

El hombre intenta crearse para si mismo un dibujo simplificado e inteligente del mundo; luego entonces él busca sustituir esta creación suya en lugar de la experiencia del mundo, y por ende la sobrepasa.

Albert Einstein

1. Introducción a la investigación de operaciones y a la logística.

1.1 Introducción a la investigación de operaciones (OR/MS).

Las Matemáticas desde una perspectiva histórica, nacen de la naturalidad y de la evolución del lenguaje como un medio de comunicación poderoso, conciso y sin ambigüedades. No se trata de un objeto de conocimientos ya constituido sino de una forma abierta a la creatividad y al razonamiento. Aunque debemos reconocer que la teoría de la administración tiene su origen a finales del siglo XIX, la aproximación que nosotros abordaremos se sitúa a principios de los años 40 del siglo XX. En este momento en el tiempo inicia una nueva escuela del pensamiento de la administración cuyo fundamento presupone la aplicación de los modelos matemáticos como medio de solución a los problemas, dando origen de este modo a la escuela del pensamiento denominado "Cuantitativista"¹. Esta corriente filosófica se concibe como el origen de la "Investigación de Operaciones" o también denominada "Ciencia de la Administración" (Operations Reseach & Management Science, OR/MS de sus siglas en inglés). Como reseña de esta evolución y con la finalidad de ubicar a la escuela "Cuantitativista" de la Administración en el contexto histórico a continuación en la Figura 1.1 se enumeran junto con sus precursores.

1. Administración científica. Iniciadores: Taylor, Emerson, Hamilton, Pratt, Gilbreth.
2. Gerencia científica. Sus precursores: Fayol, Gulick, Urwick, Koontz, Newman.
3. De la Burocracia. Iniciada por Max Weber.
4. De las Disfunciones burocráticas. Son iniciadores: Merton, Selznick, Downs, Blau, Scott.
5. De las Relaciones humanas, con sus precursores: Mayo, Dabín, Brown.
6. De la Gerencia interactiva. Expositores: Follet, Bernard, Drucker, Mintzberg.
7. De los Recursos humanos. Con autores: McGregor, Likert, Argyris, Maslow.
8. La Cuantitativista. Cuyos precursores son: Ackoff, Simon, Vroom.
9. La de Sistemas, con precursores: Von Bertalanffy, Churchman, Emery, Katz.
10. De Desarrollo organizacional, con autores: Margulies, Raia, French, Bennis, Dyer.
11. De la Cultura organizacional, con autores: Morgan, Smircich, Peter, Waterman, Meyer.
12. Del Control de calidad, con autores como: Deming, Feigenbaum, Ishikawa, Crosby.

Figura 1.1 Escuelas del pensamiento en la administración².

¹ Pawda, Juan. (2000), *Modelos de Investigación de Operaciones*, Vol 1, 1era.Ed, Limusa, México, pag 20-23.

² Rodríguez, Joaquín. (1998), *Introd. a la Administración con Enfoque de Sistemas*, 3era Ed, ECAFSA, México, pag 67.

El OR/MS tiene su origen en la Gran Bretaña en el año de 1939. En la Universidad de Manchester se formó un grupo interdisciplinario de individuos cuyo propósito fue estudiar el diseño óptimo de un sistema de defensa antiaéreo en el marco de la segunda guerra mundial. Este grupo estaría formado por psicólogos, físicos, astrofísicos, militares, topógrafos y matemáticos. Más adelante otros países tales como Estados Unidos, Canadá y Francia replicaron este tipo de grupos interdisciplinarios antes descrito.

En la década de los 50's ya terminada la guerra, en la Gran Bretaña se empezó a propagar la aplicación del OR/MS hacia el sector industrial. No obstante, los Estados Unidos durante esa época, enfocan y mantienen su aplicación exclusivamente en el campo militar. Quizás la razón de lo anterior tendrá que ver con el arraigo que el sector manufacturero en los Estados Unidos tenía en el uso de la Ingeniería Industrial como área de conocimiento para la solución de problemas que tuvieran que ver con la optimización de los procesos.

Fue hasta la década de los 60's con el desarrollo de la tecnología computacional, cuando el OR/MS se afianza en el mundo industrializado. La disciplina empieza a ser objeto formal de estudio en varias universidades del mundo tales como: University College of London, M.I.T, Case Western, Johns Hopkins, North-Western, Imperial College y la London School of Economics. Desafortunadamente, vendría más adelante en la década de los 70's un relajamiento de la disciplina en el contexto académico. A esta le seguiría en la década de los 80's una decadencia propagada ahora hacia su aplicación en el ámbito profesional³.

Con la finalidad de ilustrar la reseña histórica del OR/MS a continuación en la Figura 1.2 se muestran los principales acontecimientos ocurridos desde 1940 hasta 1980, con lo cual se cubren los primeros 40 años de la disciplina.

³ Geoffrion, Arthur. (1999), *The decadence of operations research*, ORMS Today, EUA, pag 3.

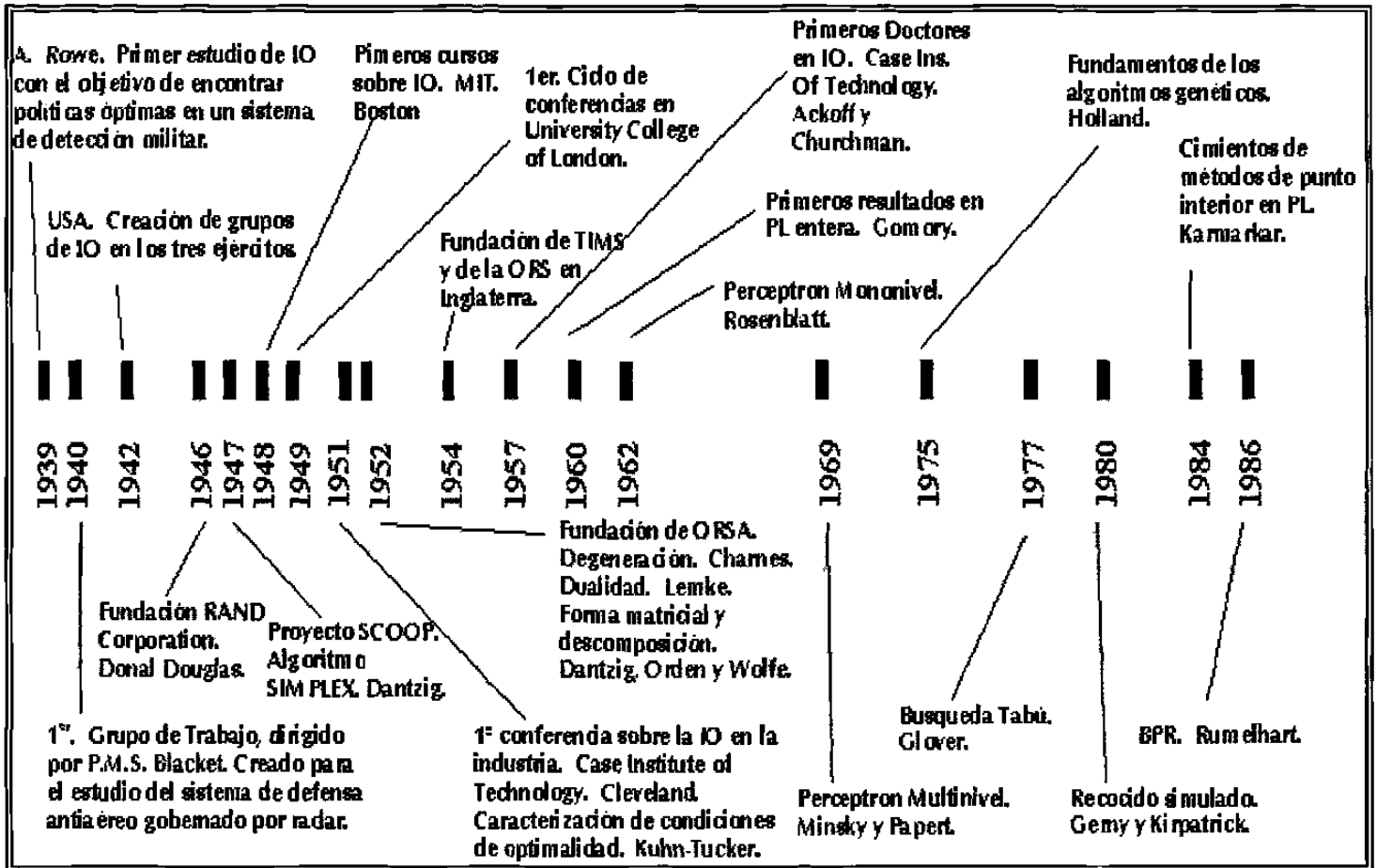


Figura 1.2 Historial de los primeros 50 años del OR/MS⁴

No fue sino hasta 1991, cuando se presenta el punto más crítico en el historial del OR/MS, año en el que el AACSB (American Assembly of Collegiate Schools of Business) quita la obligatoriedad de la materia en los programas de postgrado en Administración de Negocios en las Universidades de los Estados Unidos. La respuesta tardía a esta situación se da hasta el año 1996 cuando la organización INFORMS (International Federation of Operation Research and Mangament Science), designa una comisión con el propósito de investigar la problemática y desarrollar una autocrítica y un replanteamiento hacia el interior de la disciplina desde un punto de vista tanto académico como profesional. Las Figuras 1.3 y 1.4 a continuación, resumen los aspectos más relevantes referidos a la época que se ha nombrado como de decadencia del OR/MS la cual se gesta en la década de los 70's y se replantea positivamente en 1996 a través de INFORMS.

⁴ Pawda, Juan. (2000), *Modelos de Investigación de Operaciones, Vol 1, 1era.Ed.*, Limusa, México, pag 73.

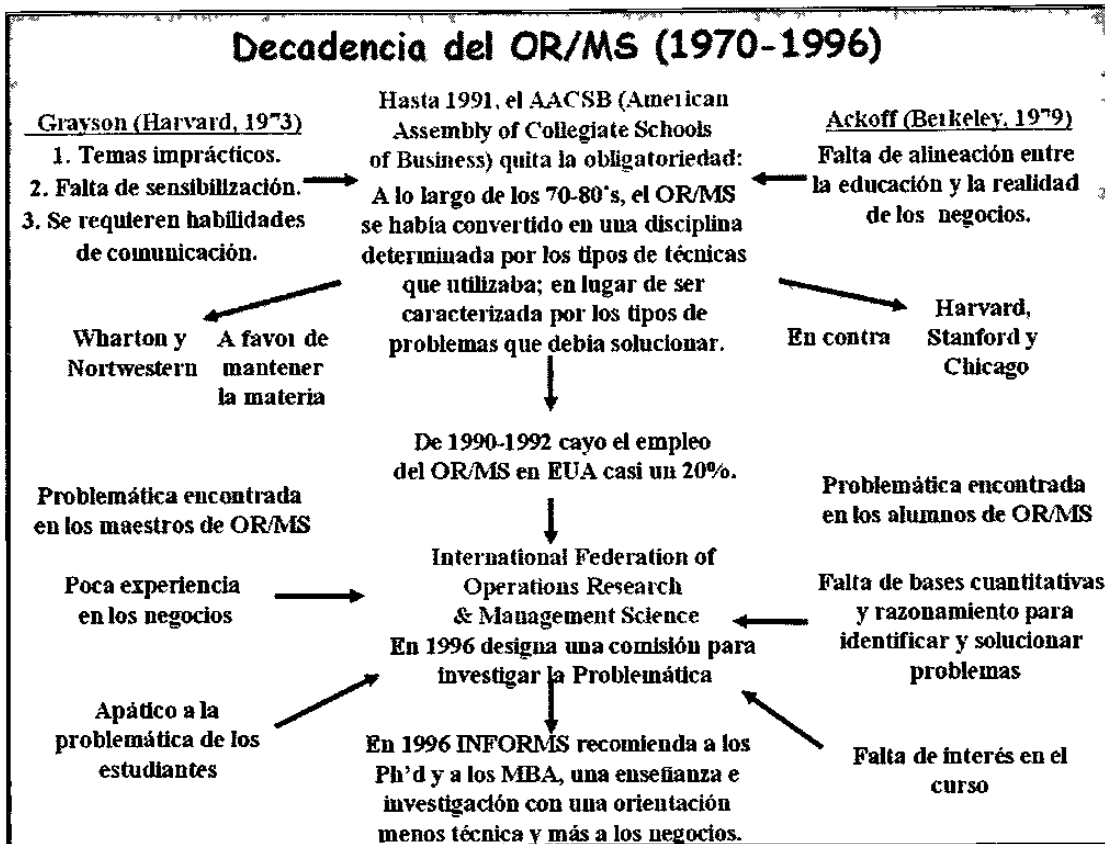


Figura 1.3 La decadencia del OR/MS.

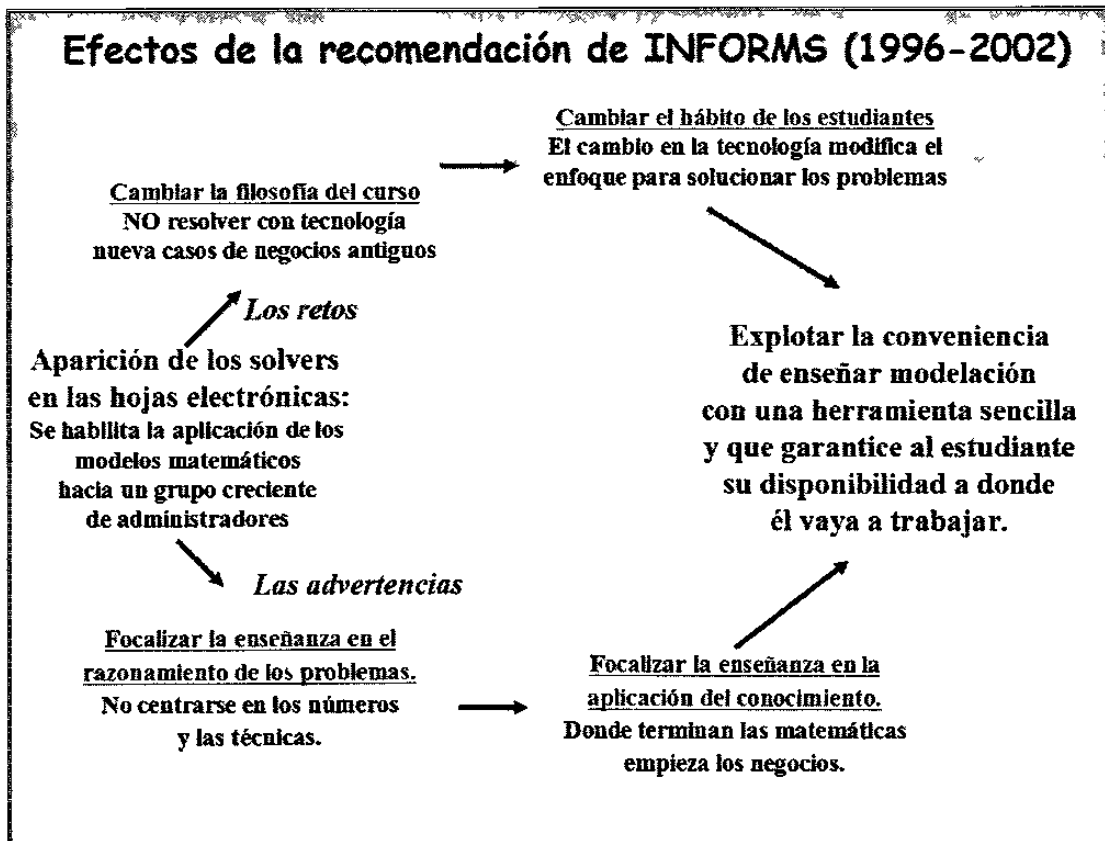


Figura 1.4 Efectos de las recomendaciones de INFORMS.

Hasta aquí una pequeña reseña histórica de los primeros 60 años del OR/MS. Para finalizar este aspecto del tema creemos que es importante que se visualice de manera general el cúmulo de técnicas que se encierran aglutinadas en la disciplina del OR/MS. Por tal motivo, en la figura 1.5 se exponen a manera de un árbol todas ellas, con la finalidad de observar no solamente la gran diversidad de éstas, sino también para revisar las precedencias que se han venido dando entre cada una de ellas en un sentido histórico.

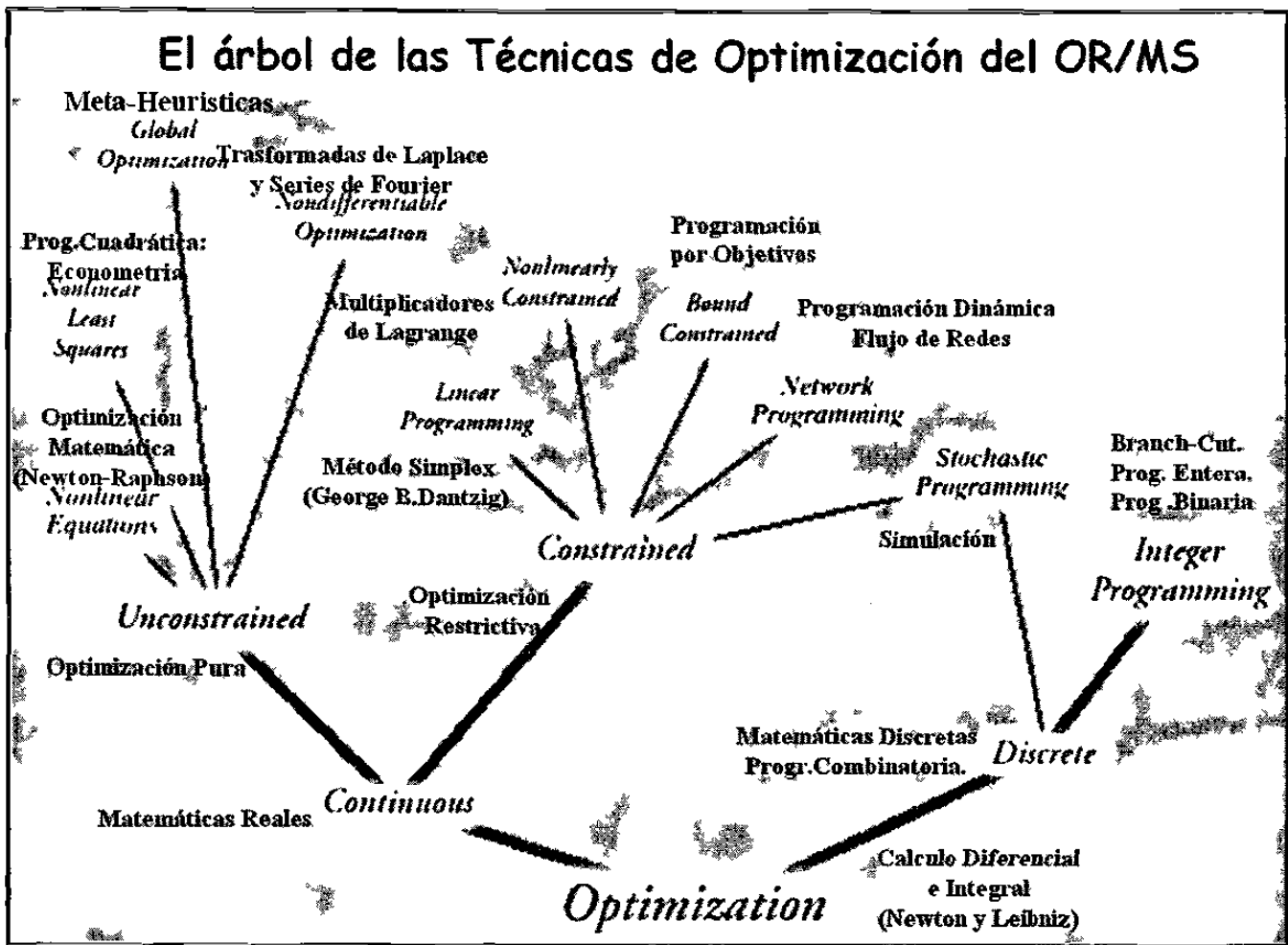


Figura 1.5 El árbol de las técnicas del OR/MS⁵.

⁵ Mittelman, H. (2002), *Decision Tree for Optimization Software*, disponible en <http://plato.la.asu.edu/guide.html>.

Partiendo del acrónimo "OR/MS", podemos en un sentido riguroso diferenciar que "MS" (Ciencia de la Administración) dedica más de su espacio al razonamiento y al planteamiento abstracto de los problemas, mientras que "OR" (Investigación de Operaciones) se concentra mayormente en las técnicas de solución matemáticas y computacionales a ser aplicadas para resolver el modelo abstracto previamente desarrollado. No obstante, en la actualidad ambas disciplinas diferenciadas se han conjuntado en un solo cuerpo de conocimientos. Lo anterior se hizo necesario, ya que ambas disciplinas se requieren mutuamente. La primera se enfoca en la modelación y la segunda en desarrollar las técnicas necesarias para lograr resolver numéricamente los modelos creados en la primera.

El OR/MS se define en términos generales por el carácter mensurable de sus objetos así por la forma matemática y lógica de sus razonamientos.⁶ Podemos definir al OR/MS como la aplicación de las matemáticas, la lógica y del método científico para la solución de problemas multidisciplinarios relacionados con la optimización de los procesos operativos en general. Para esto se apoya en la modelación matemática la cual intrínsecamente incluye la comprensión de los procesos a ser optimizados. Un modelo matemático, es aquella forma superior de la creatividad que tiene su origen en el dominio del lenguaje matemático. El lenguaje matemático es el resultado histórico de buscar simplificar la realidad, requiriendo en cada caso que el individuo desarrolle sus propias significaciones y relaciones.

El OR/MS tiene la finalidad de explicar los fenómenos basándose en la racionalidad establecida a través de las relaciones entre los objetos. Estas relaciones definidas entre las variables y sus límites o dominios de operación, permiten establecer espacios de solución finitos durante los procesos de búsqueda y de optimización matemática. La importancia del OR/MS está en que la competencia se ha vuelto cada vez más global y hoy más que nunca los administradores están obligados a buscar nuevas aproximaciones teóricas y metodológicas para hacer frente a la competitividad.⁷

La presente tesis está orientada hacia la aplicación del OR/MS para la solución de un problema específico de Programación de Ruteo en el ámbito de la logística. Con la finalidad de contextualizar la relación entre el área problemática referente (Logística) y el área de solución propuesta (OR/MS), a continuación se presenta la Figura 1.6 que muestra la naturaleza multidisciplinaria del proyecto:

⁶ Moore, Lawrence. (1993), *Management Science, 4thEd*, Allyn and Bacon, EUA, pag 3.

⁷ Bryne, John. (1997), *Los Nuevos gurúes de la Administración*, "Revista Gestión y Estrategia", No.11-12, México.

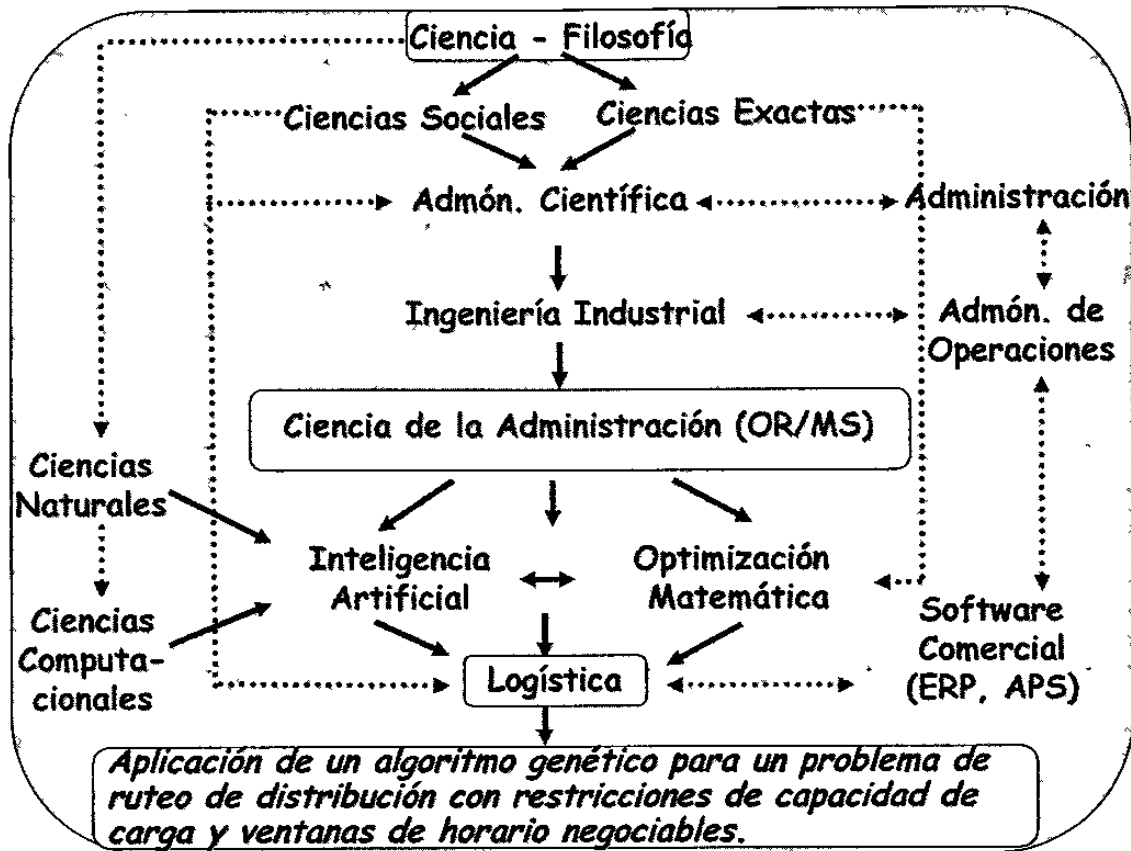


Figura 1.6 Mapa multidisciplinario del proyecto de investigación.

De la figura 1.6, podemos resumir que nuestro problema de investigación proviene del área de aplicación de la logística. La problemática de la logística a su vez actualmente está siendo atendida por dos habilitadores: (1) el OR/MS y (2) el software computacional basado en sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) y en sistemas APS (Advanced Planning Scheduling). La herencia del primer habilitador proviene primordialmente de la Administración Científica y en el caso del segundo se orienta más a la Administración de Operaciones. Aunque nuestro problema parte de una circunstancia orientada a la actividad humana (ciencias sociales), nuestra propuesta de investigación, hará uso de diversas ramas de las ciencias, tales como las ciencias exactas, las ciencias naturales y las ciencias computacionales. Básicamente la combinación de las dos últimas ciencias mencionadas, brinda el fundamento a lo que denominamos, “algoritmo genético” que será propuesto en el capítulo # 5.

El lenguaje natural es insuficiente para responder a las necesidades de comunicación en el campo científico, por tal necesitamos un lenguaje apoyado en signos y códigos. La evolución del lenguaje natural a través de abstracciones ha contribuido convenientemente a mantener la información referencial, conceptual y lógica de los problemas que se requieren resolver. Esto último es lo que da origen al concepto de Modelación Matemática que será tratado a continuación.

El OR/MS, por supuesto, no solo contiene un especial interés por su aplicación en las áreas de logística. Existe una amplia y diversa lista de áreas de aplicación. Tomando en cuenta que nuestro proyecto de investigación de aquí en adelante se enfocará hacia su aplicación para un problema particular del área de logística, hemos considerado apropiado incluir una breve lista de áreas de aplicación mediante la cual resaltamos su importancia como área de conocimiento y de aplicación. A continuación se expone para dicho propósito la siguiente Tabla 1.1

Tabla 1.1 Áreas de aplicación generales del OR/MS ⁸.

Econometría y pronósticos
Ingeniería financiera
Planeación de presupuestos e inversiones
Planeación de recursos humanos
Programación de actividades
Planeación de transporte y tráfico
Planeación de instalaciones y layouts
Planeación de vida útil y reemplazos
Administración de inventarios
Administración de proyectos
Administración de servicio al cliente
Administración de manufactura y operaciones
Planeación de seguros
Planeación de Mercadotecnia
Ingeniería Industrial

⁸ Arsham, Hossein. (1996), *Applied Management Science*, Cambridge University Press, EUA, pag 282-289.

1.2 Introducción a la modelación matemática.

El hombre busca el conocimiento en virtud de que las cosas son susceptibles a ser determinadas y así de esta forma transforma el mundo en algo cognoscible. En la medida en la cual la realidad se transforma dinámicamente, es decir, dejan de existir algunas cosas sin resolver y resultan luego otras por resolver, en esa misma dinámica de temporalidad es que se desarrolla el conocimiento.

El proceso de construcción de un modelo de OR/MS proviene de aquel instinto humano para la creación de una representación abstracta y simplificada de la realidad con la finalidad de obtener un mejor entendimiento a un problema. El propósito de la modelación es la comprensión de los problemas y no tanto su solución computacional. Los modelos de OR/MS son descriptivos ya que muestran de manera abstracta la realidad incluyendo aspectos que de manera evidente o intuitiva sirvan para comprender los fenómenos que ocurren en dicha realidad y no solamente la observación de los síntomas superficiales. En la Figura 1.7 se muestra el proceso básico referente a la modelación cuyo objetivo es apoyar la comprensión y solución de los problemas.

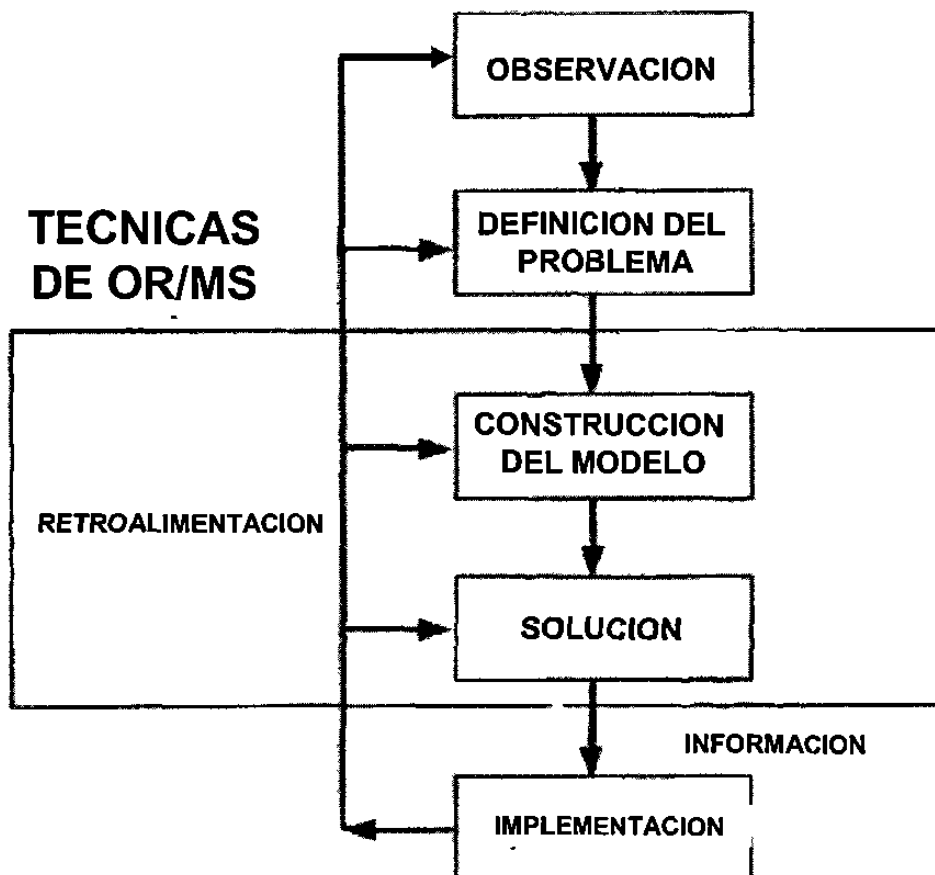


Figura 1.7 Proceso básico para el ciclo de modelación

Así pues, la comprensión de los problemas en los negocios, le ofrece al administrador la posibilidad de orientar su esfuerzo de manera práctica en la forma de cómo eliminar aquellas restricciones que estén limitando al sistema global. Por esa razón, el administrador debe tener las habilidades necesarias para poder analizar las implicaciones de sus modelos conceptuales. Es la modelación matemática, la que permite a los individuos explicar las relaciones lógicas que buscan dar respuesta a los objetos a ser estudiados. En la modelación matemática, cuando hablamos de resolver un problema, nos referimos a encontrar aquel conjunto de datos numéricos que cumplen las restricciones impuestas en el problema y que a la vez alcanzan un desempeño óptimo respecto a un objetivo previamente establecido.

Los modelos matemáticos sirven de guía en el proceso de toma de decisiones. Un buen modelo de OR/MS es aquel que es capaz de predecir el comportamiento del objeto de estudio de tal manera que se esté en posibilidad de encontrar su configuración de operación óptima. Su dificultad tiene que ver con el desarrollo de las simplificaciones que se deban hacerse de las variables involucradas en el modelo así como de sus relaciones. Esto resulta crucial para la viabilidad del OR/MS en la logística en virtud de que las soluciones generadas puedan ser implementadas en la práctica. En la modelación matemática, es mucho más importante la comprensión y la modelación de los procesos que lo relacionado a las técnicas matemáticas para la solución de los modelos.⁹

Por tanto es de esperar que el administrador deba estar más preocupado en hacer las averiguaciones relevantes para asegurar el entendimiento de un problema más que en el desarrollo de una solución matemática. Dicho de otro modo, a un administrador moderno debe estar más orientado a la definición de posibles alternativas de decisión, que a reducir su ámbito de acción en solo la determinación de la alternativa matemáticamente óptima.

⁹ Baker, Kenneth. (1999), *Gaining Insight in Linear Programming*, "Informs", Vol.1, EUA, Pag 4.

1.3 El enfoque evolutivo en el proceso de la modelación matemática.

Una forma de analizar el desarrollo de los modelos de OR/MS en cualquier ámbito de aplicación (por ejemplo en las áreas de logística), puede ser visto como un proceso evolutivo en el cual se inicia con un modelo muy simple pero también muy alejado de la realidad y entonces se continúa el proceso mediante el cual el modelo se va haciendo más elaborado y va dando a conocer la complejidad de la problemática logística. En efecto, el desarrollo de un modelo de OR/MS puede facilitarse iniciándolo a partir de estructuras lógicas, que utilizadas de manera general, sirvan como puntos de arranque para la sofisticación de modelos más elaborados. Esto equivale al concepto de "portabilidad" y "escalabilidad".

Las analogías o asociaciones de los modelos previamente desarrollados y probados, juegan un papel crítico en la determinación del punto de arranque del proceso evolutivo aplicado al desarrollo de los modelos. Aquí existe el concepto de "re-uso" de las estructuras lógicas de los modelos para ser aplicados en situaciones diversas. En el desarrollo de los modelos, existe la posibilidad de dividir los grandes problemas en instancias más pequeñas e independientes logrando con esto simplificar su tratabilidad y mantenibilidad de los modelos que aunque parecen resultar grandes a simple vista, en realidad tienen una dimensionalidad sub-dividible en función a la independencia de sus sub-problemas componentes.

Por otro lado, la parametrización del modelo matemático debe de mantenerse simple, tratando de capturar aquellos aspectos que realmente son relevantes y relegando o difiriendo aquellos otros que no lo sean tanto; sólo hasta aquel punto en el cual el usuario o el administrador demuestren que es relevante considerar dicho aspecto en el modelo y que además están preparados para continuar el proceso de sofisticación y evolución del modelo matemático.¹⁰ El desarrollo del modelo se logra mediante el uso de un simbolismo apropiado que pueda cubrir los aspectos de definición y dominio de las variables, lógica relacional y dimensionalidad del problema a resolver. Los símbolos deben ser sugestivos y sin ambigüedades con la finalidad de poder a través de ellos dar lectura a la abstracción de la realidad.

El modelo matemático también debe ser adaptativo al entorno a medida que nueva información pertinente y relevante vaya apareciendo. Esto se cubre en parte a través de la adecuada parametrización en el modelo ya antes mencionada. La parametrización por ejemplo, permite el manejo dinámico de los datos entrantes al modelo, los cuales pueden conformar diversas instancias cambiantes para un mismo problema. Pero el

¹⁰ Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag 563.

modelo debe ser adaptativo no sólo en el tratamiento de los datos sino también debe estar preparado para posibles modificaciones en su estructura lógica. Esto significa en que no tenga defectos de diseño estructural que le impidan continuar su proceso evolutivo y que permitan llegar a un modelo que, de manera completa, más no necesariamente compleja, incluya fielmente los fenómenos que mayormente describen la realidad de los procesos logísticos.

Finalmente, en cada una de las etapas durante la evolución de un modelo de OR/MS; y en aquellos casos en los cuales la nueva instancia del modelo ya no permita su tratabilidad en la práctica; existirá entonces la posibilidad de poder retroceder hacia una versión anterior de su evolución en búsqueda del refugio y la purificación que la simplicidad le pueda brindar al mantener el modelo implementable.¹¹

¹¹ Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag 494.

1.4 Etapas incluidas en el proceso de modelación matemática.

El proceso evolutivo y de enriquecimiento de los modelos de OR/MS convenientemente debe iniciar con una buena estrategia para promover la idea acerca de lo que es posible mejorar a partir del modelo conceptual del administrador. Asumiendo que todo modelo es perfectible por ser sólo una abstracción estática de una realidad siempre cambiante, es entonces posible reconocer las limitaciones de un modelo abstracto para primero representar la realidad y luego optimizarla. Lo anterior es lo que finalmente da origen a la naturaleza iterativa y evolutiva del proceso de modelación matemática.

Este proceso de enriquecimiento y escalabilidad en los modelos de OR/MS, involucra la necesidad de probar de manera rigurosa cada una de sus etapas evolutivas. No se puede asumir que aspectos esenciales o primitivos de un problema podrán ser, mejor o al menos igualmente tratados, por versiones más evolucionadas del modelo original. Aquí, el método científico se aplica en este ir y venir durante el proceso evolutivo de los modelos; ya que al no tratarse de un solo modelo, tampoco deberá ser verificada su eficiencia a través de la evidencia de una sola prueba experimental.

Para esto último, será necesario utilizar datos numéricos entrantes al modelo los cuales conformarán una instancia numérica para el modelo matemático en cuestión. Una instancia particular para el modelo representa una fotografía que fielmente puede dar a conocer aspectos como la complejidad y la dimensionalidad del problema a ser resuelto. Adicionalmente, una instancia numérica permite visualizar supuestos explícitos y algunas otras generalidades que hasta antes no aparecían evidentes en la definición previa del modelo. Las instancias numéricas por igual permiten determinar paramétricamente cuales supuestos deben ser mayormente tomados en cuenta y cuáles otros pueden ser relajados.

Partiendo del nivel de significación que cada persona tenga de un objeto y de sus relaciones, la comprensión del conocimiento difícilmente puede ser transferido a otras personas resultando en una equivalencia o copia del mismo. Así pues, debemos advertir que la habilidad creativa necesaria para el proceso de modelación, no será mayormente obtenida a través del proceso de identificación de los datos relevantes para un problema sino más bien a través de la experiencia que sólo se alcanza mediante el recorrido del proceso evolutivo que se inicia a partir de modelos sencillos para luego enriquecerlos gradualmente con todos aquellos supuestos que acerquen por aproximación al modelo hacia la realidad del proceso logístico pero manteniendo siempre la tratabilidad del modelo.

El proceso de modelación en el OR/MS tiene que ver primordialmente con la identificación y modificación de los supuestos básicos que van caracterizando la propia evolución de los modelos. Todos estos supuestos, sean evidentes o establecidos por la vía de la intuición, entran en funcionamiento de acuerdo al orden mental que cada individuo tenga predeterminado de ellos de acuerdo a su experiencia empírica.¹² Lo anterior identifica la configuración del modelo conceptual que cada administrador tiene implícitamente para ofrecer un planteamiento lógico y a la vez una solución para cada problema. Así pues, los modelos de OR/MS deben ser vistos como los mecanismos mediante los cuales se materializan las estructuras implícitas de las experiencias de las personas.

En la Figura 1.8 se resume el proceso de modelación matemática expuesto en este apartado proveniente de la metodología del Dr. Laurence Moore, profesor de la Universidad Estatal de Virginia.

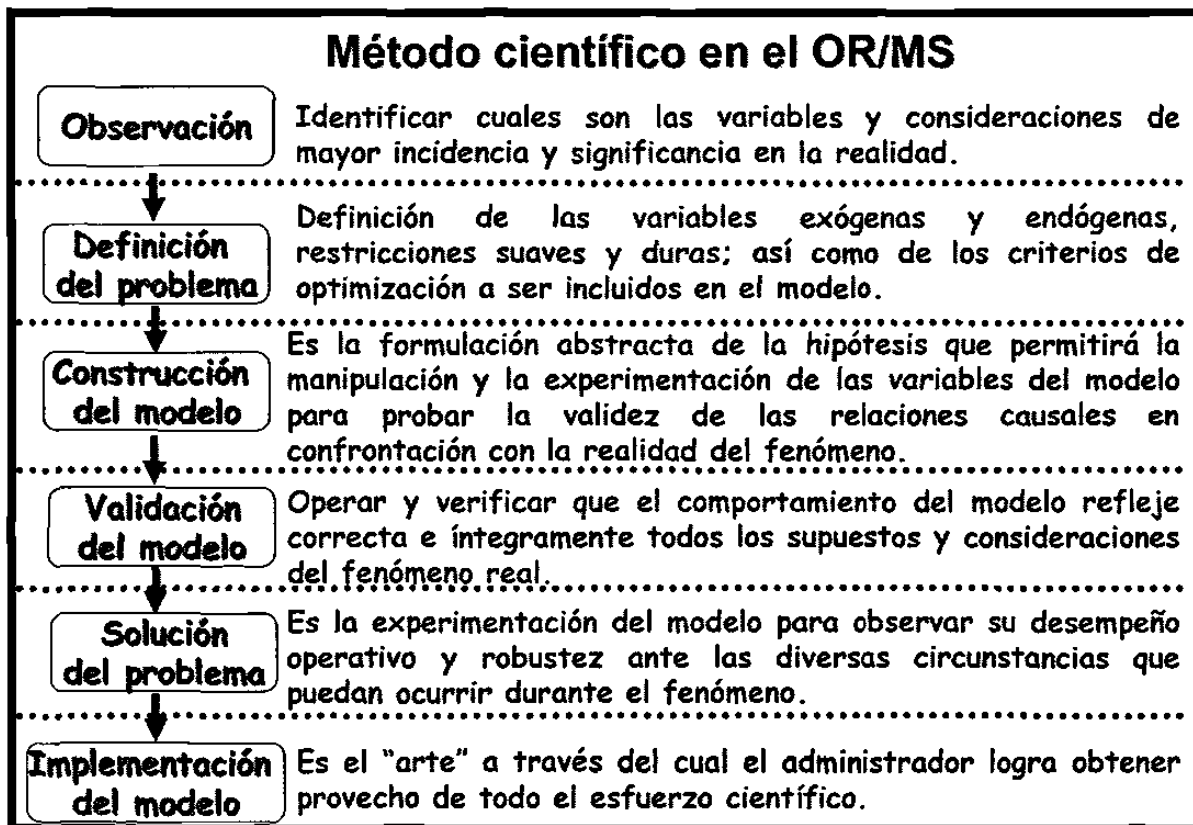


Figura 1.8 Metodología aplicada para el ciclo de modelación.¹³

¹² Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag 543.

¹³ Moore, Lawrence. (1993), *Management Science*, Allyn and Bacon, EUA, pag 4.

1.5 Definición de la función logística.

La “logística” se refiere a todas las funciones de una industria que puedan estar situadas hacia el interior de un negocio o bien subcontratadas hacia el exterior, a través del uso de proveedores de materiales o servicios contribuyendo todos ellos al flujo de información y productos que están siendo requeridos por los clientes. En este sentido, de nada sirve establecer un plan logístico estratégico si no se dispone de una logística operativa eficiente. Se requiere ligar ambos de igual modo que ocurre cuando se equilibran los controles estratégicos de una empresa que se ocupan del largo plazo, con los controles financieros que miden el desempeño del negocio en el corto plazo.

La principal búsqueda de la logística es el de asegurar y mantener una operación particular mediante la cual se cumplan eficientemente los objetivos definidos por el negocio. A la logística podemos definirla como un sistema influenciado por las restricciones y tendencias del medio ambiente económico, político, social y ético que busca asegurar tener el producto correcto, en el momento correcto, en el lugar correcto, en la condición correcta, en la cantidad adecuada y al mínimo costo posible, a través de la utilización de recursos humanos, tecnológicos y financieros, para asegurar una óptima relación costo y servicio, contribuyendo a la rentabilidad de la empresa a través del tiempo.

Es indudable que la práctica de la logística es aún inexacta. No obstante, la aplicación del OR/MS contribuye a optimizar la práctica de la misma. En la aplicación del OR/MS en la logística, el punto de partida es la modelación ya que éste presupone la identificación de los datos relevantes así como la comprensión de los problemas a ser resueltos.

Desafortunadamente, en situaciones reales, el administrador logístico no siempre dispone de toda la información necesaria para modelar un problema. Por tanto, es necesario tener la sensibilidad y la rigurosa comprensión del problema como para poder determinar cuándo un dato resulta relevante y cuándo no.¹⁴ En las áreas de logística en la actualidad, existe un incremento en la complejidad de los problemas, además que estos tienden a ser cada vez más diferentes entre sí. Lo anterior dificulta o imposibilita la aplicación complementaria de la experiencia pasada.

¹⁴ Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag VII.

Los administradores encargados de la función logística que no dispongan del conocimiento relacionado al OR/MS, estarán expuestos a su suerte o únicamente a su experiencia. Con la aplicación del OR/MS, la función logística tiene una mejor oportunidad para encontrar una solución integral y eficaz a los problemas comunes que se enfrentan comúnmente en el área. Los nuevos retos de la logística, deben ser enfrentados mediante la activación del proceso pensante que permita el desarrollo de soluciones óptimas y efectivas cuantitativamente hablando; pero sobre todo, también satisfactorias en el contexto social y humano que es en donde se van a implementar. La optimización a la cual nos referimos en el contexto de la logística tiene que ver en un sentido general, con la asignación y utilización eficiente de los recursos limitados para lograr objetivos concretos.

El análisis cuantitativo desarrollado para la optimización de los procesos logísticos de un negocio por sí mismos deben ser vistos de manera trans-funcional. Esto quiere decir que al igual que sucede con el fenómeno de óptimos locales y de óptimos globales al más puro estilo del álgebra polinomial; de igual modo puede ocurrir una condición de operación óptima de manera aislada para una área que podría significar una pérdida de efectividad y eficiencia (sub-optimización) referido al entorno o la visión global del negocio. La logística es en esencia un proceso trans-funcional e interdisciplinario. La trans-funcionalidad ocurre en el momento en que los objetivos que se buscan alcanzar en los procesos de logística no pueden ser vistos de manera independiente en cada área del negocio, sino que buscan ser comunes y congruentes al objetivo global de la organización.

Así pues, para que el OR/MS pueda ser aplicado en la logística se debe partir de la existencia de un problema que resolver. Luego, para que un problema realmente exista, se requiere antes que nada, que exista un individuo que lo reclame como tal. Además, deben de existir al menos un par de alternativas de solución al problema con repercusiones distintas; de otra manera no hay problema que resolver. Finalmente, el número de alternativas para que un problema pueda ser resuelto debe ser finito.

1.6 Aplicación del OR/MS en la práctica de la logística.

En el tema de “Modelación Matemática” ya antes expuesto, se estableció que una buena estrategia para iniciar el desarrollo de un modelo de OR/MS es a partir de la alineación de este último respecto al modelo conceptual que el administrador tenga de la realidad. Así pues, el modelo de OR/MS primero debe cubrir y reproducir el modelo conceptual que el administrador tiene de la realidad y luego entonces, como parte de su proceso evolutivo, empezar a enriquecer el modelo para resolver aquellas imperfecciones u omisiones que el administrador tenga en su modelo conceptual que sirvió como punto de partida.

No es justificable forzar el inicio con modelos de alta complejidad en aras de cubrir una fidelidad que simplemente nunca se ha tenido en el pasado. En su lugar resulta más conveniente premiar la robustez de un modelo, lo cual permitirá que éste sea sensitivo a los cambios o modificaciones que pudieran irse generando en los supuestos que lo caracterizan. La robustez será el cimiento que permitirá que el modelo se prepare para su proceso de enriquecimiento evolutivo.

Incluir en el modelo todos aquellos juicios subjetivos que los administradores utilizan en sus modelos conceptuales, otorga un sentido de pertenencia al modelo de OR/MS en la mente del administrador. Ciertamente esto puede reflejar una cierta subjetividad pero le ofrecerá al modelo una serie de atributos para el manejo de aspectos cualitativos logrando que el comportamiento del modelo sea predecible de acuerdo a la guía útil que le ofrezca el administrador dada su experiencia. La única advertencia a este respecto será que esa misma guía nunca deberá permitir acotar el modelo impidiéndole la búsqueda de soluciones inexploradas o desconocidas para el administrador.

Hablar de la viabilidad del OR/MS para su aplicación en la logística, consiste en determinar cuándo un modelo es lo suficientemente viable como para considerarlo útil en la práctica. Dicho de otro modo, una solución matemáticamente óptima, no equivale a que sea necesariamente viable para implementar en la práctica de la logística. En la práctica de la logística es frecuente que ocurra el rechazo del modelo por parte del administrador. Para asegurar que un proyecto tenga éxito necesitamos provocar que el modelo matemático sea para el administrador, una extensión real de su habilidad, concepción y experiencia para resolver los problemas.¹⁵

¹⁵ Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag 12.

De lo anterior podemos advertir que algunas de las características que los modelos deben incluir son:

1. Pertinencia y aplicabilidad respecto al problema que se busca resolver.
2. Claridad con la cual logra representar la abstracción de una realidad.
3. Adecuada parametrización.

De la parametrización podemos agregar que ésta se refiere a la interfase que le permitirá al administrador la oportunidad de hacer analogías entre el modelo matemático y su modelo conceptual de la realidad, lo cual redundará en un sentido de pertenencia y pertinencia.

No obstante todo lo anterior, en la práctica de la logística, el proceso de abstracción y modelación no es suficiente. Es necesario mantener el sentido de la realidad en virtud de que lo que finalmente se pretende, es utilizar un lenguaje abstracto que permita la comprensión y optimización de dicha realidad logística. Dado lo anterior, la práctica de la logística no está únicamente sujeta al análisis absolutamente objetivo y rigurosamente exacto de los modelos de OR/MS. La logística se distingue en que tiende a ejercer un contacto auténtico con la realidad siendo que su objetivo no es científico sino más bien pragmático. Está orientada hacia finalidades prácticas, debiendo tener en cuenta las necesidades y exigencias sociales.

En la práctica común de la logística, los administradores toman decisiones no en función a criterios estrictamente matemáticos de optimización, sino más bien buscando encontrar una solución que mejor interactúe y converja con las decisiones que otros administradores estén por igual llevando a cabo en el mismo tiempo y espacio. Así pues, los administradores toman decisiones en función a criterios de política organizacional más que de optimización matemática. La racionalidad de lo anterior es que finalmente, el conocimiento de cualquier individuo es solo cuando mucho una versión individual y simplificada de la realidad.

Los asuntos de política organizacional presentes en la problemática logística, no significan que dejemos guiarnos solo por la intuición individual o colectiva y renunciemos a toda posibilidad de raciocinio que permita trascender a los paradigmas organizacionales. Aún en esta situación, podemos recurrir a afirmar que los modelos efectivos son aquellos que sin dejar de ser formales, incluyen el conjunto de conocimientos de varios individuos. La práctica de la logística viene desarrollando actividades y funciones que quizás en el pasado resultaron suficientes. No obstante en el contexto de negocios de altos volúmenes y bajos márgenes, se hace indispensable el desarrollo e implementación de nuevas formas de organización que permitan aumentar la productividad de los recursos de las empresas.

1.7 Comentarios finales: El arte en la aplicación del OR/MS y el arte en la práctica de la logística.

Debemos aclarar que la ciencia y el arte no son excluyentes, sino complementarios ya que es precisamente el arte lo que motiva y prolonga el estudio de la ciencia ante la mirada evaluativa de su propio rendimiento. No obstante lo científico y matemático que pueda resultar un modelo abstracto, en frecuentes ocasiones se llega a ellos a través del proceso de la intuición. De hecho este proceso de intuición aparece prácticamente en muchos otros campos de la actividad creativa humana. Esta aproximación hacia la solución de los problemas contrasta significativamente con la naturaleza explícita que tiene un modelo matemático el cual representa el resultado de este primer paso intuitivo.

Así pues, el arte en la aplicación del OR/MS tiene que ver con el desempeño y el rendimiento en la aplicación del conocimiento. El arte existe a través del uso de la intuición como respuesta racional del porqué debemos empezar con la definición matemática de aquellos supuestos más simples los cuales serán cruciales y altamente sugestivos para el desarrollo más adelante de aquellos otros supuestos que no lo sean tanto en un inicio. El aporte real del OR/MS existe, no como la ciencia de la optimización ni de la simulación, sino más bien como aquel arte volviéndose ciencia preocupada por el razonamiento lógico y comprensión rigurosa de los problemas de la administración en lo general y de la logística en lo particular a través del uso de modelos formales.

Por otro lado, aunque la logística inevitablemente incluye como parte de su estructura de conocimiento al OR/MS, no puede desligarse de todo aquello que sustente la aplicación práctica de la misma. El OR/MS se rige por la racionalidad, pero en el ejercicio de la logística se deben considerar aspectos subjetivos que matizan los diversos criterios o reglas de decisión que irrevocablemente desembocan en la necesidad de tener que elegir una solución a los problemas. El arte en la práctica de la logística, se materializa en el ejercicio de la toma de decisiones. Aunque parezca poco ordenado el contexto anterior en el cual se manifiesta un cierto grado de inexactitud, esto *no debe impedir* que la administración logística pueda acceder a la interpretación científica si consigue rebasar el uso de la intuición y del empirismo, para llegar progresivamente a lo racional y entonces considerarla como una ciencia aplicada a través de la acción humana.¹⁶

La logística está esencialmente orientada hacia la acción y no se limita a acumular conocimientos, sino que trata de emprender y transformar las situaciones buscando alcanzar el logro de los objetivos del negocio; y

¹⁶ Rodríguez, Joaquín. (1998), *Introd. a la Administración con Enfoque de Sistemas*, 3era Ed, ECAFSA, México, pag 254.

es precisamente aquí en donde interviene el arte en la logística. Así pues, el arte equivale a la intuición que debe poseer el administrador que le permita seleccionar aquella alternativa más viablemente implementable en la práctica, de entre todo el conjunto de soluciones que resultan ser óptimas en lo racional y en lo cuantitativo.¹⁷ Dicho de otro modo, consiste en elegir la solución óptima desde una perspectiva global de entre las soluciones óptimas locales. Como puede verificarse, aún en esta circunstancia en la que se habla de arte, aquí también está presente la racionalidad.

Así pues, en la práctica de la función logística existe una complementariedad entre ciencia y arte debido a que los conocimientos del administrador, deben prolongarse a través de la destreza y la capacidad propia del ejercicio de su profesión. Es decir, llega el momento en que la objetividad y la racionalidad que ofrece el OR/MS finaliza su encomienda y el administrador legítimamente tendrá que hacer despliegue de su intuición y experiencia para el mejor aprovechamiento de los recursos científicos y racionales.

En el desarrollo de los modelos de OR/MS, se debe ser objetivo evitando que la implementación computacional llegue a sustituir la problemática real. Sería lícito por ejemplo, dejar temporalmente fuera de un planteamiento matemático ciertos aspectos con la finalidad de partir de un modelo sencillo para evolucionarlo eventualmente. Pero, no sería lícito hacerlo solo por supuestos de eficiencia y "performance" computacional en detrimento de su viabilidad y rendimiento en su aplicación práctica.¹⁸

A continuación se muestra en la Figura 1.9 un diagrama esquemático de los conceptos que han sido abordados en este primer capítulo que estamos ya concluyendo, esto con la finalidad de contextualizar la relación del área problemática que es la logística con el área de aplicación que es el OR/MS. En dicha figura puede ser entonces establecida la relación entre la logística y el OR/MS. En el siguiente capítulo 2, abordaremos la problemática que guarda el factor educativo como fuente de desarrollo para las competencias y habilidades requeridas en el individuo que hacen posible la aplicación práctica del OR/MS para solucionar los problemas de la logística en las empresas. En lo referente a la exposición de los problemas típicamente encontrados en las áreas de logística, estos se cubrirán luego en el capítulo 3 en donde se revisarán sus diferencias y similitudes y a la vez se establecerá el problema en el cual nos concentraremos para el desarrollo y tratamiento de la tesis doctoral.

¹⁷ Render, Barry. (2000), *Quantitative Analysis for Management*, 7thEd, Prentice Hall, EUA, pag 15.

¹⁸ Berry, William. (1990), *Management Decision Science*, 1thEd, Irwin, EUA, pag 535.

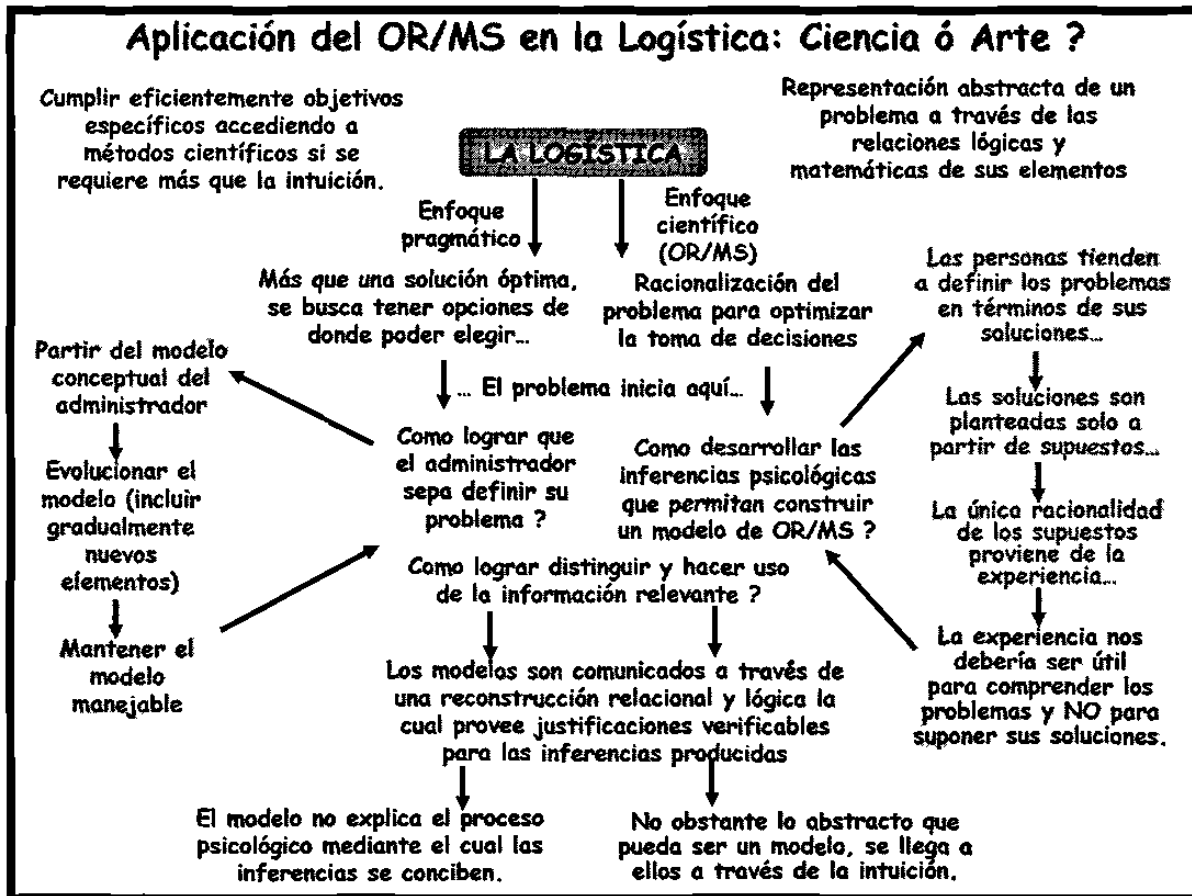


Figura 1.9 Diagrama esquemático acerca de la relación entre el OR/MS y su aplicación en la logística

2. El factor educativo en la aplicación de la investigación de operaciones.

2.1 Introducción: el proceso de enseñanza y aprendizaje en el OR/MS.

Podemos definir que "enseñar" es toda aquella acción intencional tendiente a favorecer el aprendizaje. El problema del aprendizaje equivale al problema de cómo acceder al conocimiento. El aprendizaje requiere no solo de un método sino también del manejo de las experiencias y recursos previamente aprendidos. Así pues, para seguir aprendiendo se requiere comprender lo antes "aprendido".

Un aprendizaje realmente "significativo" es aquel que rompe el equilibrio o el "status quo" psíquico del individuo, vinculando el conocimiento nuevo con el previo mediante una relación no memorizada, sino construida. El real aprendizaje, contribuye a crear nuevos significados, es transferible a nuevas situaciones para solucionar nuevos problemas y al mismo tiempo actúa como agente motivador para emprender aprendizajes nuevos de manera autónoma. Es en ese sentido de autonomía mediante el cual se motivan las actitudes de investigación. Es indudable que obtener resultados por investigación propia es más valioso, que estudiar lo que otros han descubierto.

La existencia y generación de la información, conocimientos y experiencias es lo que estimula el proceso comunicativo entre las personas. Así pues, sucede que el medio detonante de toda enseñanza inicia a partir del proceso llamado "comunicación". El proceso de comunicación prueba que el conocimiento, no es tan solo una copia de la realidad solitaria de una persona, sino que se construye por el interactuar del ser humano con los demás. Por tal motivo, el aprendizaje es un proceso necesariamente participativo, es decir, el que aprende interviene y contribuye en su propia educación.¹⁹ Así pues, el estudiante participa activa e inevitablemente en la producción de su propio aprendizaje.

Con lo mencionado ya antes, resulta indudable que el elemento sustentable y progresivo del aprendizaje tiene que ver con el desarrollo de la habilidad cognoscitiva para el manejo del lenguaje que permita comunicar las ideas a los demás. La enseñanza del OR/MS tiene como objetivo un aprendizaje encaminado hacia el desarrollo de "competencias" específicas las cuales serán objeto de exposición

¹⁹ Tenti, Emilio. (2000), *Educación Participativa*, Argentina, disponible en <http://www.utdt.edu/eduforum/>.

más adelante en el presente capítulo. Estas “competencias” antes referidas, no equivalen a reemplazar una idea por otra, ni tampoco a acumular conocimiento. Se trata de una acción encaminada a promover la transformación de un pensamiento activo y crítico que permita describir y modelar la realidad.

En el caso particular del OR/MS, existe una dificultad en su aprendizaje debido esencialmente a la ausencia de una comprensión significativa, es decir, se tiene a dos personas hablando del mismo objeto pero con perspectivas diferentes. Este elemento de subjetividad personal nos conduce a afirmar que el aprendizaje en el individuo se construye a partir de su desarrollo psíquico y social histórico previo. Nuevas formas de conocimiento se vinculan y relacionan a partir de las anteriores. Los conocimientos para modelar no se transmiten mecánicamente, sino representan una mezcla de conocimientos previos y de la experiencia práctica. Aunque no podemos suponer que para el alumno le sea suficiente su satisfacción intelectual, debemos afirmar que el aprendizaje del OR/MS es algo que hace el estudiante y no algo que se le hace a él.

El aprendizaje en el OR/MS, no equivale a comprender las palabras. A lo que nos referimos por comprensión tiene que ver con las ideas. La relación entre pensamiento y palabra es un proceso, un continuo ir y venir del pensamiento a la palabra y de la palabra al pensamiento. Así pues, las palabras cumplen cabalmente su cometido al servir como instrumento para comunicar las ideas. Por lo tanto desde el punto de vista formal, debemos entender por comprensión toda aquella suma de características que hacen único y diferenciable a un objeto. Este significado de comprensión del objeto(s) es aplicable tanto en los modelos conceptuales como también en los matemáticos.

El aprendizaje no es la educación de los saberes que enseña “cosas” sino una educación que forme “competencias” en el individuo.²⁰ El concepto de “competencia” al que se refiere Aguerrondo tiene la misma connotación al que nos referiremos en el apartado 2.3 cuando se expongan dichas “competencias”. El aprendizaje del OR/MS debe estar orientado a promover el uso del razonamiento. Es aquella educación que se centra en el desarrollo de habilidades interdisciplinarias que forme personas competentes que logren ir más allá de los conocimientos y trasciendan en el ámbito de la actuación. Esto último servirá como un medio activo para la solución de los problemas de las empresas ante la necesidad de tener que competir en un mundo global y en el cual resulta crucial la optimización de las operaciones. Precisamente es en la actuación y en el desempeño del individuo en donde se despliegan las competencias que buscamos.

²⁰ Aguerrondo, Inés. (1998), *La Educación del tercer milenio*, "Revista Academia", Argentina, pag 3-5.

2.2 La práctica profesional del OR/MS en las empresas.

La Universidad ha tenido la misión de proveer a los individuos de los conocimientos necesarios para acceder al conocimiento de la época. Aunque el aprendizaje del OR/MS se gesta en las Universidades, este culmina una vez que el individuo busca llevar lo aprendido en la academia a su aplicación en el plano práctico profesional de las empresas. Este proceso de aprendizaje continúa inacabablemente en el interior de las empresas tanto de una manera individual como también de manera colectiva y colaborativa. El ambiente colaborativo resulta un ingrediente esencial en la práctica del OR/MS.

En términos generales, podemos decir que las organizaciones empresariales diseñan sus acciones sobre la base de sus habilidades para adecuadamente aplicar sus recursos y así satisfacer sus requerimientos internos y la demanda de sus clientes externos. En la medida en la cual estas habilidades se alejen de la condición de optimalidad, en esa misma medida las empresas habrán de tener que costear los incrementos de capacidad que sean suficientes para compensar esa falta de habilidad antes mencionada.

Este incremento de capacidad en las empresas antes mencionado, afecta al menos la rentabilidad de las empresas. No obstante lo anterior, esto compromete un capital innecesario que bien pudiera ser utilizado para poner en marcha estrategias de mayor alcance y así poder aspirar a acceder a alguna oportunidad o ventaja competitiva en el futuro. Las condiciones actuales han cambiado y la globalización impide ahora que el costo de estas ineficiencias puedan ser aplicadas al precio de los productos que los consumidores demandan.

Optimistamente al suponer que los profesionistas dispongan de las competencias para la práctica del OR/MS, luego aparece otro obstáculo. En la actualidad se presenta una subcalificación de los puestos de trabajo ocasionando que “un porcentaje alto de los profesionistas se desempeñen realizando tareas de nivel operativo”.²¹ La opinión del postulante es que en la práctica profesional del OR/MS en las empresas existe una subutilización de los profesionistas lo cual propicia un desperdicio de posibilidades. Esto último no es exclusivo de la profesión del OR/MS, sino en general de las especialidades relacionadas con el desarrollo y la aplicación de la tecnología. Dicho de otro modo, no importa cuanta teoría se enseñe y aprenda en las universidades, mientras no sea demandada y aplicada en las organizaciones, ésta no tendrá ningún valor.

²¹ Gomez, M. (1998), *Inserción ocupacional de los egresados universitarios*, "IV Congreso Nacional de Estudios del Trabajo", Argentina, pag 9.

Lo anterior no significa que el origen del problema esté en las empresas. Ciertamente las empresas podrán decir que este aprendizaje se gesta en las universidades; dirán que es el lugar en el cual se aprenden las “competencias” y el conocimiento que más adelante, en el ámbito empresarial, se transformará en materia de soluciones a los problemas. No es extraño revisar en el caso mexicano, que las empresas hayan podido hasta ahora sobrevivir sin la necesidad de aplicar el OR/MS. Quizás, no ha habido en el pasado una necesidad para hacerlo, quizás todo se reduce a que le ha faltado a la nación estar expuesta a una economía de guerra la cual obligue a tener que optimizar las operaciones para lograr hacer mas con menos.

De esta manera, estamos encontrando que el punto de partida para el problema se sitúa ciertamente en el aprendizaje, pero más específicamente en aquel que puede llegar a influir de una manera general en la cultura de una nación y no solamente en una empresa. Estamos hablando de un aprendizaje que logre desarrollar “competencias” que evite la dependencia tecnológica, industrial, económica y porque no decirlo también, política hacia los socios extranjeros.

2.3 Las competencias requeridas para la aplicación del OR/MS.

La habilidad o competencia buscada en el OR/MS es la aplicación de conocimientos para la solución de problemas específicos a la administración de las empresas. En base a la empírica docente del postulante con 15 años de experiencia en escuelas de postgrado en la ciudad de Monterrey, a continuación se exponen “tres competencias” que se consideran básicas para la práctica del OR/MS:

- Competencia de Abstracción: abstracción y razonamiento inductivo – deductivo.
- Competencia Intuitiva: sensibilidad en su aplicación práctica.
- Competencia Comunicativa: saber extraer y comunicar las ideas.

Estas “tres competencias” no funcionan por separado, sino que se integran de una manera coherente logrando de esta manera la viabilidad en la práctica. Las habilidades de abstracción y de intuición proyectan las de implementación; las de intuición y comunicación proyectan las de actuación y las de abstracción y comunicación proyectan las de proposición. Esto se muestra en la Figura 2.1.

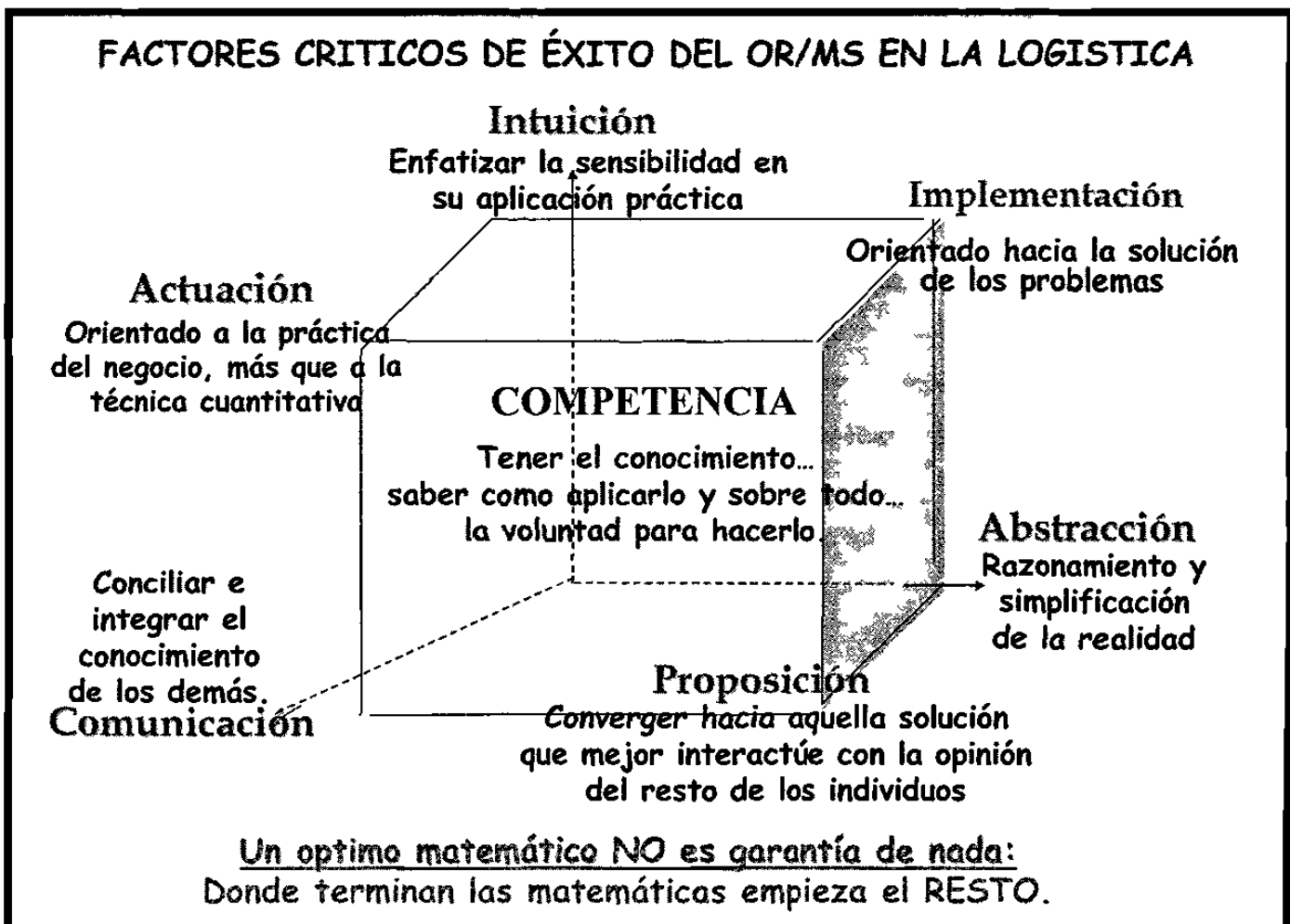


Figura 2.1 Competencias buscadas en el OR/MS.

Para lograr desarrollar estas competencias se requieren esencialmente tres ingredientes:

1. El docente: se requiere por parte de él promover un aprendizaje apoyado en el lenguaje, la participación, la elaboración de alternativas, la discusión y la toma de decisiones. Evaluar formativamente el desarrollo de competencias y no la memorización de palabras. Establecer una correlación entre el lenguaje oral y el lenguaje simbólico-abstracto, propiciando el entendimiento de la lógica y de las matemáticas. Facilitar la conexión de diferentes saberes, darle significado al aprendizaje y fomentar la capacidad para identificar y solucionar problemas con actitud creativa. Finalmente, deberá educar no solo el intelecto sino también la voluntad; ¿De qué sirve un conocimiento si no se le encuentra un provecho significativo ?

2. El alumno: se requiere su participación real, debe aprender a pensar, modificar sus hábitos de pensamiento, actitud y disposición hacia el cuestionamiento, la investigación y la construcción del conocimiento. Debe asimilar una cultura de innovación, trabajo en equipo, inclinación a tomar riesgos, experimentar y evaluar consecuencias. Debe participar activamente en el desarrollo de su propia capacidad y destreza para futuros aprendizajes, aprendiendo a descubrir por sí mismo las cosas y a ser creativo en la solución a problemas. Así pues, la educación hacia el alumno se desarrolla en dos direcciones que se combinan armónicamente, su intelecto y su voluntad.²² Todo lo anterior implica transformar el aprendizaje en conocimiento y el conocimiento en competencia a través de la actuación y de la voluntad.

3. La tecnología: todas las áreas de la actividad humana se han transformado gracias a la tecnología, no obstante, el método de enseñanza de las matemáticas en las escuelas ha metabolizado a las tecnologías sin resultar estas en modificaciones sustanciales. La primera reacción que algunos profesores experimentan frente a la tecnología, es solo para utilizarla para continuar viejos métodos de enseñanza. Es decir, se pierde la oportunidad que brinda la tecnología para evolucionar el contenido de lo que se enseña en la academia y así descubrir nuevas posibilidades y capacidades de desarrollo en el aprendizaje.

²² Mota, Flavio. (1998), *El deber ser y el querer ser en la Educación*, "Revista Academia", México, disponible en <http://kepler.uag.mx/temasedu/deberser.htm>.

La generalidad de los maestros se resisten al uso de la tecnología ya que ello les requiere tener que estar preparados para tratar con más alternativas, opciones y preguntas. En un estudio reciente que se desarrolló a lo largo de seis años en West Virginia, un tercio de la mejora en comprensión de lectura y razonamiento de las matemáticas fue atribuida al uso de nuevas tecnologías.²³

Desde una perspectiva mercantilista, el mecanismo de intervención de un alumno que busca un aprendizaje ocurre a través del proceso de compra. Es decir, ellos participan en el servicio comprando o dejando de comprar y así instrumentan el envío de señales del mercado al sector. No obstante, desde la perspectiva del postulante, los alumnos no son consumidores o clientes, sino más bien son coproductores activos del servicio con sus propios derechos y obligaciones. Así entonces en el modo de ver mercantilista, la educación estaría operando de una manera que no sería congruente con el deber ser orientado hacia una participación más activa por parte del alumno.

²³ Dale, Mann. (1999), *Achievement gains from a Statewide Comprehensive Instructional Program*, Milken Family Foundation, EUA, pag 14.

2.4 El desarrollo de competencias en México.

Hablar de tener que transformar la cultura en México nos remite directamente al contexto de la educación. No hay duda que la calidad de la educación propicia mejores mecanismos de aprendizaje. Hablar de calidad en la educación no equivale a pensar en niveles de escolaridad. Estamos hablando de un cambio en el comportamiento actitudinal de las personas en lo individual y de un cambio en su orientación colaborativa en lo grupal. En ambos casos se requerirá estar capacitado para hacer frente a situaciones problemáticas en las cuales se requiere la puesta en marcha de soluciones de fondo.

La sociedad en México, ha insistido en la demanda de un conocimiento pragmático. Esta postura pareciera que más que “competencias”, lo que la sociedad demanda es tan sólo la posibilidad de un mejoramiento en el nivel de vida de la población. Lo anterior deja muy lejos la posibilidad de un cambio de cultura. No podemos afirmar que actualmente la sociedad muestre un positivismo hacia la formación de una cultura competente en el entorno global, sino desafortunadamente quizás sólo una actitud de acomodamiento y conformismo respecto a lo que se está gestando en el mundo de acuerdo a las nuevas reglas económicas y políticas con las cuales se tiene que coexistir.

En términos generales y apeándonos a las evidencias disponibles y conocidas, las políticas educativas en México han hecho énfasis solo en aspectos de cobertura ya que se registra una de las cifras más altas en América Latina en cuanto al porcentaje de la población que atiende el sistema educativo.²⁴ No obstante en el asunto de la calidad educativa los datos académicos apuntan a considerar a México como un país de reprobados.²⁵

En el mes de octubre del año 2001, los editoriales de varios periódicos del país han hablado a este mismo respecto. Salen a la luz pública los resultados internacionales que en materia de calidad en la educación se refiere. En función a la muestra de estudiantes utilizada en el análisis comparativo internacional, resulta específicamente en el caso de los estudiantes mexicanos un bajo nivel de capacidad y de razonamiento abstracto en el área de matemáticas²⁶.

²⁴ Dávila, S. (1999), *El papel del docente en la calidad educativa*, México, en <http://www.nalejandria.com/akademeia/sdavila/>

²⁵ Marchand, Horacio. (2001), *¿Una nación en Riesgo ?*, EGADE ITESM, México.

²⁶ Delgado, Mónica. (2001), *SEP difunde resultados de la evaluación Internacional: Entrevista al Secretario de Educación Reyes Tamez*, “Periódico el Norte”, México, pag 3A.

El resultado actual solo es la consecuencia lógica de una política educativa que no tuvo previsión de las tendencias de globalidad y avance tecnológico dentro de la competencia económica actual. El país se halla sujeto y dependiente del exterior en aspectos que van desde el simple asesoramiento tecnológico hasta el condicionamiento económico y político.

El 16 de Octubre del 2001 se publicó en un diario de circulación nacional los resultados de la evaluación de México en matemáticas y ciencia desarrollados por parte de la Asociación Internacional para la Evaluación del Logro Educativo (IEA). El resultado es que México esta en los últimos lugares. El editorialista pregunta entonces ¿Hay relación entre el mal desempeño educativo en matemáticas y el nivel de desarrollo de un país? Sin duda, responde el editorialista.²⁷

La relación específica que guarda el tema del desarrollo de "competencias" en la educación en México con respecto a la tesis doctoral se refiere a la necesidad de establecer antes que nada un supuesto básico que debe existir en toda sociedad que pretenda dar solución a problemas como el que será atendido en la presente tesis doctoral. Es decir, antes que un algoritmo o propuesta matemática, lo primero que debe existir para dar solución a un problema, es la presencia de un individuo (tomador de decisiones) que atienda el problema como tal, lo comprenda en términos de un modelo conceptual, relacional y lógico; logrando identificar la información que sea relevante. Cubierto el supuesto anterior, luego entonces ahora si podremos pasar al tema de las matemáticas y de los algoritmos. Dicho de otro modo, el punto de partida esta en el desarrollo del modelo y luego después en el algoritmo.

De la argumentación anterior, es fácilmente comprensible que el problema particular de la educación y las "competencias" antes descrito es por sí solo materia suficiente para un estudio por separado. Aunque por tal motivo, este tema particular escapa al alcance de investigación de la presente tesis doctoral, nos hemos permitido realizar un estudio de campo que pretende estudiar un poco más de cerca dicho fenómeno. A continuación en el siguiente apartado se explica y se expone dicha problemática.

²⁷ Quintana, Enrique. (2001), *Matemáticas y Economía*, "Editorial el Norte", México, pag 5b.

2.5 Caso de estudio: La aplicación de las matemáticas por parte de los profesionistas de las empresas del área metropolitana de la ciudad de Monterrey.

En este apartado se abordará el tema referente a las razones por las que el OR/MS ha tenido dificultades para ser aplicado por los profesionistas. Asumiendo que el término OR/MS no es del dominio público, decidimos substituir “OR/MS” por “Matemáticas” sobre el entendido de que ambos conceptos son razonablemente equivalentes para efectos del estudio de campo. Así pues, el objetivo del experimento consiste en identificar aquellos factores que causan que las matemáticas no sean aplicadas por los profesionistas de las empresas del área metropolitana de la ciudad de Monterrey (AMM). El diseño experimental propuesto por el postulante para dar respuesta a esta interrogante es a través de un estudio de campo mediante un instrumento tipo cuestionario aplicado a dichos profesionistas.

Pedir la opinión al respecto de esta cuestión a los profesionistas, resulta desde la perspectiva del postulante, suficientemente pertinente; ya que son ellos mismos los que están en posibilidad de ejercer o no ejercer dicha habilidad.

Ahora bien, el diseño del cuestionario contiene un total de 64 reactivos que de aquí en adelante llamaremos variables. Estas 64 variables son el resultado de dos sesiones de lluvias de ideas que fueron llevadas a cabo a su vez con profesionistas de la escuela de la división de postgrado de la facultad de Contaduría Pública y Administración de la UANL durante el mes de Mayo del 2002. Cada una de estas variables representa una posible razón por la cual el OR/MS pudiera no estar siendo aplicado por los profesionistas en las empresas. A su vez, cada una de estas 64 variables aparece agrupada en un total de 8 constructos principales. Estos 8 constructos principales son los siguientes:

1. El alumno.
2. El maestro.
3. El método de enseñanza.
4. Las empresas.
5. El entorno económico.
6. La Cultura Nacional
7. Los antecedentes y las expectativas.
8. La naturaleza de las matemáticas.

Así pues, por un lado las 64 variables permitirán matizar detalladamente la opinión del profesionista respecto al problema tratado. Por el otro lado, los 8 constructos permitirán dar orden, estructura y dirección a los aspectos principales del problema. El instrumento de campo con las 64 variables contenidas en 8 constructos es aplicado para que los profesionistas registren en él su opinión del problema. En la aplicación del instrumento, cada una de las 64 variables deberá ser calificada de acuerdo al grado de importancia relativa que cada una de estas tenga para dar respuesta al problema en cuestión. La convención utilizada en la calificación de importancia fue utilizar el No. 1 para establecer la variable o razón principal y el No. 64 para aquella variable con menor importancia relativa.

De lo anterior, cada una de las 64 variables recibirá una calificación idealmente única que permitirá identificar similitudes y diferencias. Si sumamos los números que serán registrados para las 64 variables, indistintamente siempre resultará "2080". Este último será nuestro código verificador para validar la medición. Con la finalidad de enumerar las 64 variables ya antes mencionadas, se muestra en la Figura 2.2 el prototipo del formato de encuesta que se aplicó para el estudio de campo.

Nombre	Empresa donde Trabaja					# de ocasiones en las que ha aplicado las Matemáticas para la toma de decisiones en los Negocios ?		
Escuela	Puesto							
Carrera	Matemáticas en Carrera					# de ocasiones en las que ha VISTO aplicar las Matemáticas para la toma de decisiones en los Negocios ?		
Año	Matemáticas en Maestría							
ENVIDIA HACIA QUIEN SOBRESALE	ENFOQUE HACIA LA IMPORTACION DE TECNOLOGIA	CULTURA TERCER-MUNDISTA	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	FALTA DE TIEMPO (ALUMNO TRABAJA TIEMPO PARCIAL)	PROBLEMAS DE ALIMENTACION	LAS MATEMATICAS NO TIENEN APLICACION EN LA PRACTICA	ES MAS FACIL APLICAR EL SENTIDO COMUN QUE LAS MATEMATICAS	MI PUESTO NO REQUIERE TOMAR DECISIONES
FALTA DE TRABAJO EN EQUIPO		CORRUPCION Y CONFORMISMO	FALTA DE HABILIDAD PARA EL IDIOMA INGLES		FALTA DE INTERES Y VOCACION	LAS EMPRESAS NO REQUIEREN TANTA SOFISTICACION		HADE APLICA LAS MATEMATICAS EN LA PRACTICA
MENOS PRECIO AL USO METODOS FORMALES	FALTA DE INTERES EN LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DEL PAIS	FALTA DE CULTURA COMPETITIVA	FALTA DE MOTIVACION	CONFORMISMO	FALTA DE DISCIPLINA	LAS MATEMATICAS SON DIFICILES DE APRENDER	NO ME GUSTAN LAS MATEMATICAS	LAS EMPRESAS NO PREFIEREN EL ANALISIS MATEMATICO EN LA TOMA DE DECISIONES
FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	FALTA DE ACTUALIZACION Y/O EXPERIENCIA	FALTA DE INTERES Y VOCACION	LA CULTURA NACIONAL	EL ALUMNO	LAS MATEMATICAS	NO CONCORDO AHADE QUE APLIQUE LAS MATEMATICAS EN LOS NEGOCIOS	ES POCO PROBABLE QUE EN EL FUTURO REQUERIRA APLICAR LAS MATEMATICAS EN LA TOMA DE DECISIONES	EN UN SENTIDO EFECTIVO EVITO UTILIZAR LAS MATEMATICAS Y PREFIERO GUIARME POR LA EXPERIENCIA
FALTA DE CULTURA COMPETITIVA		FALTA DE DISCIPLINA	EL MAESTRO		ANTECEDENTES Y ESPECTATIVAS	HE TENIDO MUY MALOS MAESTROS DE MATEMATICAS		MI PUESTO NO REQUIERE RESOLVER PROBLEMAS COMPLICADOS
FALTA DE TIEMPO POR EXCESO DE TRABAJO	MAESTROS MAL PREPARADOS PEDAGOGICA-MENTE	FALTA DE MOTIVACION	LA EMPRESA	EL METODO DE ENSEÑANZA	LOS RECURSOS ECONOMICOS	EN MI CARRERA NO APRENDI LA FORMA DE APLICAR LAS MATEMATICAS	QUISIERA APRENDER A APLICAR LAS MATEMATICAS EN LA TOMA DE DECISIONES	LA GENTE CON EXPERIENCIA PIENSA QUE LAS MATEMATICAS NO TIENEN UTILIDAD
FALTA DE CULTURA COMPETITIVA (MONOPOLIOS EMPRESARIALES)	CONFORMISMO EMPRESARIAL	ENFOQUE MAQUILADOR SIN POSIBILIDAD PARA LA INNOVACION	ENSEÑANZA MECANIZADA CON FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS	PLANES DE ESTUDIO OBSOLETOS	FALTA DE PERTINENCIA EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS REALES	FALTA DE MATERIAL ACADÉMICO	FALTA DE FOMENTO A LA INVERSIÓN	FALTA DE ESPACIOS ADECUADOS PARA EL APRENDIZAJE
FALTA DE TIEMPO (TOMA DE DECISIONES URGENTES)		FALTA DE INTERES PARA SU APLICACION	FALTA DE PROMOCION A DESARROLLO DE HABILIDADES COMPETITIVAS		NO SE CUBREN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO	FALTA DE TECNOLOGIA		FALTA DE VINCULACION ENTRE EMPRESAS Y UNIVERSIDADES
EXCESO DE TRABAJO	SE CUBREN PUESTOS CON GENTE NO PREPARADA	FALTA DE CONOCIMIENTO PARA SU APLICACION	EXCESO DE ALUMNADO	FALTA DE VINCULACION CON LAS NECESIDADES DE LAS EMPRESAS	UNIVERSIDADES CON BAJO NIVEL ACADÉMICO	FALTA DE MAESTROS BIEN PAGADOS	FALTA DE BECAS E INTERCAMBIO ACADÉMICO	SINDICALISMO, CORRUPCION Y DESVIO DE RECURSOS

Figura 2.2 Formato de encuesta para el estudio de campo para profesionistas de empresas del AMM.

A continuación, el diseño del experimento nos requiere normalizar los datos recabados en el instrumento de medición. Lo anterior, no es otra cosa que llevar la escala original de preferencia relativa de 64 niveles a una de solo 6 niveles. Esta nueva escala de 6 niveles se explica como sigue en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Niveles de importancia relativa.

Escala de nivel	Significado de importancia relativa
0	En desacuerdo
1	Rara vez influye
2	Indiferente
3	A ser tomado en cuenta
4	Tiene mucha importancia
5	Es la causa raíz

La normalización de los datos recabados en el instrumento de campo, tiene la finalidad de concentrar el matiz de importancia relativa en un número menor de grados. Obviamente esta normalización resulta ser mucho más conveniente realizar una vez que el encuestado ha hecho el esfuerzo por establecer una diferenciación relativa de cada una de las 64 variables y no solamente sobre la base de 6 niveles de diferenciación.

Una razón más para llevar a cabo este proceso de normalización es para “corregir” los datos que estén mal registrados. Por ejemplo, ¿Qué sucedería cuando la medición de un cuestionario no sumará 2080 ?. En un caso como el anterior, es fácilmente entendible que el proceso de normalización ayudaría a eliminar el ruido que hubiera en la medición y así rescatar los datos. La formula utilizada para normalizar los datos se muestra a continuación:

$$G_n = \text{Int} \left[\frac{64 - G_e}{12} \right]$$

Donde: G_n = Grado normalizado

G_e = Grado estandar

Ecuación para normalización de 64 a 6 niveles

Como puede apreciarse en la formula anterior, solo las variables que hayan sido seleccionadas con grado de importancia relativa “ G_e ” del 1 al 4 serán calificadas como “Causa Raíz”, es decir grado normalizado $G_n = 5$. Esto último es deliberado y resulta ser parte del diseño del instrumento.

2.5.a Identificación de la población de estudio y determinación del tamaño de la muestra.

La población de estudio está totalmente determinada en el experimento. Esta es el conjunto de profesionistas del área metropolitana de la ciudad de Monterrey (AMM) que se desempeñen actualmente laborando en alguna empresa de la ciudad y que tengan como actividad preponderante alguna función que requiera de toma de decisiones. A continuación se describen las características buscadas en los profesionistas:

1. Que hayan hecho sus estudios de licenciatura en Universidades del AMM después de 1980.
2. Que sus estudios académicos contengan asignaturas en las cuales tenga pertinencia la toma de decisiones de los negocios en general.
3. Que laboren en las empresas del AMM.
4. Que el puesto que desempeñen requiera de capacidad de análisis referido al proceso de toma de decisiones en los negocios.

La razón de la selección anterior, obedece a que aquí tenemos contenidos profesionistas que:

1. Recibieron su educación antes y también después del parte-aguas del OR/MS en EUA (1991).
2. Estos desempeñan responsabilidades suficientemente pertinentes como para llegar a requerir capacidades de análisis cuantitativo para la toma de decisiones.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, partiremos naturalmente del tamaño de la población. Según el último censo de población del INEGI ²⁸, tenemos que el total de la población económicamente activa del estado de Nuevo León cuya actividad preponderante es desempeñarse como profesionista resulta ser un total de 67,380 individuos. Obviamente esta estimación de la población para nuestros propósitos es bastante razonable, ya que sabemos de antemano que no todos ellos tienen pertinencia con respecto a la toma de decisiones en la administración de los negocios. Así pues, el error experimental está cubierto y además protegido.

La probabilidad de suceso “p”, que se utilizó para el cálculo de la muestra fue del 5%. Este número proviene de la empírica del postulante, el cual más adelante en los resultados del experimento se sustentará. Este porcentaje preliminar equivale a observar la cantidad de alumnos que en las clases de

²⁸ Encuesta Nacional de Empleo. (2001), *Base de Datos y Tabulados de la Muestra Censal*, “XII Censo General de Población y Vivienda”, México, pag 45.

modelos cuantitativos a nivel maestría, afirman tener experiencia práctica en la aplicación de las matemáticas en la toma de decisiones en los negocios. La experiencia de 10 años del postulante, le permiten identificar un alumno con tales características por cada grupo de clase que normalmente oscila entre 15 y 20 alumnos en total. Más adelante este valor “p” podrá ser verificable en los resultados que arroje la investigación de campo.

Utilizando un margen de error del 5% y un porcentaje de confiabilidad al 95%, resulta un tamaño de muestra equivalente a 73 unidades experimentales. A continuación se muestra el desarrollo del cálculo.

$$\begin{aligned}
 N &= \text{Tamaño de la población} = 67,380 \\
 p &= \text{Probabilidad muestra} \approx x/n = 5\% \quad \therefore q = 1-p \\
 e &= \text{Error estándar permitido} = 5\% \\
 Z &= \text{Nivel de confianza} = 95\% \quad \therefore z = 1.96 \\
 n &= \text{Tamaño de la muestra}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{N * p * q}{\frac{N * e^2}{z^2} + p * q} = 73$$

2.5.b Estadística descriptiva de la muestra.

A partir de aquí, se inició el estudio de campo durante los meses de Junio y Julio de año 2002. Fueron un total de 405 cuestionarios los que fueron aplicados por un grupo de colaboradores. A continuación se agregan una serie de tablas que servirá para conocer el origen de los datos.

Tabla 2.2 Clasificación de la muestra de acuerdo al tipo de empresa donde labora el profesionista.

# de Casos	
TIPO EMPRESA	Total
BANCA-SERV.FINANCIEROS	52
METAL-MECÁNICO	35
UNIVERSIDADES	27
AUTOSERVICIOS	24
IND. QUIMICA	23
CONSULTORIA	22
ACERO-CEMENTO-VIDRIO	21
TELEFONIA	18
AUTOTRANSPORTE	16
SERV.INTERNET	15
ALIMENTOS Y BEBIDAS	14
OTRAS	138
Total general	405

Tabla 2.3 Clasificación de acuerdo a la escuela de procedencia.

# de Casos	
Nom.Escuela	Total
ITESM	114
UANL FACPYA	108
UANL FIME	64
UDEM	44
UANL FCFM	27
UANL FCQ	21
OTROS	20
UR	7
Total general	405

Tabla 2.4 Clasificación de acuerdo a la carrera de procedencia.

# de Casos	
Nom. Carrera	Total
CONTADURIA	117
SISTEMAS	92
INGENIERIA	63
ADMINISTRACION	60
ING.INDUSTRIAL	34
OTRAS	17
MBA	12
MERCADOTECNIA	10
Total general	405

Tabla 2.5 Clasificación de acuerdo al año de graduación de la carrera profesional.

# de Casos	
Año ▼	Total
1970-1974	2
1975-1979	3
1980-1984	13
1985-1989	32
1990-1994	79
1995-1999	188
>2000	88
Total general	405

Tabla 2.6 Clasificación de acuerdo al tipo de puesto ejercido.

# de Casos	
Nivel del Puesto ▼	Total
ANALISTA	114
GERENTE	68
JEFATURA	45
COORDINADOR	38
ADMINISTRADOR	25
CONTADOR	24
CONSULTOR	11
CONTRALOR	8
DIRECTOR	7
AUDITOR	6
PROFESOR	5
OTROS	54
Total general	405

Tabla 2.7 Clasificación de acuerdo al área de desempeño profesional.

# de Casos	
Área del Puesto ▼	Total
FINANZAS	107
ADMINISTRACION	74
SISTEMAS	73
INGENIERIA	40
VENTAS	28
CALIDAD	22
DOCENTE	18
RECURSOS HUMANOS	16
COMPRAS	9
OTROS	18
Total general	405

Ahora verificamos el valor de “p” que había sido estimado al 5% por el postulante en el apartado 2.5.a. A continuación se muestra la incidencia de opinión de los profesionistas respecto a la frecuencia con la cual ellos califican la aplicabilidad de las matemáticas en toma de decisiones en los negocios.

Tabla 2.8 Incidencia porcentual de la aplicación de las matemáticas en la toma de decisiones.

Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	44
RARA VEZ	33
A VECES	17
FRECUENTEMENTE	6
Total general	100

Como se puede apreciar solo el 6% de la muestra mencionó de manera “regular” aplicar las matemáticas. Por tal motivo la estimación de la muestra fue bastante acertada. No obstante como ya se verificó, el tamaño de la muestra que se realizó (405), sobrepasa por mucho las exigencias mínimas del muestreo requerido.

Antes que nada, cabe señalar que está fuera del alcance del presente estudio de caso el desarrollar un análisis que vengan a incluir como variables inferenciales todos los elementos descriptivos mencionados en las tablas 2.2 al 2.7. La prueba “chi cuadrada” y el análisis de tablas de contingencia podrían ser utilizados para este otro propósito. Centrándonos ahora ya en la parte de las variables recabadas en el instrumento podemos describir la siguiente información contenida en las tablas 9 al 11.

Tabla 2.9 Incidencia del grado de importancia atribuida a cada variable.

	EN DESACU ERDO	RARA VEZ INFLUYE	INDIFER ENTE	A SER TOMADO EN CUENTA	TIENE MUCHA IMPORT ANCIA	ES LA CAUSA RAIZ
CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5
VAR.25	39	36	44	68	97	121
VAR.4	26	44	52	61	127	95
VAR.28	25	45	63	71	116	85
VAR.3	38	45	70	92	83	77
VAR.24	39	52	53	76	112	73
VAR.16	48	60	67	74	95	61
VAR.34	37	53	101	78	81	55
VAR.37	26	54	74	99	97	55
VAR.8	33	57	80	90	94	51
VAR.18	27	40	76	114	97	51
.....
VAR.n	An	Bn	Cn	Dn	En	Fn

La Tabla 2.9 muestra la incidencia de nivel 5 (causa raíz) para cada variable en forma descendente. Por ejemplo, se identifican 121 observaciones que consideran que la variable No. 25 (falta de habilidad para el razonamiento lógico de los problemas por parte del profesionista) como una variable que es causa raíz del problema. No obstante como se alcanza a apreciar en la misma tabla, existen otras observaciones que no piensan igual ya que, por ejemplo, hay 39 de ellas que están en completo de acuerdo, esto representa el grado de variabilidad de la variable, valga la redundancia. Más aún, existen hacia abajo otras variables que quizás no tengan la misma incidencia en el nivel 5, pero que si tengan menor variabilidad en sus observaciones registradas. Con esto se puede comprender que la estadística descriptiva tiene sus limitaciones a la hora de requerir generar conclusiones sobre las muestras. Lo anterior se logra resolver mediante la aplicación de la estadística inferencial, lo cual es precisamente lo que haremos.

La tabla 2.10 muestra de nuevo la lista de las variables. En este caso se vuelven a poner en forma descendente de acuerdo al nivel de importancia 5, pero adicionalmente se identifican que no todas las variables que aparecen en forma descendente corresponden al mismo constructo. Esto evidencia que la opinión de los encuestados no apunta a establecer un solo constructo como el único causante del problema.

Tabla 2.10 Incidencia del grado de importancia nivel “5” atribuido a cada variable.

VARIABLES	CONSTRUCTO	SIGNIFICADO DE LA VARIABLE	FREC. GRADQ. 5
VAR.25	EL ALUMNO	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	121
VAR.04	EL MAESTRO	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	95
VAR.28	EL METODO DE ENSEÑANZA	ENSEÑANZA MECANIZADA CON FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS	85
VAR.03	CULTURA NACIONAL	MENOS FRECU AL USO METODOS FORMALES	77
VAR.24	LA EMPRESA	FALTA DE CONOCIMIENTO PARA SU APLICACIÓN	73
VAR.16	CULTURA NACIONAL	CULTURA TERCER-MUNDISTA	61
VAR.37	EL ALUMNO	FALTA DE DISCIPLINA	55
VAR.34	EL METODO DE ENSEÑANZA	FALTA DE VINCULACIÓN CON LAS NECESIDADES DE LAS EMPRESAS	55
VAR.18	CULTURA NACIONAL	FALTA DE CULTURA COMPETITIVA	51
VAR.08	LA EMPRESA	FALTA DE TIEMPO (TOMA DE DECISIONES URGENTES)	51
VAR.50	ANTECEDENTES Y ESPECTATIVAS	ES MAS FACIL APLICAR EL SENTIDO COMUN QUE LAS MATEMÁTICAS	50
VAR.23	LA EMPRESA	FALTA DE INTERES PARA SU APLICACIÓN	50
VAR.29	EL METODO DE ENSEÑANZA	FALTA DE PROMOCION A DESARROLLO DE HABILIDADES COMPETITIVAS	48
VAR.36	EL ALUMNO	FALTA DE INTERES Y VOCCACION	46
VAR.27	EL ALUMNO	FALTA DE MOTIVACION	45
VAR.33	EL METODO DE ENSEÑANZA	PLANES DE ESTUDIO OBSOLETOS	44
VAR.12	EL MAESTRO	FALTA DE ACTUALIZACION Y/O EXPERENCIA	38
VAR.38	EL METODO DE ENSEÑANZA	FALTA DE PERTINENCIA EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS REALES	38
VAR.13	EL MAESTRO	MAESTROS MAL PREPARADOS PEDAGOGICA-MENTE	37
VAR.46	ANTECEDENTES Y ESPECTATIVAS	EN MI CARRERA NO APRENDI LA FORMA DE APLICAR LAS MATEMÁTICAS	36
VAR.32	EL ALUMNO	CONFORMISMO	35
VAR.21	EL MAESTRO	FALTA DE MOTIVACIÓN	34
....
VAR.n	CONSTRUCTOx	SIGNIFICADO.X	FREC.X

2.5.c Exposición de resultados y comentarios finales.

Nuestro objetivo es identificar cuáles son los factores que a juicio de los profesionistas, mayormente explican el porqué no se aplican las matemáticas en la toma de decisiones en la administración. Para ello se hizo uso de la Prueba “t” de Student. A continuación se explica a grandes rasgos la metodología utilizada.

Se desarrolló un estudio por separado para cada uno de los 8 constructos ya antes explicados los cuales agrupan las 64 variables. Como es de esperarse cada constructo entonces estará compuesto a su vez por 8 variables. Para las 8 variables de cada constructo y a su vez para los 8 constructos, se obtuvo su valor “t” calculado, el cual luego fue confrontado contra el valor “t” de tablas para determinar la significancia y el porcentaje de variabilidad explicado para cada variable en cuestión. En la siguiente Tabla 2.11 se muestran algunos resultados al respecto.

Tabla 2.11 Porcentajes de variabilidad explicada para cada variable.

CONSTRUCTO	VARIABLE	% de Variabilidad Explicada
Maestro	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	80%
Alumno	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	80%
Maestro	FALTA DE ACTUALIZACION Y/O EXPERIENCIA	75%
Método	ENSEÑANZA MECÁNIZADA CON FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS	74%
Maestro	FALTA DE CULTURA COMPETITIVA	72%
Maestro	FALTA DE DISCIPLINA	70%
Maestro	FALTA DE INTERES Y VOCACION	69%
Maestro	FALTA DE MOTIVACIÓN	69%
Método	FALTA DE PROMOCION A DESARROLLO DE HABILIDADES COMPETITIVAS	68%
Alumno	FALTA DE INTERES Y VOCACION	66%
...
Constructo x	Variable x	% x

Para cada constructo de manera independiente se calculó su coeficiente Croanbach para determinar la confiabilidad del instrumento de medición. Como es de esperarse no todos los constructos resultaron ser significativos ni tampoco igualmente confiables. En la Tabla 2.12 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 2.12 Porcentajes de variabilidad explicada y confiabilidad para cada constructo.

% de Variabilidad Explicada		% de Confiabilidad
CONCEPTO	Total	Alfa Cronbach
Maestro	70%	92%
Método	59%	93%
Empresa	55%	93%
Alumno	46%	87%
Cultura Nacional	43%	93%
Recursos	28%	93%
Matemáticas	20%	96%
Antecedentes-Espectativa	16%	96%

En la tabla anterior se aprecia que aunque los porcentajes de confiabilidad para cada constructo son bastante razonables, ninguno de ellos por sí solo logra explicar al menos en un 80% la causa del problema. Por ejemplo, de la tabla anterior, se puede decir muy confiablemente que el constructo “maestro” juega un papel importante en la razón del porque no se aplican las matemáticas en la toma de decisiones en las empresas. No obstante, también se puede afirmar con mucha certeza que no existe evidencia de que el constructo “Antecedentes y Expectativas” sea la causante del problema en cuestión.

La propuesta final del análisis estadístico ofrece la posibilidad de desarrollar un constructo compuesto, es decir, un constructo artificial formado únicamente por aquellas variables que mejor expliquen la causa del problema. Así pues, es de esperarse que este constructo compuesto esté conformado por variables provenientes de los diferentes 8 constructos originalmente planteados en el instrumento de medición. Para esto se seleccionaron las primeras 10 variables que mejor desempeño tienen al dar explicación al problema. Los resultados obtenidos al respecto son muy favorables tanto en el porcentaje de variabilidad explicada del constructo así como en su confiabilidad. En la Tabla 2.13 se muestran los resultados.

Tabla 2.13 Porcentajes de variabilidad explicada para las variables del constructo compuesto.

CONSTRUCTO	VARIABLE	% de Variabilidad Explicada
Maestro	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	90%
Alumno	FALTA DE HABILIDAD PARA EL RAZONAMIENTO LOGICO DE LOS PROBLEMAS	86%
Maestro	FALTA DE ACTUALIZACION Y/O EXPERIENCIA	89%
Método	ENSEÑANZA MECANIZADA CON FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS	76%
Maestro	FALTA DE CULTURA COMPETITIVA	82%
Maestro	FALTA DE DISCIPLINA	69%
Maestro	FALTA DE INTERES Y VOCACION	77%
Maestro	FALTA DE MOTIVACIÓN	76%
Método	FALTA DE PROMOCION A DESARROLLO DE HABILIDADES COMPETITIVAS	66%
Alumno	FALTA DE INTERES Y VOCACION	63%

Como puede apreciarse en la tabla anterior, el desempeño de las variables ahora ya interrelacionadas mejora aún más en relación a su desempeño al haber estado en sus constructos originales. El coeficiente de confiabilidad Croanbach para este nuevo constructo tiende a disminuir por la diversidad de las variables que lo componen, pero con un 83% que resulta de su calculo vía el Software para Análisis Estadístico SPSS, aún continúa siendo bastante aceptable para nuestros fines.

Finalizamos esta sección diciendo que en el desarrollo del último constructo compuesto no todas las variables tuvieron el mismo nivel de desempeño, aunque tampoco era lo esperado. De estas diferencias en su desempeño es de donde logramos establecer 4 factores que resultan concluyentes del estudio de campo:

1. Existe una falta de habilidad para el razonamiento lógico de los problemas tanto por parte del maestro como por parte del alumno.
2. Existe una falta de actualización y experiencia por parte del maestro.
3. Existe una falta de cultura orientada hacia la competitividad.
4. Existe una deficiencia en el método de enseñanza de las matemáticas derivada del uso mecanizado de formulas.

El estudio de campo desarrollado y expuesto muestra con gran claridad que los antecedentes y aspectos teóricos discutidos previamente tienen relevancia y pertinencia de acuerdo al común de las opiniones recabadas en dicho experimento. Las evidencias estadísticas ya antes expuestas así lo prueban.

2.6 Comentarios finales de la problemática educativa en la aplicación del OR/MS.

A partir de los resultados del “estudio de campo” presentados en el apartado 2.5, la opinión del postulante es que la experiencia y la extrapolación del pasado sigue siendo la principal herramienta para la toma de decisiones actualmente en las organizaciones. En la práctica de los negocios, pocas veces ocurre que existan modelos que logren incluir las variables y las relaciones mediante las cuales el administrador pueda mantener sensitivamente tanto el control de la situación entrante, así como también el entendimiento de las acciones sugeridas respecto a la problemática a resolver. No obstante que la investigación pura es necesaria, existe la preocupación de que sólo una muy pequeña contribución del OR/MS se aplique hoy en día en la administración de las empresas en general y en la logística en particular.

En la Figura 2.3 se expone un diagrama esquemático con la finalidad de resaltar los conceptos revisados.

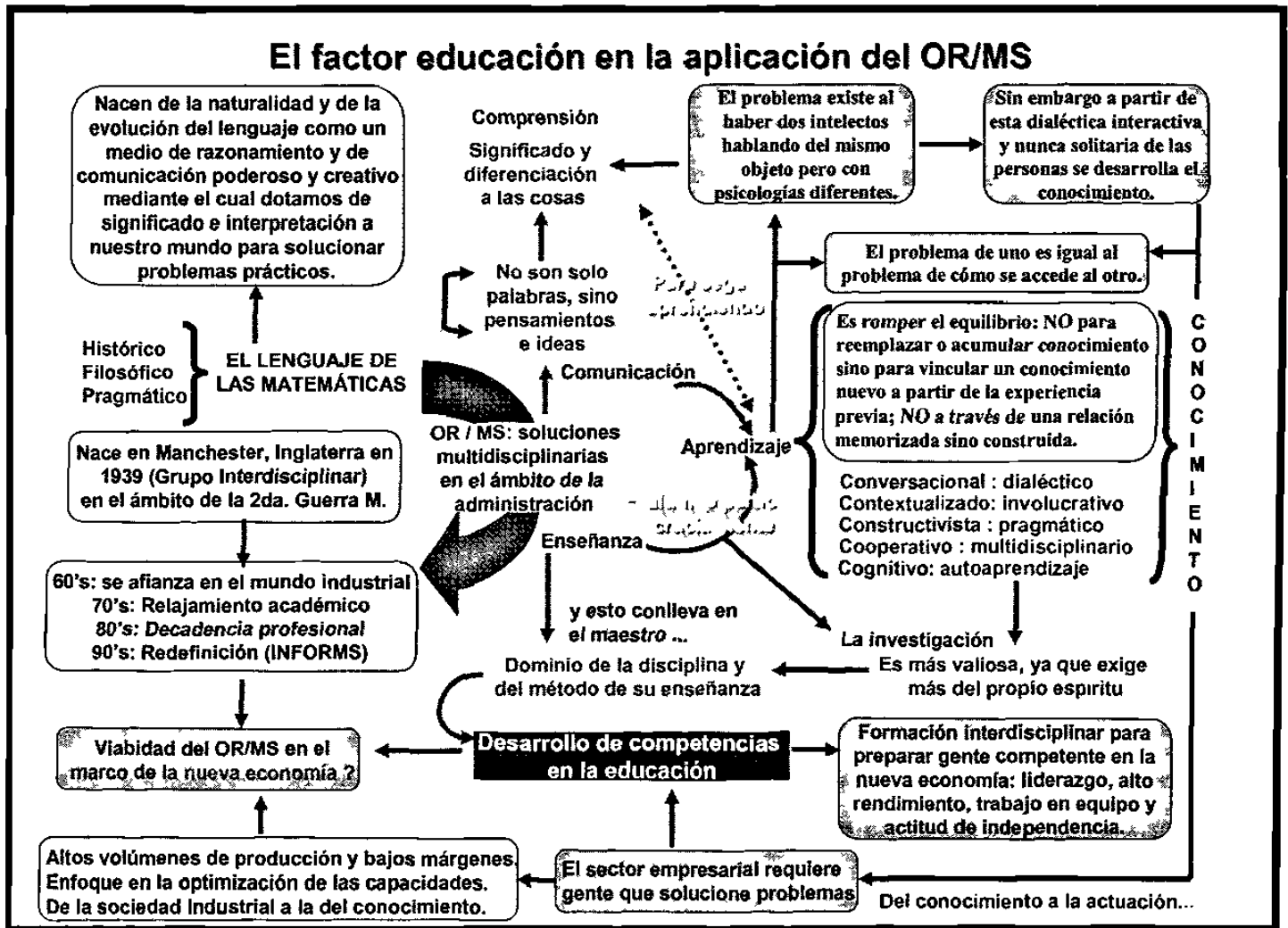


Figura 2.3 Diagrama esquemático acerca del factor educación en la aplicación del OR/MS.

La relación específica que guarda el tema del desarrollo de “competencias” en la educación en México con respecto a la tesis doctoral se refiere a la necesidad de establecer antes que nada un supuesto básico que debe existir en toda sociedad que pretenda dar solución a problemas como el que será atendido en la presente tesis doctoral. Es decir, antes que un algoritmo o propuesta matemática, lo primero que debe existir para dar solución a un problema, es la presencia de un individuo (tomador de decisiones) que atienda el problema como tal, lo comprenda en términos de un modelo conceptual, relacional y lógico; logrando identificar la información que sea relevante. Cubierto el supuesto anterior, luego entonces ahora sí podremos pasar al tema de las matemáticas y de los algoritmos. Dicho de otro modo, el punto de partida está en el modelo no en el algoritmo.

De la argumentación anterior, es fácilmente comprensible que el problema particular de la educación y las “competencias” antes descrito es por sí solo materia suficiente para un estudio por separado. Aunque por tal motivo, este tema particular escapa al alcance de investigación de la presente tesis doctoral, nos permitimos en el último punto del presente capítulo realizar un estudio de campo que pretendió estudiar un poco más de cerca dicho fenómeno. Con esto damos por finalizado el presente tema para dirigirnos en el capítulo 3 a la exposición de algunos problemas que resultan ser típicos a ser enfrentados en la práctica de la logística e iniciar de este modo formalmente el desarrollo del marco conceptual de la tesis.

De los problemas que se expongan en el capítulo 3, uno de ellos será seleccionado como tema de investigación (problema de logística de ruteo de distribución). Luego entonces en el capítulo 4 se dará tratamiento formal a los fundamentos matemáticos de los problemas generales de ruteo de distribución. A continuación en el capítulo 5 se presentarán formalmente los fundamentos teóricos aplicables a la propuesta meta-heurística que el postulante expondrá como hipótesis para la solución del problema de investigación. Luego entonces, dicha propuesta meta-heurística estará basada en la aplicación de un algoritmo genético para resolver un problema de logística de ruteo de distribución el cual se planteará formalmente y de manera específica, con sus características y propiedades, en el capítulo 6.

Por razones que obedecen al balance en el contenido del presente documento, todos los aspectos referidos a los objetivos, la importancia y las delimitaciones que será tomados en cuenta para caracterizar al problema de investigación doctoral, se abordarán entonces en el capítulo 7 de la tesis. El diseño experimental de la investigación se expondrá en el capítulo 8 y finalmente la presentación de los resultados y las conclusiones se desarrollarán en los capítulos 9 y 10 respectivamente.