto la biológica de sus integrantes como la cultural de toda la comunidad), etc. Pero cualquiera fuere el enfoque utilizado, toda empresa agropecuaria representa un **tipo particular de sistema socio-económico**. Como tal, el agrosistema posee ciertas características particulares

derivadas especialmente de los subsistemas biológicos, de las tecnologías de producción específicas y del supersistema ecológico en el cual se sustenta.

La empresa, como agrosistema, debe ser diferenciada de los sistemas biológicos, si bien estos constituyen los subsistemas esenciales para caracterizar a una empresa como agropecuaria. Una de las características principales es el desempeño de plantas y animales en el proceso productivo. La producción coincide con los procesos vitales de plantas y animales, y sus atributos biológicos y fisiológicos son determinantes para el productor que trata de controlar el proceso productivo. Así, en contraste con el sistema hombre-máquina usual en industria, la unidad productiva en agricultura puede ser considerada como un sistema hombre-máquina-clima-suelo-planta-animal y, en consecuencia, interpretarse como una unidad biológica-económica particular (consecuencia: diseñar por análisis, ver 5.4).

El subsistema biológico, si bien necesario, no es condición suficiente para definir a un agrosistema, ya que no posee el objetivo fundamental de todo agrosistema. La función esencial de todo sistema biológico es subsistir, crecer y reproducirse, pero no la de satisfacer las demandas humanas de alimentos y materias primas. Esta última función es propia de los agrosistemas y se logra mediante la intervención del hombre a través de la tecnología que altera, dentro de los límites posibles, los procesos de plantas y animales en correspondencia con los intereses humanos.

La consideración e influencia de los subsistemas biológicos es fundamental e insoslayable en los niveles agrosistémicos menores: fitosfera, zoosfera y agroecosistema. En estos niveles las demandas y posibilidades de los subsistemas biológicos son determinantes en el proceso de toma de decisiones. En cambio, a nivel de empresa estas consideraciones pierden peso relativo frente a las directivas derivadas de los subsistemas económico y operativo (tecnológico).

También se debe diferenciar la empresa del sistema ecológico. Éste comprende a todos los subsistemas biológicos existentes en la región, condicionando las interacciones entre todos los seres vivos (incluidos los subsistemas biológicos del agrosistema) y con el ambiente edafoclimático. El ambiente natural puede tener sus aspectos favorables y desfavorables, pero es la base a partir de la cual el productor debe ajustar el tipo e intensidad del sistema de producción a desarrollar en su empresa.

Otra consecuencia específica del ámbito productivo es la incidencia de una importante cantidad de factores aleatorios, la cual es mayor que en otros tipos de sistemas económicos. La empresa agropecuaria, además de verse afectada por fluctuaciones del ambiente económico y por eventos políticos y macroeconómicos inciertos, tiene importantes fuentes de incertidumbre derivadas de las condiciones climáticas y de otras inherentes al comportamiento de los subsistemas biológicos (plagas, enfermedades, diferentes respuestas ante los mismos estímulos, etc.)

El factor tiempo es de especial importancia para los agrosistemas. No sólo por el dinamismo de los procesos biológico-productivos (irreversibilidad), sino también por ser estos predeterminados en sus secuencias y en su duración. El proceso productivo puede tener lugar en ciertos períodos del año y no en otros; la secuencia y duración de las etapas de crecimiento y desarrollo no pueden ser alteradas; la alta dependencia de las condiciones climáticas y de las interacciones con otros subsistemas biológicos (plagas, de comportamiento impredecible) impide anticipar con precisión qué tipos de labores serán necesarias, su cantidad, intensidad y oportunidad de ejecución, lo cual requiere ir ajustando el manejo y la aplicación de insumos a medida que se desenvuelve el proceso productivo, además de la aleatoriedad de la respuesta del subsistema biológico ante la aplicación de la tecnología seleccionada.

Desde el punto de vista de la tecnología, existe un macrosistema tecnológico con una gran variedad de herramientas y procedimientos disponibles para evaluar y controlar los diversos procesos del agrosistema. Pero de todo lo disponible, solo una parte podrá ser incluida en la empresa agropecuaria, dependiendo de las características de los otros subsistemas que la integran: desde el punto de vista del subsistema ecológico el tipo de herramientas de laboreo dependerá de la textura del suelo por ejemplo; desde el subsistema social, un factor preponderante será el nivel de instrucción de la mano de obra en el caso de incorporar tecnologías que demanden una alta

capacitación; desde el subsistema económico, la relación costo-beneficio será determinante en la adopción de nuevas técnicas o en la intensidad de aplicación de insumos; etc. Por lo tanto, de toda la tecnología disponible, en la empresa se podrá incorporar aquella apropiable por el agrosistema, y de ésta, luego de su evaluación productiva, económica y social, se deberá adoptar solo la apropiada.

Las empresas agropecuarias son subsistemas de sistemas económicos de mayor complejidad, tales como el sistema agroindustrial o las economías regional, nacional y mundial. Estos últimos constituyen el ámbito de precios, costos, demanda, competencia, leyes, créditos, etc., que condicionan los aspectos económicos y financieros de la empresa.

Por último, en toda empresa agropecuaria viven y trabajan personas. El subsistema social de los agrosistemas es el encargado de conducir y de darle una finalidad a la empresa. En la mayoría de los casos existe una división de las actividades, destacándose el o los encargados del gerenciamiento y administración de las actividades (subsistema gerencial). Este grupo humano está condicionado por el marco social (macrosistema sociedad) al cual pertenece: cultura, tradiciones, creencias, etc.

Todo lo anterior define a los agrosistemas como complejos, con un comportamiento irreversible, impredecible e irreproducible (cada empresa en particular es única).

2.3. El diseño de los agrosistemas

Debido a la imposibilidad de evadirse de las imposiciones ecológicas, el diseño de cualquier sistema agropecuario queda restringido a la adecuación y potenciación del territorio sobre el que se asienta el proceso productivo: las características ecológicas e infraestructurales (riego, energía, comunicaciones, etc.) que posibilitan o impiden la obtención de un producto son determinantes en la definición de la **factibilidad** del agrosistema propuesto.

La factibilidad del agrosistema deriva de la integración de dos aspectos:

- de los niveles de **productividad** posibles de alcanzar en la fitosfera y/o en la zoosfera, y
- la capacidad del agroecosistema de mantener niveles de producción aceptables en cada una de las fitosferas y zoosferas involucradas en su estructura: la **sostenibilidad** de la propuesta.

Obviamente, ambos aspectos dependen del nivel tecnológico aplicado a los procesos productivos y de su adecuación a las condiciones ecológicas bajo las cuales aquellos se desenvuelven.

Establecido (a) el nivel de producción posible de alcanzar, (b) su variabilidad y riesgos de obtención (considerando las condiciones ecológicas e infraestructurales), (c) el lapso durante el cual el agroecosistema mantendrá su capacidad productiva en niveles aceptables y (d) el estado en que quedará el agroecosistema luego del proceso productivo (niveles de nutrientes y tóxicos, de degradación física y biológica, etc.), se debe analizar el segundo nivel de restricciones: las económicas, que son las que definirán la **rentabilidad** del agrosistema. Precios de productos, costos de insumos, condiciones de mercado (exigencias sanidad y calidad, por ejemplo), posibilidad de obtención y costo de los créditos, etc., son algunos de los factores que definen el resultado económico del proceso productivo.

Debe advertirse que la factibilidad y rentabilidad son aspectos condicionantes que el productor no puede modificar o adecuar totalmente a sus necesidades. Es el productor el que debe acomodarse dentro del marco operativo impuesto por estos aspectos. Por otra parte, sólo mediante una acción política que involucre al conjunto de productores de una región se podrá incidir sobre la infraestructura, el mercado o los precios. De lo contrario, a nivel individual, cada productor dependerá, por un lado, de su capacidad para seleccionar la mejor alternativa tecnológica que potencie los aspectos bioproductivos favorables o minimice aquellos restrictivos de su agroecosistemas, y por otro lado, de su capacidad gerencial y de negociación para conseguir precios más favorables por su producción o menores costos por los insumos que adquiera.

En cambio, los dos niveles siguientes de restricciones (practicidad y aceptabilidad) pertenecen principalmente al ámbito particular de cada empresa. Una vez que se ha definido que un diseño es factible y que puede resultar beneficioso económicamente, el nivel productivo y el resultado económico a alcanzar dependerán de la superficie del predio (escala de la actividad), de la

capacitación de la mano de obra, del dimensionamiento del parque de maquinarias, del régimen de tenencia de la tierra, etc.; es decir, dependerán de aquellos factores que definan la **practicidad** de cada actividad propuesta. Cualquier nivel tecnológico propuesto es fuertemente dependiente de la tecnología apropiable en la empresa, de los precios de productos e insumos y de la relación insumo:producto que justifiquen su elección.

Por último, la propuesta de diseño de un agrosistema es estéril si no se adecua a las expectativas, intereses y respeta la escala de valores del productor. La **aceptabilidad** es el último y definitorio nivel de restricción a considerar. Para que los diseños de nuevos y mejores agrosistemas tengan una adopción generalizada, deberán ajustarse a las características psico-sociales y a las pautas culturales de los productores decisores.

Como conclusión, se puede afirmar que la **viabilidad** de cualquier diseño de un agrosistema se alcanzará sólo si se satisfacen simultáneamente los aspectos relacionados con la factibilidad, rentabilidad, practicidad y aceptabilidad de la propuesta.

3. OBJETIVO

Si se pretende formar un profesional capaz de crear condiciones que permitan al productor agropecuario tomar mejores decisiones en el contexto de una agricultura sostenible (diseño de agrosistemas viables), se considera imprescindible capacitar y entrenar a los Ingenieros Agrónomos en la aplicación de una metodología informática que haga posible:

- disponer de la multitud de datos ecológicos, biológicos, tecnológicos y económicos [*con bases de datos*];
- procesarlos según las leyes y metodologías de las disciplinas científicas que tratan cada uno de los aspectos de los agrosistemas [*con modelos de simulación y sistemas de información*];
- seleccionar las mejores alternativas de manejo, organización o comercialización a partir de criterios productivos, económicos y agroecológicos [*con sistemas de soporte de decisiones*];
- y transmitir la información en tiempo y forma adecuadas [*con ofimática y telemática*].

3.1. Hipótesis básica

En un fenómeno observable de cualquier agrosistema es factible desarrollar un método que permita elaborar su imagen o modelo que lo describa y explique y, a partir de ésta, luego de cuantificar la situación actual y los escenarios futuros probables, elaborar:

- (a) la imagen-meta o diseño de la empresa que satisfaga en mejor medida los objetivos,
- (b) el programa de las actividades, en términos de oportunidad e intensidad, necesarias para concretar el diseño, y
- (c) la cuantificación de los riesgos implícitos en la programación.

Los problemas agronómicos son de naturaleza tan compleja que es menester adoptar una perspectiva tal que permita manejarlos de manera que sea factible llegar a una solución. Los problemas que presentan este nivel de complejidad se denominan hiperproblemas y se los puede definir como situaciones complejas y difusas que tienen soluciones posibles, pero que no pueden ser resueltas en forma directa, es decir en su estructura primitiva (Gastó et al., 1984, también los tres párrafos que siguen)

Es factible representar el problema de la empresa agropecuaria (o de cualquier otro nivel agrosistémico) como un hiperproblema, el cual se puede transformar a través de un proceso de análisis en un conjunto finito de problemas más específicos que, por lo tanto, se transforman en discretos.

Los ligamientos entre cada uno de los elementos que conforman un problema específico deben ser más fuertes entre sí que los ligamientos entre distintos problemas específicos. Esto conduce a agrupar problemas por subsistemas según los tipos de relaciones entre los componentes involucrados: ecológicos, tecnológicos, económicos y sociales, y así descomponer el hiperproblema en los diversos problemas que contiene, posibilitando su tratamiento disciplinar. La solución

independiente de cada uno de estos problemas específicos conduce a un conjunto de soluciones merológicas que no representa necesariamente la solución del hiperproblema.

La solución holística del problema predial requiere transformar, en una siguiente etapa, mediante un proceso de síntesis, los problemas específicos en un sistema de problemas interrelacionados, lo cual constituye la solución holológica del problema. Esto obliga a un tratamiento interdisciplinario del hiperproblema. El sistema de problemas específicos comprende a la totalidad de la imagen o modelo del predio. Es fundamental que dicha imagen exprese lo mejor posible la complejidad y dinámica del sistema real, y, simultáneamente, permita lograr el máximo de controlabilidad del fenómeno predial en su globalidad.

Las herramientas y/o metodologías que se pretenden aplicar deberán reflejar esta problemática y representar todos los aspectos relevantes de los componentes de los agrosistemas y de sus relaciones. Todo esto con la finalidad de organizar, almacenar y aportar los datos e informaciones necesarias para que el productor y/o el profesional asesor puedan operar con las metodologías disciplinares que formalizan operativamente el diseño de agrosistemas superadores de la problemática empresarial desde el punto de vista de las disciplinas biológicas, ecológicas, tecnológicas y económicas.

4. PROPUESTA: LA AGROMÁTICA

La **Agromática** (Grenón, 1994) aparece como una de las herramientas de la metodología demandada en el párrafo anterior:

La Agromática es la aplicación de los principios y técnicas de la informática y la computación a las teorías y leyes del funcionamiento y manejo de los agrosistemas.

La Agromática es un modo de trabajo que, empleando los métodos e instrumentos que ofrece la tecnología informática, permite reunir y organizar los conocimientos de la multitud de aspectos (físico-químicos, biológicos, técnicos, económicos y sociales) que constituyen a los agrosistemas en un solo cuerpo operativo con vistas a una mayor eficacia de la actividad profesional de los ingenieros agrónomos.

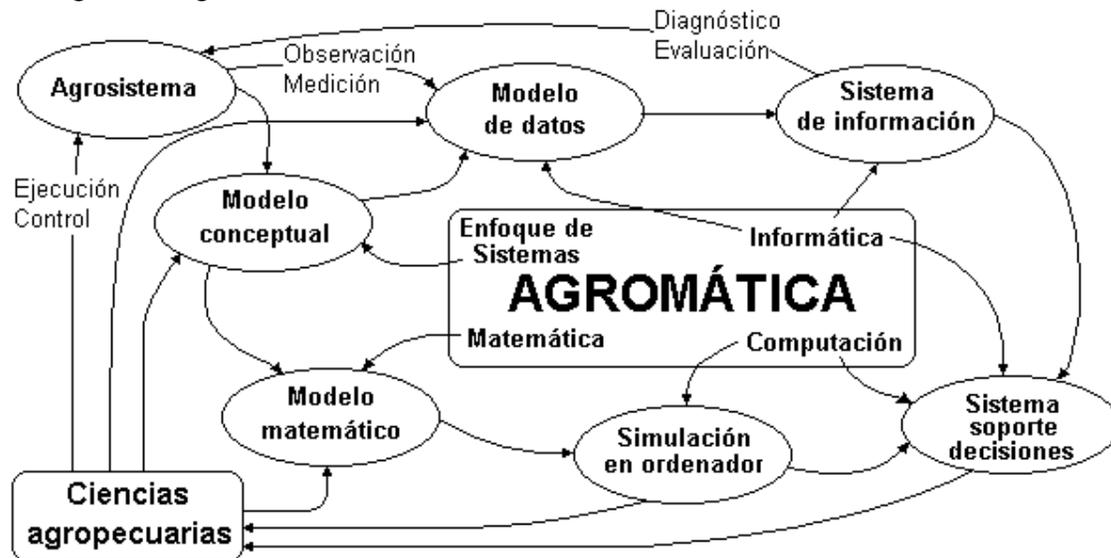


Figura 1: Esquema conceptual de la Agromática

Esto es posible porque la Agromática ha nacido de la síntesis de varias disciplinas (figura 1): del enfoque de sistemas con su integración conceptual, de la matemática con su unificación de conceptos mediante un código uniforme y operable, y de la computación y la informática que posibilitan la realización de gran cantidad de operaciones lógico-matemáticas sobre grandes volúmenes de información (fácilmente organizados, almacenados, recuperados y transmitidos) en muy poco tiempo.

Se propone, entonces, la planificación de actividades basadas en la aplicación de la Agromática con un enfoque integrador y complementario del resto de las asignaturas de la Carrera de Ingeniero Agrónomo.

Integrador porque, a través del enfoque sistémico, se trata de compensar la excesiva especialización de las distintas disciplinas. Para ello se ha dispuesto la realización de actividades integradoras en las cuales el alumno deba aplicar conceptos y metodologías de diversas asignaturas, en un ámbito interdisciplinario y con un objetivo que justifique y oriente el procedimiento a emplear.

Complementario porque no suplanta ni se sobrepone a los aspectos específicos de cada disciplina, sino que la Agromática aprovecha el conjunto de conocimientos propios de cada materia, lo cuantifica y lo integra en una metodología de gran valor teórico y práctico mediante aplicaciones concretas (modelos de simulación y sistemas de información) para el profesional en formación.

El diseño de una propuesta de contenidos y actividades para la capacitación y el entrenamiento en las aplicaciones agromáticas debe considerar los aspectos de:

- aportar conocimientos acerca de los fundamentos teóricos (los modelos conceptuales de las diversas disciplinas involucradas),
- información y entrenamiento en la aplicación de las metodologías y herramientas disponibles (tecnologías, tanto agronómicas como de procesamiento de la información),
- y, principalmente, las características del proceso cognitivo puesto en juego por parte del alumno para la concreción de su aprendizaje. En este sentido, la propuesta se debe basar en conceptos y teorías pedagógicas, sociológicas y psicológicas, entre otras, que fundamenten y justifiquen las actividades planificadas, es decir, considerar la incidencia y relevancia del *marco referencial* como componente básico de todo proyecto pedagógico (Vogliotti et al., 1998). Por ejemplo, tener en cuenta los conceptos de cognición situada o de aprendizaje práctico (“a la gente se le enseña dándole cosas reales para hacer”) y de aprendizaje justo a tiempo (“la gente aprende a desarrollar una aptitud o adquiere un conocimiento en el momento en que lo necesita”) (Reinhardt, 1995).

5. MARCO CONCEPTUAL Y OPERATIVO DE LA AGROMÁTICA

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, podemos definir un “marco conceptual y operativo” dentro del cual los profesionales agropecuarios deben insertar sus teorías y procedimientos para el diseño de agrosistemas sustentables y para la ejecución, control y evaluación de sus actividades productivas y económicas:

- La organización conceptual de la complejidad estructural y funcional de los agrosistemas, la cual se basa en la Teoría General de Sistemas, ya que ésta ofrece un “sustrato común a una gran variedad de fenómenos los que abren el camino a una aproximación unificada de las diversas disciplinas” (von Bertalanffy, 1979). Su principal utilidad es la de generar modelos conceptuales interdisciplinarios que posibiliten organizar la multitud de datos e informaciones disponibles de los agrosistemas en “esquemas mentales” (Sierra y Carretero, 1993) coherentes e interpretativos (y explicativos en lo posible).
- Para la formalización de la realidad observada y su codificación en herramientas que posibiliten su tratamiento y evaluación, se depende de las teorías y metodologías propias de las diversas disciplinas científicas que describen y explican los componentes y procesos de los agrosistemas. La Matemática, como lenguaje de la ciencia, se caracteriza por su capacidad de uniformar la expresión de los conceptos (independientemente de la disciplina que los genere, así posibilita concretar la interdisciplinariedad conceptual de los agrosistemas) y de hacerlos operables en forma rigurosa y objetiva. Este poder se logra cuando un formalismo (matemático) estructura y regula las manipulaciones empíricas y las percepciones sensibles que forman parte del proceso de observación y medición (en la confirmación de teorías, en la explicación de hechos, y también en las intervenciones tecnológicas de los agrosistemas). “*La virtud explicativa y predictiva del conocimiento científico, al igual que la eficacia práctica de la tecnología, se*

basan en que la realidad opera en la forma previamente definida por un formalismo. No parece que se haya dado cuenta de porqué esto es posible, pero se dispone del procedimiento adecuado para lograrlo” (Prado, 1993). Para ello es necesaria una correspondencia entre formalismo y experiencia, que es lo que se desea lograr en las etapas de diagnóstico y pronóstico. Este ajuste se busca eligiendo, por una parte, el sistema formal (ecuación/es matemática/s y/o modelo estadístico) más adecuado a la situación problemática que se investiga y, por otra parte, seleccionando o abstrayendo en ese dominio de experiencia las características que corresponden al formalismo (esencia de la función profesional del Ingeniero) definidas por las teorías propias de las disciplinas fácticas. Dada esta correspondencia entre la realidad experimental y el formalismo se establece un *continuum* entre las operaciones formales (matemáticas), las operaciones teóricas y experimentales de las ciencias empíricas involucradas en el proceso de formalización del agrosistema, las operaciones de la naturaleza y las operaciones tecnológicas. Esto es fundamental para el desempeño de un Ingeniero porque **“en las operaciones formales radica la regulación, el planeamiento y el control de todas las operaciones científicas y tecnológicas”** (Prado, 1993). En definitiva, el modelo conceptual se hace operativo al transformarlo en un modelo matemático.

- Los Sistemas de Información, cuando se diseñan con el apoyo conceptual y metodológico de la Teoría General de Sistemas, la heurística y las disciplinas propias del problema a analizar, potencian la capacidad de diagnóstico y resolución de problemas de todos los niveles de organización agrosistémicos y facilitan la transmisión de la información para el apoyo en la toma de decisiones.

5.1. Fundamentos desde la psicología cognitiva

Durante varias decenas de años (concretamente entre los veinte y los setenta del siglo pasado, aproximadamente) el término de aprendizaje hacía referencia exclusivamente al cambio de la conducta observable (conductismo) como resultado de la experiencia: dicha experiencia influía en los seres humanos a través de procesos de asociación o condicionamiento. En la actualidad, la definición que podemos dar de aprendizaje es claramente distinta porque tiene que incluir que el cambio no es solamente de conducta sino en el conocimiento del sujeto y, por supuesto, no se produce solamente mediante asociaciones sino mediante reorganizaciones del conocimiento, el cual se almacena en la memoria mediante un alto grado de organización en la cual cumplen un papel esencial los esquemas.

Los **esquemas** o representaciones mentales (Sierra y Carretero, 1993) comprenden todo el conocimiento genérico que hemos adquirido a través de nuestra experiencia pasada con objetos, situaciones, secuencias de situaciones, acciones, secuencias de acciones, conceptos, etc. Los esquemas son **modelos del mundo**, que representan el conocimiento que tenemos acerca del mismo.

En primer lugar, los esquemas se definen como estructuras y procesos mentales inconscientes que subyacen a los aspectos molares del conocimiento y de las destrezas humanas. Como estructuras de conocimiento se caracterizan por disponer de huecos o variables (slots), que pueden tomar valores fijos y/u opcionales. Un aspecto importante a destacar sobre la función de los huecos o variables es su disponibilidad para recibir asignaciones complementarias de información (default value). Esto es, los esquemas suelen disponer de información acerca de los valores que debe o puede tomar una variable para hacer comprensible un concepto, una acción o una situación, cuando la evidencia recibida sobre los mismos es incompleta o ambigua.

En segundo lugar, los esquemas se definen por su modularidad, ya que se supone que los distintos dominios cognitivos están representados por esquemas con diferentes características. Dentro de cada módulo, los esquemas se caracterizan por estar ligados unos con otros en sistemas relacionados. De manera que, en general, se admite que los esquemas están formados por un conjunto de subesquemas. Aunque también se acepta la existencia de esquemas primitivos, no configurados por otros esquemas.

En tercer lugar, los esquemas se caracterizan por organizar el conocimiento en rangos de representaciones, que van desde los rasgos más discretos hasta las categorías más genéricas. Es decir, pueden representar el conocimiento a todos los niveles de abstracción.

Una cuarta característica hace referencia a la clase de conocimiento representado por los esquemas. En este sentido, se entiende que en los esquemas está representado tanto el conocimiento semántico como el conocimiento episódico procedentes de las experiencias individuales y concretas.

En quinto lugar, los esquemas se caracterizan porque la elicitación de una de sus partes implica la activación del conjunto de la estructura. Y, una vez activados, se comportan como mecanismos activos de procesamiento, que operan de forma interactiva. Esto es, los esquemas participan activamente en la selección y codificación de la información recibida, pero, al mismo tiempo, los componentes de dicha información propician la activación y, si procede, la modificación de aquellos esquemas relevantes para su procesamiento.

A juzgar por las características apuntadas, los esquemas intervienen de modo decisivo en los procesos de memoria y aprendizaje. Por consiguiente, parece lógico tratar de realizar las derivaciones pedagógicas y didácticas para aprovechar estas características y este papel fundamental de los esquemas para aplicarlos a la formación de los Ingenieros Agrónomos, dado que la esencia de la función de estos profesionales se basa en la contrastación de las situaciones problemáticas con modelos conceptuales y en la prognosis del comportamiento de los agrosistemas ante la aplicación de alternativas tecnológicas utilizando también modelos que cuantifican el comportamiento del sistema.

Estos modelos, tanto conceptuales como en su versión operativa, poseen características semejantes a la de los esquemas antes presentados. En este sentido es que se proponen los modelos de simulación tanto como las herramientas ideales para aprovechar tanto las características de los esquemas como para satisfacer las demandas operativas del ejercicio profesional de la Ingeniería Agronómica.

5.2. Interdisciplinariedad

La problemática de la interdisciplinariedad evoca la idea de puesta en común y de intercambio entre diferentes disciplinas. Es una forma de preocupación por tender hacia la unidad del saber, habida cuenta de la complejidad de la realidad como totalidad. Esto no nace de especulaciones de gabinete, sino que surge de una preocupación práctica: la búsqueda de un mejor tratamiento de problemas prácticos. Es en las ciencias aplicadas, o en la aplicación de las ciencias, donde la interdisciplinariedad encuentra su lugar de realización (Ander-Egg, 1994).

Se entiende por interdisciplinariedad la reorganización o recomposición de los dominios del saber de diferentes disciplinas a través de una serie de intercambios mutuos, logrando la captación de problemas comunes y la identificación de estructuras constantes. Es un enfoque derivado de la Teoría General de Sistemas, la cual aborda la realidad como un cierto número de elementos en interacción.

Cada uno de los elementos o subsistemas de un agrosistema corresponde al dominio de alguna disciplina en particular. Pero al incorporarlos en un nivel organizacional de mayor complejidad, dichos sistemas (ahora elementos o subsistemas) se transforman en constituyentes de un sistema que “adquiere” propiedades emergentes específicas (Bunge, 1995) lo cual obliga a considerar al sistema como un objeto de estudio particular distinto a cada uno de los elementos que lo constituyen (Decimos que una propiedad de un sistema es emergente si y solo si no la posee ninguna de las partes. Por ejemplo, las poblaciones tienen propiedades y relaciones que no posee ninguno de los individuos aislados que la componen: tasa de natalidad y mortalidad, relaciones de predación, competencia, mutualismo, de agregación espacial, etc.) En consecuencia, si este nivel de mayor complejidad no constituye el objeto de estudio de otra disciplina en particular, deberá ser estudiado mediante la interacción de las disciplinas que estudian a los elementos y/o sus relaciones.

La interacción de las disciplinas (que es lo que define lo que es interdisciplinariedad) puede ir desde la simple comunicación de ideas hasta la integración mutua de conceptos rectores, de metodologías o de procedimientos; pero hay real interdisciplinariedad cuando existe correlación: un trabajo de unificación de actividades que corresponden a diversas disciplinas, a fin de que no se efectúen en forma aislada, dispersa y fraccionada. Las disciplinas no pierden su autonomía, sino que tratan de encontrarse con las demás, siempre que ello sea necesario y oportuno, al margen de cualquier artificialismo.

Tenemos distintos tipos de interdisciplinariedad según el grado y calidad de la correlación entre disciplinas:

Interdisciplinariedad instrumental: Se da cuando una disciplina aporta a otra los instrumentos o metodología para el tratamiento de la realidad y/o el procesamiento de conceptos y datos. Básicamente, todo lo relacionado con el análisis y diseño cuantitativo de los agrosistemas deberá apoyarse: (a) en las metodologías específicas para la descripción y cuantificación de los diversos componentes, de sus procesos y de sus interacciones (Química, Física, Microbiología, Fisiología, Economía, etc.) y (b) en el sistema de procesamiento de estos datos para la operacionalización de los conceptos (Matemática, Estadística, Computación).

Interdisciplinariedad estructural: La estructura teórica que soportará a los nodos deberá basarse necesariamente en las leyes y teorías de las disciplinas básicas (Física, Química, Biología, Economía, Sociología) y de la Teoría General de Sistemas.

Interdisciplinariedad operativa: Los métodos de análisis y de procesamiento de datos de los agrosistemas también se basarán en los de las disciplinas básicas que atienden a los constituyentes del sistema considerado.

5.3. Enfoque de sistemas

El enfoque sistémico es una manera de concebir las cosas, así como de abordar y formular problemas. Se caracteriza por concebir todo objeto como una totalidad compleja o un componente de tal. Admite la necesidad de estudiar los componentes de un sistema pero no se limita a ellos. Reconoce que los sistemas poseen características de las que carecen sus partes, pero aspira a entender estas propiedades sistémicas en función de las partes del sistemas y sus interacciones, así como en función de circunstancias ambientales: invita a estudiar la composición, el entorno y la estructura de los sistemas de interés.

Este enfoque impone un carácter interdisciplinar en el estudio de la realidad empresarial, ya que esta metodología asume la responsabilidad de orientar la cooperación de conocimientos complejos, aparentemente diferenciados, explicativos del desenvolvimiento de la empresa en conexión con su ambiente (Bunge, 1995).

De esta cooperación de conocimientos se obtiene el deseable nivel de coherencia, o lo que es lo mismo, la consistencia interna de las disciplinas en sus formulaciones teóricas y derivaciones prácticas. Así, este enfoque no sólo es válido desde un prisma teórico sino también operativo, ya que ofrece posibilidades de planificación, de control, de creación de sistemas de comunicación y de estructuras homeostáticas, de desarrollo de procesos de decisión bajo incertidumbre (Guerras Martín, 1989), “no sólo es prescriptivo sino normativo” (Bunge, 1995).

Otro aspecto importante del enfoque sistémico lo constituye la idea de globalidad, la cual sustituye las aproximaciones parciales por las totales pero manteniendo la consideración de los aspectos específicos de los componentes, mecanismos y procesos, de forma tal que los subsistemas que integran la organización como un todo quedan perfectamente engranados, controlados e instrumentados para cuantificar, simular y evaluar así los objetivos del sistema más complejo de una manera práctica y más eficiente.

5.4. Modelos de agrosistemas

La característica esencial del enfoque sistémico es el desarrollo de teorías expresadas en el lenguaje matemático. El propósito de las teorías biofísicas es explicar cuantitativamente los

mecanismos que determinan el hábitat agrícola, especialmente el microambiente, y los procesos biológicos de los cultivos que dichos mecanismos estimulan, inhiben o con los cuales interactúan. Los mecanismos se refieren principalmente a los fenómenos de transporte y transformación de energía, momento y materia entre la vegetación, el suelo y la atmósfera. Y lo mismo puede afirmarse para los niveles agrosistémicos más complejos que la fitosfera, sólo que, además, deberán incorporarse teorías y simularse mecanismos y procesos tecnológicos, económicos y sociales.

El método físico matemático hipotético-deductivo utilizado conduce a la formulación de **modelos**. Un modelo matemático consiste, en esencia, en una ecuación o conjunto de ecuaciones que representan la estructura y el funcionamiento de un sistema. Estas ecuaciones expresan las hipótesis o supuestos, o en otros términos, el conocimiento e interpretación que se tiene del sistema real. Cuando el sistema cambia con el transcurrir del tiempo, como es el caso de la fitosfera, se hace referencia a modelos de simulación dinámicos.

Un **modelo** es una descripción abstracta del mundo real, es una representación simple y manejable de más complejas formas, procesos y funciones de fenómenos físicos, biológicos o de ideas (Duek, 1979)

En general, los modelos cualitativos de sistemas se construyen considerando un sistema s en un instante t dado. Llamemos $C(s,t)$ la **composición** o colección de todas las partes de s en t . Llamemos $E(s,t)$ al **entorno** de s en t , o sea, la colección de todas las cosas que, sin estar en $C(s,t)$, actúan sobre s o están sujetas a la acción de s al tiempo t . Dado que las componentes del sistema actúan entre sí, s tiene una **endoestructura**. Ésta es la colección de todas las relaciones -en particular los enlaces o conexiones- entre dichos componentes. (Un enlace o conexión entre dos cosas es una relación que modifica a ambas. Los enlaces químicos y las relaciones económicas son de este tipo.) Dado que el sistema tiene un entorno, también tiene una **exoestructura**, o colección de enlaces o vínculos con cosas de su entorno. (Obviamente, las entradas y salidas del sistema están incluidas en su exoestructura.) La unión o suma lógica de la endoestructura y la exoestructura de s en t será $S(s,t)$, la **estructura total** de s en t (Bunge, 1995).

Ahora disponemos de todos los ingredientes necesarios para construir el más simple de todos los modelos realistas de un sistema concreto. Éste, el modelo **CES**, es la terna ordenada de las tres colecciones que acabamos de definir, o sea, $M(s,t) = \langle C(s,t), E(s,t), S(s,t) \rangle$. El modelo **CES** es simple sólo en apariencia, porque en la práctica requiere el conocimiento de todas las partes del sistema de interés, de las interacciones entre sus componentes, y de éstas con el resto del universo (Bunge, 1995).

Cuando estos modelos iniciales, basados en las experiencias cotidianas, son formalizados incorporándolos en marcos conceptuales aportados por alguna ciencia, puestos a prueba en ensayos y/o experimentos, y traducidos a un código matemático o estadístico, se obtienen los denominados **modelos matemáticos**.

El propósito general de los modelos es facilitar la comprensión e incrementar la predicción (Duek, 1979), aspectos fundamentales en las funciones profesionales de los ingenieros. Así se tiene que la ciencia en la investigación básica desarrolla y usa modelos para comprender cómo son las cosas en el mundo real, de manera de poder predecir cómo serán (análisis), mientras que la ingeniería, con su investigación aplicada, tiene que ver con cómo deben ser las cosas y genera modelos de sistemas modificados y conducidos para alcanzar los objetivos estipulados (diseño). En el manejo de los agrosistemas se utilizan estas dos etapas en forma tan integrada que puede decirse que en realidad se hace **diseño por análisis** (Duek, 1979): solamente a partir del exhaustivo conocimiento del agrosistema preexistente se pueden planificar y ejecutar las modificaciones necesarias para desarrollar la nueva propuesta, considerando las características de **aleatoriedad** (derivada del comportamiento de los macrosistemas ecológico y económico), de **complejidad** por los numerosos subsistemas altamente interrelacionados y respetando las de **dependencia** de los ciclos biológicos (determinados, dinámicos e irreversibles), lo cual restringe las posibilidades de diseño de nuevos agrosistemas a la adecuación de las alternativas tecnológicas a los límites de las propiedades del substrato ecobiológico y a las imposiciones de los macrosistemas.

Si se necesita un modelo cuantitativo de un sistema (*y en ingeniería agronómica siempre se los necesita*) se lo puede construir de diversas maneras. Una de ellas es escribir un sistema de ecuaciones diferenciales (o en diferencias finitas), a razón de una por propiedad básica. Un método más poderoso es comenzar postulando un único principio variacional que involucre las mismas variables e implique las ecuaciones diferenciales correspondientes. Un tercer método es aún más general que los precedentes, aunque se combina naturalmente con ellos: es el enfoque del espacio de los estados (Bunge, 1995).

Lo esencial del enfoque del espacio de los estados (o fases) consiste en empezar por identificar el sistema de interés y sus propiedades características. Luego se representa cada una de éstas por una función matemática (variable de estado). El próximo paso es estudiar los cambios de la función de estado en el espacio y en el tiempo. Las variables de estado representan cantidades de una propiedad (materia, energía, información). Las variables ambientales caracterizan las interacciones de borde del sistema. Cada variable de estado está asociada con parámetros y otras variables de estado o ambientales a través de ecuaciones que caracterizan su tasa de cambio en ciertos instantes como resultado de procesos específicos. Estas ecuaciones expresan los flujos de la propiedad considerada y sus valores dependen de las variables de estado y ambientales, de acuerdo a reglas basadas en el conocimiento disciplinar del proceso estudiado y no en un análisis estadístico del comportamiento del sistema en estudio (generalmente de correlación entre las entradas y salidas del sistema: modelos de caja negra). Esta es la diferencia más importante entre modelos que sólo describen (empíricos, importantes en el enfoque técnico de la solución de un problema) y modelos que intentan explicar (hipotético-deductivos, imprescindibles en el tratamiento ingenieril de una situación problemática), es decir, que constituyen una demostración de que ciertas cosas siguen necesariamente de otras (Duek, 1979).

El método del espacio de los estados, al igual que el modelo CES, puede utilizarse por doquier, desde la física hasta las humanidades. Esto no significa que podrá ahorrarnos una investigación detallada del sistema en interés. En general, el enfoque sistémico no reemplaza a la investigación: sólo es una herramienta heurística que facilita el planteo de problemas y la construcción de modelos para resolverlos. En otras palabras, no es una teoría prefabricada que sirve para todo, sino un andamiaje útil para plantear problemas y diseñar proyectos de investigación concernientes a sistemas de cualquier tipo (Bunge, 1995).

Un modelo pretende asemejarse al sistema real e imitarlo en su comportamiento, pero es más sencillo y cómodo que aquel. Las ecuaciones pueden resolverse para obtener valores de predicción, de este modo los supuestos e hipótesis empleados en la construcción del modelo pueden contrastarse con mediciones experimentales en el sistema real, y así ser refutados o confirmados. El fracaso de un modelo en cuanto a predecir el comportamiento del sistema real es útil en sí mismo, porque señala las fallas del marco conceptual a partir del cual se elaboró.

Si bien los modelos de simulación de la fitosfera son abstracciones imperfectas del sistema real, representan para la agronomía, y en particular para el ingeniero agrónomo, instrumentos útiles porque las respuestas y predicciones técnicas (aún provisionales) acerca de importantes problemas de productividad y conservación, y las líneas de acción que se deduzcan de ellas, pesan más a la larga que el tratamiento preciso de detalles de menor relevancia.

Desde el punto de vista de la formación de los Ingenieros Agrónomos los modelos presentan las siguientes utilidades (Innis, 1973):

- **Conceptual:** se refiere a los beneficios derivados de la concepción de los agrosistemas en términos de algún tipo de modelo. Esta utilidad surge del hecho de que el modelo provee un marco de referencia en cual basar el pensamiento (los mapas conceptuales o esquemas de la psicología cognoscitiva, ver 5.1): identificación de los principales componentes y procesos del sistema y de sus relaciones, es decir, la teoría con la cual contrastar la realidad a fin de realizar el diagnóstico. Se destacan inmediatamente las aplicaciones docentes con el objetivo de incrementar el nivel de comprensión de los agrosistemas.

- **De desarrollo:** es la que se obtiene al desarrollar el modelo de simulación. Es necesario un pensamiento preciso. Al tratar de lograr que varios conceptos operen simultáneamente dentro de la teoría de los agrosistemas, se está forzando a los alumnos a estudiar interrelaciones y se pueden descubrir inconsistencias que estaban incluidas en la fase conceptual. Son importantes estos procedimientos rigurosos de análisis, tanto para la docencia como para la investigación, ya que exigen un gran esfuerzo cuantificador. Además, se hace un mayor empleo del método deductivo, en contraste con el tradicional inductivo, y se obliga a una mayor claridad en las hipótesis y en el diseño de los experimentos en procura de una definición precisa de los fenómenos y de sus factores condicionantes. Para la formación profesional, el aporte en este sentido se resume en la capacitación y entrenamiento del alumno en el reconocimiento de los factores, variables y procesos pertinentes y relevantes del problema agronómico.
- **De la salida:** se refiere a los beneficios que se pueden obtener de la impresión de los resultados, producto final de la actividad de modelación y simulación. En lo que se refiere a la capacitación y entrenamiento en el empleo de los modelos, la simulación de casos por ordenador crea en el usuario una actitud de "experiencia práctica", debido a la multiplicidad de situaciones que puede confrontar en poco tiempo y a la variedad de alternativas (ecológicas, técnicas y económicas) que pueden evaluarse. La interacción entre usuario y modelo desarrolla la intuición de las interdependencias y permite prever mejor las reacciones del agrosistema. Estas prácticas ante el ordenador agudizan el sentido crítico y el juicio con los que el alumno enfrentará la realidad, profundizando su percepción acerca de las probables causas y de las posibles soluciones de los problemas prácticos que encontrará en su futura actividad profesional.

Estos modelos pueden enfocar a la fitosfera desde un punto de vista global (modelos de crecimiento y desarrollo de cultivos) o centrarse en aspectos parciales como ser modelos de los factores restrictivos (p.e., dinámica de poblaciones de patógenos, insectos o malezas, y su incidencia sobre la producción de los cultivos) o de otros factores condicionantes o modificadores de los cultivos (p.e., modelos del crecimiento y desarrollo de los animales domésticos que los utilizan como substrato alimenticio). De la interacción de los modelos del crecimiento y desarrollo de animales domésticos y de los correspondientes a las pasturas surgen los modelos de producción animal.

En el nivel jerárquico superior a la fitosfera, el agroecosistema, la integración de los modelos de producción vegetal y animal, simulando las secuencias de cultivos o las rotaciones agrícola-ganaderas (cuantificando los rendimientos probables, la exportación de nutrientes y la aplicación de agroquímicos), aporta los elementos necesarios para la evaluación de las técnicas de manejo más apropiadas para la obtención de los máximos rendimientos compatibles con el objetivo de sostenibilidad del agroecosistema.

La integración de los modelos de producción vegetal y animal con otros aspectos como ser parque de maquinarias, mano de obra, infraestructura, factores financieros y de comercialización, brinda los datos necesarios para el análisis, seguimiento y proyección de los aspectos administrativos y gerenciales del agrosistema en estudio, a fines de planificar y evaluar las modificaciones pertinentes en cualquiera de los subsistemas analizados para lograr los objetivos del empresario.

Por último, la disponibilidad de datos censales o de encuestas permite caracterizar los diferentes tipos de empresas agropecuarias, y su proporción, que podemos hallar en una región. Estos datos constituyen la base para la aplicación de modelos dirigidos a apoyar la planificación regional (evaluación económica de la incorporación de nuevas técnicas, estudio de cuencas hidrológicas, análisis del impacto del empleo de pesticidas sobre la contaminación del ambiente regional, etc.).

Paralelamente a lo anterior, toda actividad agropecuaria tiene su base en un ecosistema original fuertemente condicionado por su ubicación geográfica (topografía, suelos, clima, vegetación y fauna original, distancia a centros de comercialización, etc.) que determinan el tipo e intensidad de producción factible de realizar. Es importante, en consecuencia, que todo análisis para

el control y la toma de decisiones acerca de las actividades de un predio o de una región agropecuaria permita incluir y representar sus referencias geográficas y sus relaciones espaciales con otros factores productivos. Por lo tanto, la representación espacial y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica de la biogeoestructura, tecnoestructura, hidroestructura y de los espacios de un establecimiento o de una región es fundamental para el desenvolvimiento de las actividades profesionales de los Ingenieros Agrónomos.

5.5. Modelo de datos y sistemas de información de la empresa agropecuaria

El sistema de información de la empresa agropecuaria debe satisfacer una alta y variada demanda de datos e informaciones a fin de cuantificar y evaluar las propuestas productivas, tecnológicas y económicas contemplando simultáneamente todos los ejes que definen la viabilidad y/o el resultado de dichas propuestas: productividad, sustentabilidad, practicidad, rentabilidad y aceptabilidad. Por lo tanto, el modelo de datos (y la base de datos generada a partir de él) sobre el que se asienta el sistema de información debe ser capaz de almacenar y relacionar los datos ambientales (suelos, clima, unidades de producción), productivos (dinámica productiva de plantas y animales, rendimientos, plagas, enfermedades, etc.), estructurales (construcciones, almacenes, mejoras, etc.), tecnológicos (herramientas, maquinarias, insumos, servicios aplicados en los procesos productivos), económicos (ingresos, egresos, costos, amortizaciones, intereses, etc.) y sociales (personal dedicado, parámetros de eficiencia de las labores realizadas, tiempos de trabajo, etc.) que conforman a cada uno de los diversos subsistemas de una empresa agropecuaria (Grenón y Mansilla, 2005).

Para lograr el modelo de datos propuesto se parte del Enfoque de Sistemas para definir la estructura (componentes o entidades y sus relaciones), procesos, funciones, entradas, salidas, límites y objetivos del agrosistema a modelar (la empresa agropecuaria). Luego, el modelo conceptual se formaliza a través de las disciplinas científicas que abarcan a cada uno de los aspectos considerados. La metodología científica de cada disciplina agronómica especifica cómo y qué datos deben procesarse para los pasos de análisis, diagnóstico, planificación, control y/o evaluación de cada uno de los procesos de la empresa agropecuaria. Por último, los datos se organizan en un Sistema de Procesamiento de Datos como atributos de las entidades relacionadas. Estas entidades representan básicamente los componentes de los diversos subsistemas de una empresa agropecuaria, mientras que sus interrelaciones se manifiestan a través de las consultas que responden a los procedimientos disciplinares de los diversos procesos a evaluar, diagnosticar, planificar o simular.

El Sistema de Información Gerencial se basa en el sistema anterior y agrega capacidad de cálculo para situaciones de control, evaluación y toma de decisiones estructuradas: cálculo de resultados, resúmenes de actividades normalizadas, etc. Mientras que para la toma de decisiones ante situaciones de mayor complejidad para las cuales no se disponen de procesos normalizados ni estructurados se deberá organizar un Sistema de Soporte de Decisiones: herramientas para diseñar escenarios futuros probables con la aplicación de los modelos de simulación para evaluar el impacto de situaciones hipotéticas y manejos alternativos, cuantificando el riesgo asociado a cada situación.

6. INSERCIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS

Por el enfoque integrador y complementario propuesto para las actividades docentes de la Cátedra, y por los niveles agrosistémicos, las áreas y los aspectos agronómicos involucrados, se entiende que es necesario que **Agromática** abarque temas dictados en todos los años de cursado de la carrera de Ingeniería Agronómica.

Es necesario también que Agromática coordine, programe y efectivice las actividades de la cátedra conjuntamente con las asignaturas que tengan alguna relación con los temas planificados. Sólo aquellos temas o aspectos muy específicos de Agromática, como ser los directamente relacionados con el empleo de ordenadores, programación o aplicación de utilitarios, se programan e instrumentan en forma individual por esta cátedra. Así se obtienen tres grandes beneficios:

⇒ El alumno accede a la tecnología informática y a las aplicaciones agromáticas en forma gradual y continua, mediante prácticas simultáneas al acceso a los conocimientos que le imparte el resto de las asignaturas.

⇒ Las prácticas no sólo acompañan y refuerzan los conocimientos que se incorporan en ese momento, sino que los van estructurando en un esquema conceptual integrador con las asignaturas correlativas anteriores y posteriores. De este modo, programas que en materias anteriores fueron el eje de la práctica, ahora se transforman en subrutinas que procesan aspectos parciales del nuevo sistema en estudio.

⇒ Se rompe la tradicional estructura de asignatura, la cual es estrictamente disciplinaria. Si se pretende realizar una actividad interdisciplinaria integradora no se puede conservar un esquema didáctico analítico y disciplinario.

La propuesta pedagógica contempla la aplicación continua de modelos de simulación de complejidad creciente a lo largo de la carrera, analizando desde los componentes aislados hasta los agrosistemas completos en sus diversos niveles jerárquicos (figura 2) en instancias integradoras de conceptos y metodologías propias de las disciplinas base constituyentes de la Agronomía.

El objetivo es que el alumno incorpore y asimile la Agromática en un proceso de descubrimiento continuo de las posibilidades de aplicación que tiene esta herramienta. Ésta, a medida que el alumno incrementa su bagaje de teorías acerca del funcionamiento y conducción de los agrosistemas, se transformará (además) en una práctica cotidiana útil para el ejercicio de su profesión.

6.1. Objetivos direccionales de la Cátedra

- ↳ Contribuir al perfeccionamiento de los Ingenieros Agrónomos y al mejoramiento de la calidad y de la eficacia de sus funciones profesionales en su ámbito socio-económico específico.
- ↳ Aportar teorías y conocimientos sobre los procesos y metodologías de análisis y diseño de sistemas de información, con especial énfasis en las empresas agropecuarias, los procesos agroproductivos, la evaluación económica de sus resultados y la cuantificación de la sostenibilidad de las propuestas tecnológicas.
- ↳ Actualizar y complementar la formación profesional de los alumnos mediante una formación académica especializada (en el análisis y diseño de sistemas de información de los procesos bio-técnico-económicos de las empresas agropecuarias y en la aplicación de modelos de simulación de los procesos agronómicos) que potencie la capacidad de diseño de alternativas tecnoeconómicas que contemplen equitativamente los objetivos de factibilidad, productividad, rentabilidad, sostenibilidad y aceptabilidad de los agrosistemas.
- ↳ Entrenar y habilitar a los alumnos en el uso y aplicación correcta de las herramientas informáticas disponibles.

6.2. Organización de los contenidos y actividades

Para asegurar el logro de las metas arriba planteadas es que se planifican:

- ◆ Actividades de desarrollo de contenidos disciplinares y entrenamiento en habilidades instrumentales básicas: **Informática Básica**
- ◆ Actividades de integración basadas en la ejecución de prácticas profesionales en situaciones reales y en el desarrollo y/o utilización de modelos de datos y de simulación:
 - Participación en actividades de los **Nodos de Integración**.
 - Propuesta de asignaturas optativas: **Agromática I: Sistema de información de la empresa agropecuaria**.
 - Propuesta de pasantías y trabajos finales de graduación

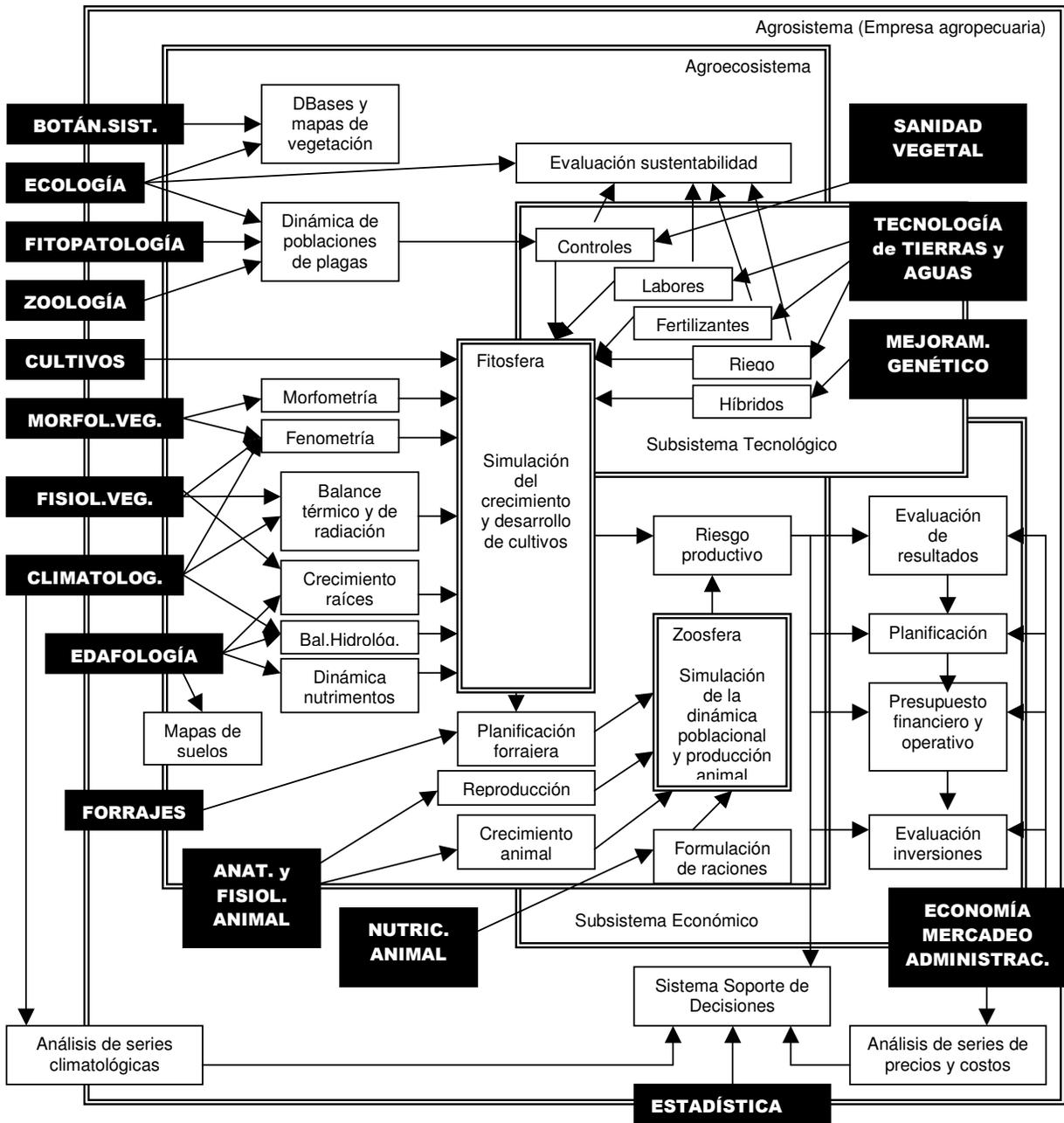


Figura 2: Esquema simplificado de las aplicaciones agromáticas en la formación de Ingenieros Agrónomos al nivel de Empresa (Referencias: **ASIGNATURAS** , Aplicaciones, Agrosistemas)

6.2.1. Informática Básica

Objetivos específicos de la asignatura:

Que los participantes:

- ⇒ Asuman la necesidad de adoptar los conceptos e instrumentos de la tecnología informática en forma permanente en su ejercicio profesional.
- ⇒ Puedan seleccionar y aplicar los conceptos e instrumentos de la tecnología informática más adecuados a las características de su función profesional y del ámbito socio-económico y productivo en el que se desenvuelven.
- ⇒ Adquieran la habilidad suficiente en el uso de los ordenadores electrónicos y de sus programas utilitarios básicos.

Programa analítico

I. El ordenador personal: Sus partes: el soporte físico (*hardware*) y el soporte lógico (*software*). Características de la información digital. El microprocesador, memoria de almacenamiento primario y secundario, transmisión de datos. Dispositivos de entrada y salida de la información (datos), periféricos de almacenamiento. Parámetros de funcionamiento y evaluación.

II. Sistemas operativos: Concepto y funciones del sistema operativo de un ordenador personal. La interface grafica de uso generalizado. Instalación y ejecución de aplicaciones. Administración de archivos y unidades. Personalización del sistema.

III. Programas de aplicación: Operaciones básicas con Procesadores de texto, planillas de cálculo y programa de presentaciones.

III.1 Procesadores de textos: Configuración de página. Secciones. Tipos de letras y efectos especiales. Párrafos: Alineación, Interlineado, Sangrías. Edición de textos: Cortado, pegado, copiado de bloques. Inserción de objetos multimediales. Edición de varios documentos simultáneamente. Guardado y recuperación de documentos. Impresión de documentos. Edición en columnas. Tablas. Diagramas de bloques y de flujo.

III.2 Planillas de cálculo: Cuaderno. Hoja. Celda. Propiedades. Edición de fórmulas y textos. Direccionamiento relativo y absoluto. Generación de gráficos. Funciones matemáticas y estadísticas. Impresión de documentos. Intercambio de información con otros utilitarios.

III.3 Presentaciones multimedia: Presentación. Diapositiva. Objetos multimediales. Animación de objetos. Transición de diapositivas. Botones de control. Hipervínculos. Guión de la presentación.

IV. Redes de ordenadores:

IV.1 Redes de ordenadores: Redes locales. Recursos compartidos. Modos de conexión y protocolos de comunicación. Redes públicas: Internet. Servicios básicos: correo electrónico, hipertexto, buscadores, etc. Campus virtuales.

IV.2 Seguridad informática: Virus y demás programas dañinos. Principales tipos: modos de acción y de contagio. Medidas de prevención. Programas antivirus: funciones y modos de acción. Utilidad de cada tipo de detección y control.

Cronograma y forma de trabajo

| Semana | Tema |
|--------|---------------------------------|
| 1 | I. El ordenador personal |
| 2 | I. El ordenador personal |
| 3 | II. Sistemas operativos |
| 4 | II. Sistemas operativos |
| 5 | III.1 Procesadores de textos |
| 6 | III.1 Procesadores de textos |
| 7 | III.1 Procesadores de textos |
| 8 | III.2 Planillas de cálculo |
| 9 | III.2 Planillas de cálculo |
| 10 | III.2 Planillas de cálculo |
| 11 | III.3 Presentaciones multimedia |
| 12 | III.3 Presentaciones multimedia |
| 13 | IV.1 Redes de ordenadores |
| 14 | IV.1 Redes de ordenadores |
| 15 | IV.2 Seguridad informática |

El cronograma anterior se dictará en el primer cuatrimestre de cursado: 2 (dos) horas semanales de clases expositivas donde se desarrollarán los aspectos teóricos y se demostrarán los modos de uso y aplicación de los aspectos prácticos y 2 (dos) horas semanales de prácticas en los ordenadores del Gabinete de Informática con apoyo del docente, además de los horarios de consultas. Los alumnos podrán realizar sus prácticas en base a guías preparadas por la cátedra en la que figurarán actividades y la bibliografía básica. Dispondrán de horarios de práctica individuales en el Gabinete de Informática cuando éste no sea utilizado para el dictado de clases.

Durante el segundo cuatrimestre se repetirá el mismo cronograma pero las clases serán sólo de práctica y/o consultas (2 horas semanales) en el Gabinete de Informática a fin de reforzar aquellos aspectos que no fueron correctamente aprendidos en el primer trimestre. En ellas, los alumnos trabajarán con las guías de trabajos prácticos, que se organizarán de acuerdo a la estructura del programa. Las clases serán de participación activa de los alumnos.

Régimen de promoción de la asignatura

Para promocionar Informática Básica los alumnos deberán aprobar todos los exámenes parciales de la asignatura (uno por tema o subtema, 7 evaluaciones en total).

En todos los turnos de exámenes de la carrera de Ingeniería Agronómica los alumnos dispondrán de fechas para presentarse a rendir la asignatura o para promocionar uno o más temas del programa analítico de Informática Básica. Sólo cuando pretendan rendir la asignatura (o terminar de rendir los parciales faltantes de aprobar) deberán inscribirse en Alumnado para que se los incluya en Acta de Exámenes. Para promocionar parcialmente la asignatura (de uno hasta seis temas del programa analítico) solicitarán autorización directamente al responsable de la Cátedra de Agromática para coordinar la fecha y temas a rendir. Para la promoción parcial de la asignatura estarán disponibles además los horarios de consultas durante las semanas de cursado. En el examen final sólo deberán rendir el/los tema/s no promocionado/s previamente.

Los exámenes parciales serán escritos u orales en el caso de temas con preminencia teórica (Temas I, II, IV.1 y IV.2). De lo contrario, el parcial consistirá en la realización de alguna actividad práctica sobre ordenador (Tema III.1, III.2 y III.3). Para poder rendir algunos temas prácticos, se prevé que el alumno deba preparar y presentar una carpeta con actividades prácticas relacionadas con la herramienta informática específica.

Correlatividades y período de promoción

Informática Básica es una asignatura, que al igual que Idioma Extranjero, se incorporó en el nuevo Plan de Estudios por directivas de la Universidad Nacional del Litoral. En el Plan de estudios vigente se demanda a los alumnos aprobarla antes de ingresar al cuarto trimestre de cursado debido a que se considera necesario que manejen la herramienta informática a fin de poder aplicarla en las actividades del Nodo de Integración I, Edafología, Agroclimatología, etc.

6.2.2. Agromática I: Sistema de información de la empresa agropecuaria

Objetivos específicos:

Que los alumnos:

Asuman la necesidad de adoptar los conceptos e instrumentos de la tecnología informática en forma permanente en su ejercicio profesional.

Sean capaces de formalizar un modelo de datos de la empresa agropecuaria que les permita analizar, controlar y evaluar los procesos agroproductivos.

Puedan seleccionar y aplicar los conceptos e instrumentos de la tecnología informática más adecuados a las características de su función profesional y del ámbito socio-económico y productivo en el que se desempeñarán.

Desarrollen y usen una herramienta informática específica (sistema de información técnico-económica) para apoyo de su función profesional.

Extiendan al medio agroproductivo los beneficios de la Agromática.

Programa analítico:

Parte I: Fundamentos teóricos

1. Enfoque de sistemas. Agrosistemas. Niveles de organización. Campos disciplinares asociados a cada nivel.
2. Función del Ingeniero Agrónomo. Formalización de la realidad. Complejidad. Heurística.
3. Modelos. Clasificación según diversos criterios. Modelos matemáticos. Utilidad conceptual, de desarrollo y de aplicación.
4. Modelos de datos. Normalización de datos. Modelo entidad-relación.
5. La empresa agropecuaria. Subsistemas, componentes, interrelaciones. El proceso administrativo. Tipos de datos y objetivos de su procesamiento.
6. Los sistemas de información. Sistemas de procesamiento de datos. Sistemas de información gerencial. Sistemas de soporte de decisiones.

Parte II: Herramientas informáticas

7. La PC como herramienta complementaria en la función profesional. Utilidades y riesgos.
8. Utilitarios. Sistemas de administración de bases de datos.
9. Bases de datos relacionales: Microsoft Access, Adabas D.
10. Creación y mantenimiento de bases de datos: Tablas. Consultas. Formularios. Informes.
11. Desarrollo de interfaces para el usuario.

Parte III: Aplicaciones agromáticas

12. Modelo conceptual de la empresa agropecuaria.
13. Diagrama de flujos de la información en el proceso administrativo.
14. Diagrama de flujos de la información en la toma de decisiones productivas.
15. Modelo de datos entidad relación de la empresa agropecuaria.
16. Sistema de procesamiento de datos de la empresa agropecuaria.
17. Sistema de información gerencial para la empresa agropecuaria.
18. Nociones básicas de Modelos de simulación de los procesos biotecnológicos a nivel fitosfera y agroecosistema. Principales módulos: procesos edáficos, producción vegetal, producción animal, evaluación de factores restrictivos y limitantes. Presentación de ejemplos.
19. Nociones básicas de Sistema de soporte de decisiones para la empresa agropecuaria. Perspectiva y prospectiva de escenarios futuros. Cuantificación del riesgo.

Estructura del curso

| Clase | Tema teórico | Tema práctico | Informe/Evaluación |
|-------|--|---|--|
| 1 | Presentación del curso. Temas 1, 2 y 5 (1° parte) | Descripción y solicitud de los datos necesarios para el desarrollo de los temas 12, 13 y 14 | |
| 2 | Tema 5 (2° parte) | Temas 12 y 13 | |
| 3 | Tema 4 | Tema 15 (1° parte) | |
| 4 | Presentación y evaluación del primer informe: | | Modelos conceptual y fco de la empresa |
| 5 | Temas 6, 7 y 8 | Temas 9 y 10 (1° parte): Tablas Estructura Empresa | |
| 6 | ----- | Tema 10 (2° parte): Tablas Estructura Empresa | |
| 7 | Tema 16 | Tema 11 (1° parte): Resultados de la Empresa | |
| 8 | Tema 14 | Tema 15 (2° parte) | |

| | | | |
|----|--|-----------------------------------|---|
| 9 | Presentación y evaluación del segundo informe: | | Modelo y Base de datos estruct. de la empresa |
| 10 | Tema 17 (1° parte) | Tema 15 (3° parte) | |
| 11 | ----- | Tema 11 (2° parte):Márg.brutos | |
| 12 | Tema 3 | Tema 11 (3° parte): Maquinaria | |
| 13 | Tema 18 (1° parte) | Tema 17 (2° parte) | |
| 14 | Tema 19 | Tema 18 (2° parte) | |
| | Examen final. Presentación del informe final: | | Sistema de información gerencial de la empresa |

Clases: Cada clase estará integrada por aspectos teóricos y prácticos. Se dictará una clase semanal con una duración de 4 horas. Se estima que el alumno deberá dedicar otras 4 horas semanales (como mínimo) para la ejecución de los trabajos prácticos y unas 2 horas para el estudio del material teórico.

Cantidad de trabajos prácticos requeridos durante el desarrollo del curso: 4 (cuatro)

Tiempo estimado de estudio y de realización de los trabajos por parte de los asistentes: 10 horas/semana x 14 semanas = 140 horas (56 horas presenciales + 84 horas de actividad individual)

Tipo de evaluación final: Obligatoria. Eje direccional de la evaluación: Análisis, diseño y aplicación del sistema de información técnico-económica para una empresa agropecuaria real. Evaluación de proceso: presentación de informes de los trabajos prácticos realizados en las clases y de dos informes parciales de avance del trabajo final (la presentación de los informes parciales de avance se realizarán en clases públicas con participación de todos los alumnos). Evaluación de resultado: presentación de un informe final con el producto solicitado funcionando. Si no aprueba el informe final, el participante dispondrá de una instancia remedial: se otorgará un lapso de corrección del trabajo con instancias de apoyo.

Condiciones de aprobación del curso: Presentación y aprobación de los informes de avance y final de evaluación.

6.2.3. Participación en los Nodos de Integración

Debido a que la Agromática es útil y necesaria en todos los niveles de organización agrosistémicos y para numerosos aspectos del accionar profesional de los Ingenieros Agrónomos, se entiende que es necesario que los alumnos vayan incorporando el conocimiento y entrenamiento en las aplicaciones agromáticas en paralelo con el aprendizaje de los conceptos y metodologías disciplinares de las Ciencias Agrarias.

Originalmente (desde 1989) la propuesta de la Cátedra fue la de plantear una asignatura que abarcara todos los años de cursado. Pero desde la instrumentación de los Nodos de Integración a partir de 1999 se comenzó a analizar la posibilidad de incorporar estas actividades integradoras en dichos espacios académicos.

Por lo tanto se proponen las siguientes actividades para ser incorporadas como contenidos (obligatorios u optativos) de los Nodos de Integración o en las actividades de otras asignaturas con las cuales exista una alta correlación de contenidos. Para simplificar la presentación no se enumeran las actividades agromáticas y/o informáticas que ya desarrollan otras cátedras de la Facultad como actividades propias (por ejemplo: Matemática, Estadística, Ecología, Fisiología Vegetal, Edafología, Cultivos Extensivos, Fitopatología, Zoología Agrícola, Economía, Administración de Organizaciones, etc.)

Objetivos específicos:

Que los alumnos:

Asuman la necesidad de adoptar los conceptos e instrumentos de la tecnología informática en forma permanente en su ejercicio profesional.

Sean capaces de utilizar modelos matemáticos (y) de simulación que les permitan analizar, controlar y evaluar los procesos agroproductivos..

Puedan seleccionar y aplicar los conceptos y modelos de simulación más adecuados a las características de su función profesional y del ámbito socio-económico y productivo en el que se desempeñarán.

Seleccionen y usen herramientas informáticas específicas (modelos matemáticos agronómicos) para apoyo de su función profesional.

Extiendan al medio agroproductivo los beneficios de la Agromática.

Programa analítico:

Parte I: Fundamentos teóricos

1. Enfoque de sistemas. Agrosistemas. Niveles de organización. Campos disciplinares asociados a cada nivel.
2. Función del Ingeniero Agrónomo. Formalización de la realidad. Complejidad. Heurística.
3. Modelos. Clasificación según diversos criterios. Modelos matemáticos. Utilidad conceptual, de desarrollo y de aplicación.
4. Sistemas de información gerencial y de soporte de decisiones. Aplicación de los modelos de simulación.

Parte II: Herramientas informáticas

5. La PC como herramienta complementaria en la función profesional. Utilidades y riesgos.
6. Lenguajes de programación. Tipos. Compiladores, intérpretes, utilitarios y macros.
7. Nociones básicas de programación. Pseudocódigo.

Parte III: Aplicaciones agromáticas³

8. Modelos matemáticos. Métodos numéricos. Resolución de ecuaciones diferenciales. Ejemplos agronómicos.
9. Fractales. Ejemplos agronómicos.
10. Modelos estadísticos. Modelos probabilísticos. Modelos de regresión. Ejemplos y aplicaciones agronómicas.
11. Modelos de maquinarias agrícolas. Simulación de tipos de labores.
12. Formulación de raciones de mínimo costo.
13. Balance hidrológico seriado.
14. Estimación horaria de temperatura, humedad relativa y radiación solar.
15. Modelos de simulación de procesos edafológicos.
16. Estimación de la fecha probable de ocurrencia de estadios fenológicos.
17. Estimación de días laborables probables según tipo de labor y características edáficas.
18. Modelos ecológicos de dinámica poblacional.
19. Dinámica poblacional de hongos. Sistemas de alarma.
20. Dinámica poblacional de lepidópteros.
21. Modelos epidemiológicos.
22. Planificación forrajera: estimación de parámetros productivos, operativos y económicos.
23. Modelo probabilístico de la dinámica reproductiva del plantel lechero.
24. Crecimiento de novillos a pastoreo.
25. Evaluación de riesgo económico: Margen bruto probabilístico. Evaluación de escenarios futuros.

³ El listado de esta sección es tentativo y orientativo. Los temas específicos de los modelos de simulación a desarrollar durante el dictado pueden variar en función de los intereses de los alumnos o del surgimiento de temas nuevos en función de la dinámica del curso.

| Tema | Asignatura/s relacionada/s |
|---|--|
| Parte I: Fundamentos teóricos | |
| Enfoque de sistemas. Agrosistemas. Niveles de organización. Campos disciplinares asociados a cada nivel. | Introducción a los sistemas agropecuarios. Formación humanística. |
| Función del Ingeniero Agrónomo. Formalización de la realidad. Complejidad. Heurística. | Introducción a los sistemas agropecuarios. Formación humanística |
| Modelos. Clasificación según diversos criterios. Modelos matemáticos. Utilidad conceptual, de desarrollo y de aplicación. | Matemática Básica Matemática II |
| Sistemas de información gerencial y de soporte de decisiones. Aplicación de los modelos de simulación. | Nodos I, II y III Administración de organizaciones |
| Parte II: Herramientas informáticas | |
| La PC como herramienta complementaria en la función profesional. Utilidades y riesgos. Lenguajes de programación. Tipos. Compiladores, intérpretes, utilitarios y macros. Nociones básicas de programación. Pseudocódigo. | Informática Básica |
| Parte III: Aplicaciones agromáticas | |
| Modelos matemáticos. Métodos numéricos. Resolución de ecuaciones diferenciales. Ejemplos agronómicos. | Matemática Básica Matemática II |
| Fractales. Ejemplos agronómicos. | Matemática - Morfología Vegetal |
| Modelos estadísticos. Modelos probabilísticos. Modelos de regresión. Ejemplos y aplicaciones agronómicas. | Estadística I y II |
| Modelos de maquinarias agrícolas. Simulación de tipos de labores. | Física. Maquinarias agrícolas. Diagnóstico y tecnología de tierras. |
| Formulación de raciones de mínimo costo. | Nutrición animal |
| Balance hidrológico seriado. Estimación horaria de temperatura, humedad relativa y radiación solar. | Agroclimatología |
| Modelos de simulación de procesos edafológicos. | Edafología |
| Estimación de la fecha probable de ocurrencia de estadios fenológicos. | Fisiología vegetal |
| Estimación de días laborables probables según tipo de labor y características edáficas. | Diagnóstico y tecnología de tierras |
| Modelos ecológicos de dinámica poblacional. Dinámica poblacional de hongos. Sistemas de alarma. Dinámica poblacional de lepidópteros. Modelos epidemiológicos. | Ecología Fitopatología Zoología agrícola Sanidad vegetal |
| Planificación forrajera: estimación de parámetros productivos, operativos y económicos. | Forrajes |
| Modelo probabilístico de la dinámica reproductiva del plantel lechero. | Producción de leche |
| Crecimiento de novillos a pastoreo. | Producción de carne |
| Evaluación de riesgo económico: Margen bruto probabilístico. Evaluación de escenarios futuros. | Administración de organizaciones |

Nodo de Integración I: Ecosistema

- Percepción de la realidad. Conceptualización y formalización. Relaciones hombre-naturaleza. Responsabilidades profesionales del Ingeniero Agrónomo.
- Modelo de datos que representa las relaciones clima-suelo-vegetación. Atributos necesarios para su caracterización. Organización según el modelo entidad-relación. Diseño y creación de la base de datos relacional: tablas, relaciones, consultas, informes que apoyen las actividades del nodo.
- Sistemas de información geográfica: aplicación a las actividades del nodo.
- Opciones de profundización temática:
 - ❖ Modelos matemáticos de factores meteorológicos y micrometeorológicos
 - ❖ Modelos matemáticos de procesos edáficos.
 - ❖ Modelos matemáticos de estructuras botánicas y de dinámica poblacional.

Nodo de Integración II: Agroecosistema

- Apoyo operativo para la aplicación de modelos de simulación y de planillas de cálculo.
- Sistemas de información geográfica: aplicación a las actividades del nodo.
- Opciones de profundización temática:
 - ❖ Modelos matemáticos de crecimiento y desarrollo de cultivos
 - ❖ Modelos matemáticos de procesos biológicos de componentes de la fitosfera.

Nodo de Integración III: Ordenación y Diseño predial

- Apoyo operativo para la aplicación de modelos de simulación de sistemas agroproductivos y de planillas de cálculo.
- Sistemas de información geográfica: aplicación a las actividades del nodo.
- Opciones de profundización temática:
 - ❖ Modelos probabilísticos: margen bruto agrícola
 - ❖ Sistemas de información gerencial de empresas agropecuarias
 - ❖ Sistemas de soporte de decisiones de empresas agropecuarias: integración de bases de datos, modelos de simulación y sistemas de información gerencial.

Nodo de Integración IV: Desarrollo Regional

- Apoyo operativo para la aplicación de modelos de simulación de sistemas agroproductivos y de planillas de cálculo.
- Sistemas de información geográfica: aplicación a las actividades del nodo.
- Opciones de profundización temática:
 - ❖ Bases de datos regionales: análisis de tipos y funciones.
 - ❖ Servicios telemáticos para la comunidad rural.
 - ❖ Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

7. Bibliografía

- Ander-Egg, E., 1994. *Interdisciplinarietà en Educação*. Ed. Magisterio del Río de la Plata. Buenos Aires, 92 pp.
- Bunge M., 1995. *Sistemas sociales y filosofía*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 197 pp.
- Duek, J.J., 1979. *La teoría de sistemas generales y su aplicación para resolver problemas ambientales*. CIDIAT. Mérida (Venezuela), 82 pp.

- Gastó, J., R. Armijo y R. Nava, 1984. *Bases heurísticas del diseño predial*. Sistemas en Agricultura. IISA 84-07. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 41 pp.
- Grenón, D.A., 1994. *Agromática: Aplicaciones informáticas en la empresa agropecuaria*. PNATTI. Subsecretaría de Informática y Desarrollo. Secretaría de Ciencia y Tecnología. Presidencia de la Nación. Buenos Aires, 151 pp.
- Grenón, D.A. y Mansilla C., 2005. *Modelo de datos de la empresa agropecuaria*. XI Convención Internacional Informática. II Taller Internacional sobre Software de Gestión Empresarial (La Habana, Cuba), Actas en CD.
- Guerras Martín, L.A., 1989. *Gestión de Empresas y Programación Multicriterio*. ESIC Editorial, Madrid, 275 pp.
- Innis, G., 1973. *Simulation of ill-defined systems: Some problems and progress*. Simulation Today 2(1): 33-36.
- Norero, A., 1980. *La Fitósfera: El ambiente físico de las plantas cultivadas*. CIDIAT. Mérida (Venezuela).
- Prado, J.J., 1993. *Problemas filosóficos de la inteligencia, del conocimiento y de la cultura*. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto (Córdoba), 182 pp.
- Reinhardt, A., 1995. *Nuevas formas de aprendizaje*. Revista Byte, marzo 1995: 20-32.
- Sierra, B. y Carretero M., 1993. *Aprendizaje, memoria y procesamiento de la información: La psicología cognitiva de la instrucción*. En: Psicología de la Educación. Compilación de C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. Alianza. Madrid.
- Vogliotti, A., Nicoletti S. y Lladser M., 1998. *Importancia del marco teórico en los proyectos pedagógicos*. Contextos de Educación I, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.
- von Bertalanfy, L., 1979. *Perspectivas de la Teoría General de Sistemas*. Alianza. Madrid.