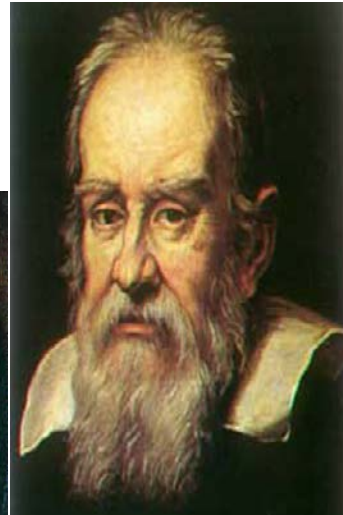
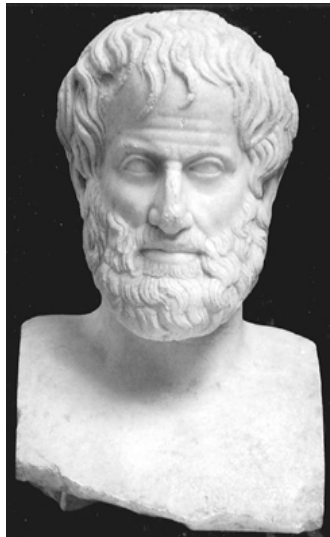


**Universidad Autónoma de Chiapas  
Facultad de Ingeniería**

**M. I. Juan José Muciño Porras**



**Notas para el curso:  
Seminario de Investigación II  
3° Semestre  
Maestría  
Semestre: Agosto - Diciembre 2013**

# **Capítulo 1**

## **La Tesis. Caso práctico**

## 1. La tesis

**OBJETIVO GENERAL:** El alumno analizará el proyecto de investigación o proyecto, según la línea de formación del estudiante.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** El alumno diseñará un avance del 60% del trabajo de tesis con respecto al protocolo.

**MOTIVACIÓN:** Uno de los objetivos de aspirar a obtener el grado de maestría es justamente inducir al alumno a investigar, de acuerdo a la línea de especialidad que seleccionó para tal fin. Aunque pareciera que fuese fácil esta labor, en este país todo mundo "investiga" todo y poco se concluye. No obstante la idea de esta asignatura es el de proporcionar al alumno un acompañamiento en el proceso de investigación y apoyarle en la orientación y búsqueda de información para que su trabajo de tesis se entregue en tiempo y forma. Motivarlo para que se interese por adquirir conocimientos con sentido.

### 1.1 Introducción

Escribir una tesis de carácter científico, como es el caso de ingeniería, tiene dificultades que parecieran estar superadas, sin embargo no lo están.

Es común escuchar en conversaciones de diferentes niveles el concepto de ciencia sin saber realmente lo que significa, pero es también una sorpresa que muchas de las personas que se dedican a esta actividad, puedan responder a la pregunta ¿qué es la ciencia?

Aun cuando parezca paradójico el comentario anterior, la mayoría de las personas que se dedican a la investigación científica y contribuyen al desarrollo y progreso de la disciplina que cultivan, no podrán formular con precisión su concepto de lo que es la ciencia, ni fijar los propósitos que persiguen, ni detallar los métodos que emplean en sus estudios, ni justificar estos métodos.

Probablemente la mejor respuesta es que la ciencia es el tema del cual tratan los libros y las revistas científicas, y que el método científico es el que siguen los hombres de ciencia en sus laboratorios o gabinetes, cuando se dedican a la investigación científica. (Rosenblueth, 1995)

Comentando la vaguedad de la respuesta contenida en el párrafo anterior, veamos algunas respuestas de científicos: el biólogo inglés Huxley dijo en cierta ocasión que "la ciencia es sentido común organizado". Otro biólogo inglés en su tratado *Los principios biológicos*, dice "una ciencia es un conjunto sistematizado de proposiciones que se refieren a un tema determinado".

Es clásico dividir a las ciencias en dos grupos, uno el de las de observación por ejemplo, la astronomía; y el otro, el de las experimentales, como la física o la fisiología. Se dice frecuentemente que la diferencia entre una observación y un experimento, estriba en que en la primera el fenómeno en estudio se desarrolla sin interferencia externa, en tanto que en la segunda, el desarrollo de los hechos ocurre en condiciones previamente planeadas y controladas. En otras palabras, la observación sería el registro o simplemente la contemplación pasiva de los hechos o fenómenos, tal como se presentan en la naturaleza; en tanto que la experimentación sería activa, ya que el experimentador ocasiona o suscita los fenómenos que desea estudiar.

La contemplación del observador sería imparcial y pasiva, en contraste con la actitud del experimentador que sería selectiva y activa.

## 1.2. El método científico

La expresión *método científico*, explicada en el curso anterior, se utiliza con diferentes significados y, a menudo, se abusa de ella para justificar una determinada posición personal o social con relativo desconocimiento de la complejidad del concepto. Como su propio nombre indica representa la metodología que define y diferencia el conocimiento de la ciencia de otros tipos de conocimientos.

La filosofía de la ciencia crea el *método científico* para excluir todo aquello que tiene naturaleza subjetiva y, por lo tanto, no es susceptible de formar parte de lo que denomina conocimiento científico. En última instancia, aquello que es aceptado por el **sentido común** propiamente dicho y, por ello, adquiere carácter de generalmente aceptado por la comunidad científica y la sociedad.

Obviamente no todo el mundo estará de acuerdo con el párrafo anterior, existen corrientes diversas de la filosofía de la ciencia que se derivan, a su vez, de los diferentes conceptos sobre realidad, percepción, teorías, etc.

Por otra parte, se sabe que existen cosas cuya naturaleza es precisamente subjetiva. La aproximación científica a estos elementos es compleja y normalmente se efectúa a través de los métodos científicos menores, diseñados para ramas específicas del saber.

Se trata de aquéllos distintos a los tres métodos básicos (*método inductivo, método deductivo y método hipotético-deductivo o de contrastación de hipótesis*) que se suelen aplicar a las ciencias naturales (física, química, biología, etc.) en contraposición a las llamadas ciencias humanas (economía, política, etc.). Entre estos métodos podemos citar: *hermenéutico, fenomenológico, dialéctico, funcionalismo, estructuralismo, etc.*

En realidad, a pesar de recibir la misma denominación de **métodos científicos** nos estamos refiriendo a cosas no ya diferentes sino situadas en una escala diferente. Paradójicamente, si hablásemos del mundo de la tecnología del transporte, se referirían en un caso a tipos de piezas elementales como tuercas o tornillos y en otro a tipos de vehículos como motos, coches, camiones, barcos, aviones, cohetes, etc.

En otras palabras, existen tres tipos básicos y los demás son tipos compuestos de los anteriores que intentan definir una estructura compleja y que, por lo tanto, se encuentran en una escala macroscópica respecto a los primeros.

Aquí estamos llegando al problema existencial de ciertas ramas de la ciencia, no quieren o no pueden reconocer que existen la vida y el amor con el correspondiente ejercicio de su libertad. Es como si la libertad fuese el enemigo del conocimiento y de la ciencia, ésta intenta descubrir leyes que expliquen los sucesos y donde no lo consigue impone a su dios particular: la **aleatoriedad**.

Un prototipo de **agnosticismo** lo encontramos en **Laplace** (1749-1827) cuando dice: "*Si en un instante determinado conociésemos la situación y la velocidad exactas de todas las partículas del universo, podríamos deducir por cálculos todo lo pasado y lo futuro de él*". Esta afirmación necesita un **acto de**

fe mayor que la contraria; sencillamente porque aunque la libertad no sea muy científica se siente en el interior.

Es probable que vaya siendo hora de cambiar y perfeccionar el concepto mismo de ciencia. No por ser muy ortodoxo o rígido teóricamente se consiguen mejores resultados prácticos; frecuentemente, la relación es inversa cuando se sobrepasa determinado límite.

### 1.3 Historia del método científico

Existen pocas discusiones explícitas de las metodologías científicas en los registros que han sobrevivido de las primeras culturas. Un libro de texto Egipcio, conocido como el papiro Edwin Smith (1600 AC) aplica los componentes básicos del método científico: auscultación, diagnóstico, tratamiento y pronóstico, para el manejo de las enfermedades. El papiro Ebers (1550) también contiene evidencia del empirismo tradicional.



### Renacimiento y modernidad

La tensión más importante que permite la nueva era es el cuestionamiento del paradigma sagrado como fuente de explicación, verdad y legitimidad; el cual es cambiado por el de la razón humana, inaugurando así la era de la modernidad. Esto implicó un gran costo moral y social, pues el ser humano se puso como centro o finalidad de la sociedad y la historia. El ser humano se asume como "la medida de las cosas" y ello lo lleva a buscar conocerse, conocer el mundo; pero con los recursos propiamente humanos. Cuando se anuncia el renacimiento en Europa, las cosas cambian totalmente a favor de una visión del mundo dominado por la razón. Dos opciones empezaron a prevalecer y constituyeron la base de una nueva ideología dominante:

- La aceptación de que visión mítica y razonamiento se oponen y que aquella va a ser superada por el razonamiento. Esto significa que el mundo tenía que ser visto como un reino amoral, sujeto a las leyes naturales y no como impulso de Dios y de fuerzas misteriosas.

- El desarrollo del positivismo, que afirma el razonamiento, basado en hechos y datos obtenidos en observaciones y experimentos, puede sostener el conocimiento.

En el Renacimiento, la visión que tiene el ser humano sobre sí mismo se simplifica cada vez más y las ciencias naturales comienzan a desarrollarse fuertemente, lo que posibilita aclarar el mundo fuera de él. El positivismo permitió que sólo los hechos sean considerados la única verdad e incluso negar la posibilidad de las ciencias sociales, a no ser que se plantearan en términos naturales.

### **El inductivismo de Francis Bacon**

Aunque el inductivismo es casi un instinto en la experiencia humana, explicado ya por Aristóteles, fue Francis Bacon quien en la ciencia moderna lo introdujo para distinguir entre ciencia empírica y pseudociencia o superstición. Las reglas fundamentales del inductivismo son:

a) Partir de las observaciones, no de especulaciones, no dejar interferir ideas parciales para no perjudicar observaciones empíricas,

b) Después de recolectar una gran serie de observaciones particulares, inducir su causa o ley general.

David Hume critica el inductivismo, él afirma que siempre hay un momento de suposición. Las observaciones pueden haberse hecho en forma imparcial, pero en la formulación de causas o teorías subyacentes, entra una suposición. Las suposiciones son una buena guía para llegar a las causas. Las observaciones se pueden ver, las causas no; la universalidad de una ley no se puede observar, pero si las instancias particulares de una ley universal. Excluir en la formulación de leyes universales o causas subyacentes, su cosmovisión, sus ideas, sus imaginaciones, la influencia ambiental; es sumamente difícil.

### **El método de Descartes**

René Descartes (1596 - 1650) es uno de los científicos y filósofos que, promovió la preminencia de la razón, como fundamento del conocimiento de la verdad. Las reglas fundamentales de su método fueron: "no recibir nunca cosa alguna como verdadera que yo no conociese evidentemente como tal, es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la previsión...; dividir cada una de las dificultades que examinará en tantas porciones como fuera posible y como se requiera para resolverlas mejor..., conducir con orden mis pensamientos, comenzando con los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ascender poco a poco... hacer en todo enumeraciones tan complejas y revisiones tan generales, que estuviera seguro de no omitir nada".

Descartes, considerado el fundador de la filosofía de la ciencia moderna, comparte el movimiento cultural moderno con Galileo y Newton, entre muchos otros. Concebía a la ciencia como una pirámide cuya cúspide estaba ocupada por los principios o leyes más generales de la realidad; pero mientras Bacon llegaba a esa cúspide mediante las inducciones progresivas, basadas en series de observaciones empíricas, Descartes propuso que el conocimiento científico se iniciaba en la cumbre y de ahí procede hacia abajo, siguiendo el camino de la deducción, hasta llegar a la naturaleza real; esto implica que la certeza en el conocimiento puede alcanzarse a priori (de ahí su verdad "pienso, luego existo"), la cual se constituye en el principio inicial de su filosofía.

El siguiente paso fue examinar porqué este principio es tan evidente y la respuesta fue porque lo concebimos en forma clara y precisa, se presenta de inmediato a la mente, es evidente sin condiciones.

Luego Descartes procede a demostrar la existencia de Dios, a través de la idea de la perfección, donde él acepta que es imperfecto; pero que para percibirlo debe poseer también la idea de lo perfecto; tal idea no hubiera aparecido en su mente si no existiera un ser perfecto que la originara.

Después de establecer su propia existencia como un ser pensante, las propiedades de las cosas ciertas y la existencia de Dios, dirige su atención al mundo de la realidad y distingue entre cualidades primarias y secundarias, las primeras son las que las cosas deben poseer para ser cosas (extensión, flexibilidad y movilidad) mientras que las secundarias son las percibidas por los sentidos (calor, sabor, sonido, olor y otras) y dependen de la existencia del sujeto. Las cualidades primarias son intuitas por la mente, que de esa manera resulta ser más confiable que los sentidos.

Pensaba que los fenómenos macroscópicos podían explicarse a partir de interacciones microscópicas, analizadas en forma cuantitativa, restringió el contenido de la ciencia a aquellas cualidades que pueden expresarse matemáticamente y compararse en forma de relaciones. Descartes fue dualista igual que Platón, con la postulación de dos mundos paralelos pero independientes e incapaces de interactuar entre sí: el cuerpo y la mente. La filosofía cartesiana es rígidamente determinista, de modo que tanto la materia inerte como los organismos vivos obedecen las leyes de la física.

### **El Positivismo**

Este enfoque filosófico ha influido mucho en las ciencias. Se basa en la experiencia y el conocimiento empírico de los fenómenos naturales, El término positivismo fue utilizado por primera vez por el filósofo y matemático francés del siglo XIX Auguste Comte, pero algunos de los conceptos positivistas se remontan al filósofo británico David Hume, al filósofo francés Saint-Simón, y al filósofo alemán Immanuel Kant. Comte decía que "Desde Bacon, todos los espíritus serios afirman que no hay más conocimiento real que aquel que se basa en los hechos observados... el carácter fundamental de la filosofía positiva consiste en considerar todos los fenómenos como sujetos a leyes naturales invariables, cuyo descubrimiento preciso y la posterior reducción al menor número posible constituyen la finalidad de nuestros esfuerzos".

Comte eligió la palabra positivismo sobre la base de que señalaba la realidad y tendencia constructiva que él reclamó para el aspecto teórico de la doctrina. En general, se interesó por la reorganización de la vida social para el bien de la humanidad a través del conocimiento científico, y por esta vía, del control de las fuerzas naturales.

A principios del siglo XX un grupo de filósofos interesados en la evolución de la ciencia moderna, rechazaron las ideas positivistas tradicionales que creían en la experiencia personal como base del verdadero conocimiento y resaltaron la importancia de la comprobación científica. Este grupo fue conocido como los positivistas lógicos entre los que se encontraban Ludwig Wittgenstein y los filósofos Bertrand Russell y George Edward Moore. El Tractatus logico-philosophicus (1921) resultó tener una influencia decisiva en el rechazo de las doctrinas metafísicas por su carencia de sentido y la aceptación del empirismo como una materia de exigencia lógica. El positivismo intentó reducir la realidad social, a los principios de la realidad natural; así como otros han intentado reducir las ciencias fácticas a la matemática, la cual asumen como el paradigma de la ciencia por su exactitud, su formalización y axiomatización o posibilidades de establecer leyes objetivas.

Los positivistas hoy en día, prefieren denominarse a sí mismos empiristas lógicos para dissociarse de la importancia que dieron los primeros pensadores a la comprobación científica.

El Racionalismo es un sistema de pensamiento que acentúa el papel de la razón en la adquisición del conocimiento, en contraste con el empirismo, que resalta el papel de la experiencia, sobre todo el sentido de la percepción. La razón es el fundamento del método científico; pero este ha sido profundamente cuestionado, especialmente desde las posiciones postmodernas. Incluso J. C. Mariátegui dijo en su *Alma Matinal* (1925) "la experiencia racionalista ha tenido esta pedagógica eficacia de conducir a la humanidad a la desconsolada convicción de que la Razón no puede darle ningún camino. El racionalismo no ha servido sino para desacreditar a la Razón... El hombre occidental ha colocado, durante algún tiempo, en el retablo de los dioses muertos, a la Razón y a la Ciencia... ni la Razón ni la ciencia puede satisfacer toda la necesidad de infinito que hay en el hombre. La propia razón se ha encargado de demostrar a los hombres que ella no les basta."

El racionalismo ha aparecido de distintas formas desde las primeras etapas de la filosofía occidental, pero se identifica ante todo con la tradición que proviene de René Descartes, el cual creía que la geometría representaba el ideal de todas las ciencias y también de la filosofía. Sostenía que sólo por medio de la razón se podían descubrir ciertos universales, verdades evidentes en sí, de las que es posible deducir el resto de contenidos de la filosofía y de las ciencias. Manifestaba que estas verdades evidentes en sí eran innatas, no derivadas de la experiencia. Este tipo de racionalismo fue desarrollado por Baruch Spinoza y Gottfried Wilhelm Leibniz. Se opusieron a ella los empiristas John Locke y David Hume, que creían que todas las ideas procedían de los sentidos.

### ***EL Racionalismo***

*Causalidad designa la relación entre una causa y su efecto. Aristóteles enumeró cuatro tipos de causas diferentes: la material, la formal, la eficiente y la final. La causa material es aquella de la que está hecha cualquier cosa, por ejemplo, el cobre o el mármol es la causa material de una estatua. La causa formal es la forma, el tipo o modelo según el cual algo está hecho; así, el estilo de la arquitectura será la causa formal de una casa. La causa eficiente es el poder inmediato activo para producir el trabajo, por ejemplo la energía manual de los trabajadores. La causa final es el objeto o el motivo por el cual el trabajo se hace, es decir, el placer del propietario. Los principios que Aristóteles perfiló forman la base del concepto científico moderno de que estímulos específicos producen resultados modélicos y generalizados bajo condiciones sometidas a control. Descartes y sus discípulos pensaron que una causa puede contener las cualidades del efecto o el poder para producir el efecto.*

Los científicos físicos de los siglos XVII y XVIII tuvieron a menudo una idea mecanicista de la causalidad, reduciendo la causa a una acción o cambio seguido por otro movimiento o cambio, con una paridad matemática entre medidas del movimiento. David Hume llevó a una conclusión lógica el juicio de Sixto Empírico según el cual la causalidad no es una relación real, sino una ficción de la mente o, desde una perspectiva más general, de los sentidos. Kant situó la causa como una categoría fundamental del entendimiento, sostenía que el único mundo objetivo cognoscible es el producto de una actividad sintética del entendimiento, de la razón; que la causalidad es uno de los principios de coherencia que se obtiene en el mundo de los fenómenos, y que está presente en un orden universal porque el pensamiento es un elemento del mundo de los fenómenos y sitúa a la causalidad como parte de él. John Stuart Mill justificó la creencia en la causalidad universal sobre principios empiristas; una proposición es significativa cuando describe aquello que puede ser objeto de la experiencia.

Actualmente se asume que la causa de cualquier efecto es consecuencia de un precedente sin el cual el efecto en cuestión nunca se hubiera producido. Esta es una idea mecanicista de la causalidad. Todos los acontecimientos previos completarían la causa completa. Henri Bergson afirmaba que la realidad última o la vida no está ligada por secuencias causales exactas, es un proceso de crecimiento en el que lo imprevisible, y por lo tanto lo no causado, acontece con gran frecuencia. En el tiempo real no ocurren repeticiones exactas, y donde no hay repetición no hay causa, ya que la causa significa que lo que antecede se reitera subordinado por la misma consecuencia.

Localmente se han usado los criterios de Hill para establecer la relación de causalidad entre diferentes hechos; así el reunir varios de estos criterios permitiría proponer la relación de causalidad: Relación temporal entre el hecho propuesto como causa y el propuestos como efecto, la consistencia de los resultados en diferentes investigaciones, la intensidad de la relación entre dos hechos, la relación dosis respuesta, la plausibilidad teórica o científica y la reversibilidad. Aún más, en el campo de la investigación epidemiológica, la relación causal se establece cuando el análisis estadístico de los datos de observaciones, establecen ciertos valores que son llamados estandarizados, como "la fuerza de asociación estadística", "consistencia de los resultados en varias investigaciones", etc.

### **La formalización del método**

El surgimiento, casi desbordante en algunas ciencias, de los nuevos aportes científicos, producen que se establezcan algunas formalizaciones o normalizaciones, ya por su éxito o por un proceso de legitimización entre la comunidad científica. Así, en medicina, el advenimiento del laboratorio transformó de modo radical la identidad de las enfermedades infecciosas y de la acción de la medicina. El más importante cambio es que las enfermedades empezaron a ser definidas sustancialmente por el laboratorio, la única causa de las mismas se identificó con algo material observado en el laboratorio, así muchas enfermedades dejaron de ser tales y otras surgieron como entidades comunes. El germen explica cómo se inicia y se produce la secuencia de cambios corporales internos que constituyen la enfermedad.

Roberto Koch (1843 - 1910), llega a proponer un procedimiento, hasta ahora vigente, que implica la garantía para el estudio de una enfermedad infecciosa: el microorganismo debe estar presente de modo constante en los casos de enfermedad, debe encontrarse ausente en otras enfermedades, debe ser posible inducir experimentalmente la enfermedad en un animal sano susceptible empleando únicamente el microorganismo y debe verificarse que el microorganismo se ha multiplicado en este animal que ha enfermado. Progresivamente en cada ciencia se han establecido procedimientos consensuales para incrementar su bagaje de conocimientos, lo cual ha establecido incluso aspectos formales como es la publicación o sustentación en determinados espacios de difusión.

Clásicamente se dividen las ciencias por el carácter de su objeto de estudio, en un caso son objetos reales y en el otro son formas sin contenido. Las ciencias naturales se caracterizan por sus teorías sustentadas en hechos de la realidad, por el positivismo, por confirmar o rechazar las teorías a través de experimentos adecuados. Su investigación utiliza la exactitud, la exclusividad y la repetitividad.

Fueron Galileo y Newton quienes contribuyeron al florecimiento de las ciencias naturales. La afirmación de que la tierra rotaba alrededor del sol y no al revés, estremeció al mundo. Toda la visión de que la tierra era el centro del universo, fue desmentida, y la tierra fue reducida a uno más de los planetas existentes. La teología de aquel tiempo no tenía una respuesta intelectual a este hallazgo. El hecho de que algo sea demostrable o no, determina si es competencia o no de las ciencias naturales. La



experiencia tiene que demostrar si la teoría es correcta o no, y este empirismo tiene su base en las cualidades sensoriales humanas.

Las ciencias sociales se caracterizan por su carácter contemplativo; a pesar que también utilizan varios métodos de las ciencias naturales, existe una gran diferencia por el uso de la reflexión, no existiendo exclusividad ni exactitud. Las realidades sociales son muy dinámicas y contingenciales, por ello es inadecuado intentar establecer leyes estables y universales o más aún, hacer modelos de su dinámica, con el riesgo de hacer del hombre un objeto o solamente tomar en cuenta sus "estructuras constantes" como actualmente se intenta con las investigaciones del ADN, donde se quiere encontrar en un determinado gen, la explicación para la conducta humana. En las realidades sociales, el investigador es parte del objeto del conocimiento, tiene historia y sentido.

Como todo lo anterior es subjetividad, se ha dicho que no es posible hacer ciencia de lo social o que ellas son ciencias incipientes. En el inicio de las ciencias sociales (siglo XIX) estas pretendieron seguir el método de las ciencias naturales para ganar legitimidad, dado su gran reconocimiento y auge; pero lo que consiguieron fue deformar y reducir esta nueva realidad, donde el ser humano se estudia a si mismo, incluso se propone la existencia de un nivel subconsciente, de la voluntad de poder y saber, de las ideologías expresadas como marcos teóricos en las ciencias.

### **El Método de la Investigación Científica**

Investigación se define como un procedimiento normalizado para producir conocimientos. Según nuestra revisión es en el siglo XX donde se empiezan a elaborar ordenadamente lo que se conoce como método de investigación científica. Actualmente circulan muchos libros sobre metodología de investigación, en casi todas las ciencias, profesiones o actividades académicas, superiores o tecnológicas. Lo que caracteriza generalmente a estos libros es que son manuales con gran desarrollo o donde presentan exclusivamente las técnicas de investigación. Es cada vez más difícil encontrar por ejemplo la distinción entre ciencia y no ciencia, el sustento del método, porqué se procede de una u otra forma. Muchos de estos manuales son reproducciones o adaptaciones de otros anteriores. Nosotros encontramos que uno de los autores más importantes es Mario Bunge de quien se han nutrido muchos. La virtud de Bunge no sólo es haber sido pionero en nuestro continente de cierto método que ha sido ampliamente difundido, sino también por haber sustentado el método científico.

Método se asocia al proceso de investigar, definido como un procedimiento regular, explícito y repetible. También puede definirse como un conjunto de pautas para plantear problemas y probar posibles respuestas (hipótesis). Se inicia en conocimientos previos, un problema y una solución o respuesta al problema. La calidad de un trabajo de investigación reside definitivamente en su método y en el contenido del problema que enfrenta. La clasificación de un reporte (particularmente la usada por Bailor) no establece una jerarquía de calidad o dificultad en el diseño, pues habría que revisar cada trabajo concretamente para establecer algún juicio de valor. Según Bunge, algunas de sus reglas del método de investigación serían: Formular el problema con precisión, y al principio, específicamente, Proponer conjeturas bien definidas y fundadas de algún modo, y no suposiciones que no comprometan en concreto, ni tampoco ocurrencias sin fundamento visible, Someter las hipótesis a contrastaciones duras, No declarar verdadera una hipótesis satisfactoriamente confirmada: considerarla en el mejor de los casos, como parcialmente verdadera, Preguntarse por qué la respuesta es como es, y no de otra manera. Explicarlas a base de leyes más fuertes.

A pesar de la sensación de rigurosidad que asumen estas reglas, ellas no deben remplazar la imaginación e inteligencia del investigador. Bunge recomienda audacia en el conjeturar y rigurosa prudencia en el someter a contrastación las conjeturas. La aplicación de método a problemas concretos, requiere de operaciones particulares, que dependen del tema en estudio, a ésta llama Bunge, tácticas, métodos especiales o técnicas. Ellas cambian y se crean frecuentemente, no pueden generalmente trasladarse a otras ciencias. Diferencia dos tipos de tácticas: las conceptuales que permitan enunciar de un modo preciso problemas y conjeturas de cierto tipo (la matemática proporciona muchas de estas tácticas). Las técnicas empíricas sirven para arbitrar experimentos, para hacer mediciones y la construcción de instrumentos para registrar y elaborar datos.

El conocimiento científico se alcanza por aproximaciones sucesivas, de perfeccionamiento, corrigiendo así mismo sus procedimientos y conceptos. Estos métodos especiales de la ciencia están fundados de un modo u otro en teorías científicas, las cuales se someten a su vez a contrastación con la ayuda de dichas técnicas. Las técnicas de investigación al ser muy flexibles, dinámicas y creativas, se innovan y perfeccionan constantemente, dando la sensación en medios académicos, que el método de investigación es está superando; pero al observar conceptualmente estos cambios percibimos que solamente son en sus técnicas e instrumentos de recojo de datos y análisis. Otros creen que el perfeccionamiento de la investigación lo proporciona la estadística. La modelización matemática es una aspiración permanente y se llega en algunos tipos de problemas o asuntos de la realidad, después de un intensivo y extenso conocimiento.

Debemos rescatar el concepto que la relación fundamental en la investigación es un encuentro de sujetos u objetos (que suelen ser otros sujetos), para mutuamente conocerse y transformarse, con creatividad y libertad: donde los métodos actuarían a manera de una caja de herramientas, adecuadas o no para cada circunstancia concreta y que den la posibilidad de inventarse otras.

Un vicio pernicioso a la investigación es aquél donde al investigador principiante que esbozaba un problema, del cual aún tenía una idea aproximada, se le interrogaba sobre cómo lo iba a medir. Esta pregunta sólo conducía a dos reducciones: a) Posponer y menospreciar la relación con la realidad, pues para investigar se requiere quedarse, compenetrarse aún más con los problemas, b) Pretender investigar sólo aquello que es medible o que se adapta al método vigente o hegemónico.

Mucho más crítico es la ausencia de explicación o fundamentación del método (llamado por algunos: filosofía), a lo que denominaremos como discurso. Entonces la investigación consistiría en encontrar hechos objetivos, que se pueden verificar en la práctica. Un conocimiento sería verdadero si se puede comprobar experimentalmente e incluso repetir. La verificación según Bunge es el requisito de validez del conocimiento (contra los argumentos del gusto, los sentimientos, la autoridad, de lo evidente, la correspondencia con "verdades vitales", el pragmatismo). Pero la verificación no es sinónimo de verdad, aunque es su meta. Debemos ser capaces de enumerar las operaciones (empíricas o racionales) por las cuales es verificable (confirmable o disconfirmable) de una manera objetiva, al menos al principio. Un científico no puede renunciar a la contrastación de sus ideas. Bunge propone algunas etapas del método de investigación:

- Planteo del Problema: Reconocimiento de los hechos, Descubrimiento del problema, Formulación Problema
- Construcción de un Modelo Teórico: Selección de los factores pertinentes, Invención de las hipótesis, Traducción matemática

- Deducciones de las consecuencias particulares: Búsqueda de soportes racionales, Búsqueda de soportes empíricos
- Prueba de Hipótesis: Diseño de la prueba, Ejecución de la prueba, Elaboración de datos, Inferencia de la conclusión
- Introducción de las Conclusiones en la teoría: Comparación de las conclusiones con las predicciones, Reajuste del modelo, Sugerencias para el trabajo ulterior

En los ámbitos académicos se tiene el siguiente esquema básico de etapas del proceso de investigación, que se puede agrupar o ampliar, según los usos de cada institución: Definición del problema de investigación, Elección de las variables, Definición de objetivos o hipótesis, Elección de la unidad de estudio, Elección de las técnicas e instrumentos, Recolección de datos, Elaboración de resultados y conclusiones, Elaboración del Informe final y comunicación.

Todas estas versiones son legítimas, lo importante es que tienen un sustento racional y lógico para plantear problemas de investigación y probar hipótesis o encontrar respuesta al problema planteado. Los autores pretenden esquematizar estas pautas o etapas; pero podemos observar que esencialmente son semejantes. Otros ponen énfasis en alguna de las etapas, en consideración del campo específico donde se proponen. Por ello, no deberíamos hacernos inflexibles en una sola forma de organizar la investigación, pues las técnicas son diversas así como los instrumentos.

A veces se pierde de vista este núcleo, confundido por "el rigor" de las técnicas o porque entregamos la solidez del método, de sus productos, al uso de algunas técnicas, como la estadística. En otras propuestas y experiencias reales de investigación, el método está abierto y se va construyendo conforme se avanza en el conocimiento del problema. Los dos elementos que dan validez a las conclusiones de la investigación serían:

- El método seguido, el cual se sustenta por la relación racional y objetiva con la misma realidad.
- La consistencia y coherencia empírica y teórica, donde los conceptos alcanzados se integran con algún marco teórico que nos explique la realidad racionalmente.

Otros autores como Paul Feyerabend, proponen que el método siempre debe estar abierto, que en cada nueva investigación, el investigador debe volver a sustentar su método o la pertinencia del que va a usar; sugiere que se ha hecho un dogma o camisa de fuerza al método, el cual debería "aplicarse rigurosamente", Feyerabend dice que "todo vale" o que en la ciencia sobretodo se crea método antes que aplicarlo. Así afirma: "la idea de un método que contenga principios científicos, inalterables y absolutamente obligatorios que rijan los asuntos científicos entra en dificultades al ser confrontada con los resultados de la investigación histórica... no hay una sola regla, por plausible que sea, ni por firmemente basada en la epistemología que venga, que nos sea infringida en una ocasión o en otra. Llega a ser evidente que tales infracciones no ocurren accidentalmente, que no son el resultado de un conocimiento insuficiente o de una falta de atención que pudieran haberse evitado. Por el contrario, vemos que son necesarias para el progreso... (el desarrollo de las revoluciones en la ciencia) ocurrieron, bien porque algunos pensadores decidieron no ligarse a ciertas reglas metodológicas "obvias", bien porque las violaron involuntariamente".

En base a las consideraciones anteriores, proponemos que el núcleo del método es la relación entre un investigador y su realidad; pero una relación mediada por la racionalidad. Esta relación es la que caracteriza a los auténticos investigadores y científicos; es la fuente, en última instancia de cualquier decisión, de cualquier garantía de validez o de recurso metodológico o técnico.

#### 1.4 La tesis

La escritura de una tesis, ya sea de investigación o de compilación, es el resultado de varias actividades complejas y ordenadas en cierta secuencia. Los incisos anteriores se han escrito para que el estudiante conozca el proceso humano de una actividad que todos los humanos tenemos la capacidad de hacer; pero pocos lo pueden lograr.

Aunque un trabajo de una tesis de investigación puede tomar varios años, el diseño del programa de la maestría lo tiene contemplado para que se haga en un año. De tal forma que es muy importante que el alumno esté lo más identificado con el tema que va a desarrollar (esto es algo natural si el alumno ha trabajado profesionalmente al menos un par de años en el área donde desarrolla su maestría) pues en ese ejercicio profesional habrá encontrado proyectos que requieren más profundidad o bien que en sus reflexiones tiene algunas ideas que pudiesen perfilar un conocimiento diferente al que se tiene.

Umberto Eco (1991), en un documento que el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) cita, propone una guía sencilla para conseguir escribir exitosamente una tesis; he aquí los pasos a seguir:

- 1) Localizar un tema concreto
- 2) Recopilar documentos sobre dicho tema
- 3) Poner en orden dichos documentos
- 4) Volver a examinar el tema partiendo de cero a la luz de los documentos recogidos
- 5) Dar una forma orgánica a todas las reflexiones precedentes
- 6) Hacerlo de modo que quien lea comprenda lo que se quería decir y pueda, si así lo desea, acudir a los mismos documentos para estudiar el tema por su cuenta.

Cuando se inicia una investigación, el primer paso es definir *el planteamiento del problema*; definido éste, el trabajo tendrá dirección y enfoque. El planteamiento del problema surge de plantearse preguntas de fondo como las siguientes:

- ¿Qué tema se quiere tomar como acotar eje de investigación?
- ¿De dónde se parte y a dónde se pretende llegar?

Las experiencias y nociones que el alumno haya adquirido en el desempeño de su práctica profesional serán importantes al momento de responderse estas preguntas, porque facilitarán en mucho tanto el gusto sobre el tema como el grado de conocimiento. Es menester recordar que la tesis es un trabajo que identificará la potencialidad, perseverancia, disciplina de trabajo durante varios meses del estudiante; además de que en ese tiempo y debido en ocasiones a la información (abundante, contradictoria, de calidad, etc.) que pueda encontrar con el apoyo de la red deberá limitar la pretensión de su alcance.

Al final del camino, hará un resumen (abstract), en el cual el alumno ubica al lector en el contexto correspondiente de su trabajo.

El siguiente paso es la definición del problema, donde el alumno debe explicar las razones que considera pertinentes para que su trabajo sea relevante, además de ubicarlo en el contexto que considere adecuado; esto lo podrá realizar al plantearse preguntas clave como: ¿cuál es la relación que tiene con ....? ¿Qué efecto puede producir?

Además de que sea factible observarse en la realidad única y objetiva.

### 1.5 Reflexión final

Aunque pareciera que estas notas están dedicadas sólo a la asignatura propiamente dicha, conviene ahora comentar que la finalidad de ellas es la de orientar a los futuros maestros a tener inclinación a la investigación y que no se conformen con ser aplicadores (aunque muy buenos) de fórmulas y soluciones probadas. Deben ser creativos, ya que no es una cualidad reservada a unos cuantos predestinados, sino que cualquiera es creativo en cierto grado, sirvan estas notas y la actividad que se le pueda asignar como proyecto para sentirse motivado y capaz de quitar barreras. Recordemos que Albert Einstein dijo que la mente es como un paracaídas, sólo funciona cuando se abre.

Paso a relatar la experiencia que (Alcaraz, 1991), plantea al escribir una publicación que promueve una actividad mental que todos tenemos en potencia, pero pocos se atreven a manifestarla.

De los primeros problemas con que se tropezó en el ejercicio de su profesión como ingeniero civil, fue determinar el volumen de un tanque elevado para una fábrica. Cuando preguntó a alguien - que él suponía sabedor mucho del tema - le contestó que lo hiciera para almacenar tres días de consumo, "por si fallaba el suministro". Relata que al calcular este volumen, resultaban  $1500 \text{ m}^3$  con un costo casi del 10% del total de la fábrica.

Ante esta situación, decidió preguntar a otras personas y recibió algunas respuestas dignas de una trama de telenovela que de un trabajo de creatividad.

Un poco desconsolado intentó trabajar creativamente, y no pudiendo olvidar aquella máxima "por si falta el suministro" decidió disponer el almacenamiento de  $1500 \text{ m}^3$ , pero aprovechando una cisterna existente que funcionaba como cimientado de un pequeño tanque elevado. Con el tiempo se encontró con un número mágico de 14.3 por el que había de multiplicar el gasto medio para obtener el volumen del tanque, y después de otro más (para bombeo de 20 h) de 7.3 que también se multiplicaba por el gasto medio.

Al investigar un poco más descubrió que estos números se obtenían de una curva masa con un régimen de llegada muy arbitrario, siendo la versión más antigua de esos números. Escribe que desde entonces se venían usando estos números mágicos (así los llamó porque le proporcionaban una respuesta, buena o mala nadie lo sabía, pero al fin una respuesta). Menciona que posteriormente publicó un artículo sobre la optimización del volumen de un tanque elevado, donde demostró que el famoso número mágico, en ciertas condiciones fáciles de lograr, nunca debía ser mayor de 3.5 y aún podía ser igual a 1.0.

Lo anterior le demostró que no todo es tan claro como parece y le enseñó a no confiar a ciegas en las soluciones a toda prueba y menos aún en el sentido común, considerado como la habilidad para resolver intuitivamente los problemas. Por otra parte reafirmó en él la creencia en el método científico y en la creatividad como fuente de soluciones para los problemas y los proyectos, procurando marchar apoyado solamente en hechos demostrables.

Otra razón para escribir la obra a que se hace referencia en estas notas es que ya como ingeniero en funciones y con varios años de experiencia, se da cuenta que el avance tecnológico de la ingeniería necesita de nuevas ideas cada vez con más frecuencia, porque las soluciones comunes o triviales se vuelven obsoletas en forma acelerada.

Estas nuevas ideas, afirma, se crean solamente cuando la actitud del ingeniero ante esta obsolescencia es creativa, cuando el ingeniero es capaz de identificar, obtener la información necesaria, organizar, analizar diferentes soluciones y resolver un problema real. Estas son características que el autor manifiesta debe tener un ingeniero creativo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz L F, "La creatividad en la ingeniería", *Sistemas Técnicos de Edición*, México, 1991
- Bunge, M, "La ciencia, su método y su Filosofía", *Grupo Patria Cultural.*, México, 1999.
- Bunge, M, *La Investigación Científica, su Historia y Filosofía*, Editorial Ariel, Barcelona, 1969.
- Comte, A, *Curso de Filosofía Política, Discurso sobre el espíritu Positivo*. Biblioteca de Filosofía, España 2002.
- Darwin, C, *El Origen de las especies*. Editorial Bruguera, España 1973.
- Descartes, R, *Discurso del Método*, Grupo Editorial Normas, Colombia, 1998.
- Eco, U., "Cómo se hace una tesis", Madrid, España: *Gedisa*, 1991
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). Distrito Federal, México: *McGraw-Hill*, 2006.
- Munch, L., Ángeles, E., "Métodos y Técnicas de Investigación", *Trillas.*, México 1997
- Rosenblueth A, "El método científico", *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional*, 1995.
- Russell B, "La Sabiduría de Occidente", Editorial Aguilar, Madrid, Segunda edición, 1975

## CASO PRÁCTICO. (En proceso)



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**MAESTRIA EN INGENIERIA**

**Facultad  
EI  
Ingeniería**

**“Propuesta de la metodología para establecer una política de operación de las compuertas radiales de la Obra de Control El Macayo.”**

**Presenta:**  
**Martha Fidelina Ramírez Ramírez**

**Director de Tesis:**  
**M. en I. Juan José Muciño Porrás**

### I. ANTECEDENTES

El estado de Tabasco se ubica en la confluencia y delta de los dos principales ríos de México: el Grijalva y el Usumacinta, los cuales suman aproximadamente el 30% del total del escurrimiento de México. A lo largo de la historia de Tabasco, la planicie ha sufrido drásticas transformaciones que han modificado la libre circulación del agua en los cauces de los ríos, presentándose en las condiciones actuales lo que podríamos llamar una red hidrológica de “ríos encadenados”, ya que se ha modificado radicalmente el comportamiento de los ríos de Tabasco.

Históricamente una característica particular de los ríos de planicie, como los del sistema fluvial del Grijalva, es la divagación de los cauces. En el siglo XVI, el Mezcalapa o bajo Grijalva después de pasar por Huimanguillo transcurría con rumbo hacia el norte, pasando por Nueva Zelandia; Cárdenas, Comalcalco y

Paraíso, ocupando el cauce del hoy denominado río Seco, para desembocar al Golfo de México, ver figura 1.1.

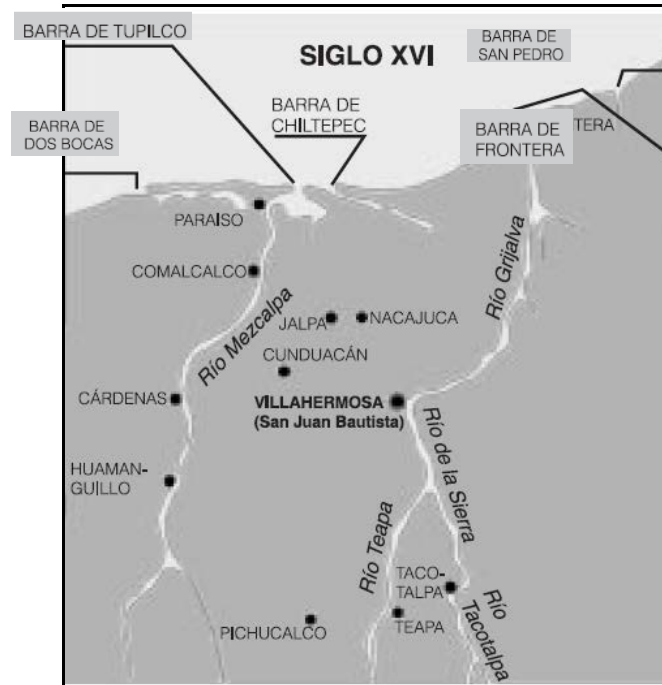


Fig. 1.1.- Sistema Fluvial en el siglo XVI.

Fuente: Velázquez, 1994.

El primer rompido (llamado "rompido", término local, para indicar la salida de un río de su cauce original y formar otro) que se tiene registrado fue en 1675, ocurrido en la margen derecha en el sitio de la actual Nueva Zelandia, el Mezcalapa sufrió una desviación hacia el oriente, ocupando el cauce muy divagante del llamado río Viejo, que se unía al río La Sierra formado por los ríos Teapa y Tacotalpa, dos kilómetros hacia el sur de San Juan de Villahermosa, formando entre ambos el río Grijalva propiamente dicho, que en estas condiciones fue causa de graves inundaciones en la que hoy es la capital del estado.

En 1850 el Mezcalapa se desbordó dos kilómetros aguas arriba del sitio en que actualmente se ubica el puente Samaria, provocando inundaciones en La Chontalpa Oriental y en 1881 se formó un rompido en Manga de Clavo 16 km al oriente de la actual Nueva Zelandia, dando origen al río Carrizal que pasaba 3 km al norte de Villahermosa y continuaba por el cauce que ahora se conoce como río Medellín, para desembocar al Golfo por la Barra de Chiltepec, con lo cual el río Viejo quedó inactivo como permanece hasta el presente.

Debido a la construcción de un pequeño canal de navegación en 1904, se propició la formación de un nuevo rompido en el sitio de La Pigua al noreste de Villahermosa, que volvió a pasar las aguas del Carrizal al



Grijalva aguas abajo de la capital. En 1932 la margen izquierda del Mezcalapa cedió las aguas del río y se produjo el rompido de Samaria, 10 km al noreste de Nueva Zelandia, con lo cual el escurrimiento se desvió hacia la laguna de Campo Grande y a los pueblos de Cunduacán, Jalpa y Nacajuca, quedando cegado el Carrizal y originándose grandes inundaciones en los pueblos citados, así como en la zona agrícola de la Olla de Chontalpa que resultó afectada en una extensión aproximada de 40,000 ha. En 1940 el río Samaria cede hacia su margen derecha y se produce el rompido de Cañas, 8 km al noreste de Samaria, formando el río Cañas que retorna nuevamente las aguas hacia el río Medellín, a través de un cauce de sentido poniente-oriente que libera parcialmente de inundaciones la Olla de Chontalpa.

En 1945 se inició otra divagación del Mezcalapa con rumbo hacia el poniente al sur de Nueva Zelandia, pero fue contenida oportunamente mediante obras emergentes provisionales y en 1946 presentó una fuerte erosión frente al ingenio de Nueva Zelandia, pero no tuvo mayores consecuencias gracias a la inmediata construcción de defensas permeables y de pequeños espolones formados con pilotes, pero en ese mismo año otro intenso movimiento erosivo se hizo presente frente al edificio principal del ingenio citado, que en sólo dos años acabó con cerca de 60 hectáreas de cañaverales y amenazaba con destruir las instalaciones de la industria mencionada, lo cual fue evitado por medio de obras similares a las anteriores ejecutadas por los propietarios del ingenio. El Mezcalapa inició en 1947, una nueva divagación aguas abajo de Huimanguillo hacia el poniente, tendiendo a tomar el curso del río Seco, pero el efecto erosivo fue detenido a tiempo y se pudo evitar la ruptura de la margen izquierda. En 1952 el Mezcalapa provocó otro rompido en su margen derecha por el sitio conocido con el nombre del Veladero, que hizo retornar las aguas al río Viejo provocando nuevamente inundaciones en Villahermosa, Comacalco, Paraíso, Jalpa, Nacajuca, Cárdenas y Cunduacán hasta el año siguiente en que la ruptura fue cegada.

Las extraordinarias precipitaciones que en 1955 se presentaron en gran parte del territorio nacional, provocaron en las tierras bajas de la planicie tabasqueña considerables daños aunque menores que en otras regiones del país; la inundación en Tabasco afectó las zonas de Nacajuca, Jalpa, Cunduacán y algunas otras áreas de la Olla de Chontalpa; la ciudad de Villahermosa y las tierras de Cárdenas y Huimanguillo sufrieron perjuicios de menor cuantía, debido a que ya se habían construido algunos de los bordos y aunque no se hizo una estimación completa de los daños ocasionados puede considerarse que fueron mayores que los de 1952. En la figura 1.2, se presentan imágenes de los diferentes "rompidos" ocurridos en la hidrografía del estado de Tabasco.

Esta región, históricamente ha estado sujeta a inundaciones, la más antigua es la de 1519, de la época de Hernán Cortés, debido a que no existía la infraestructura hidráulica actual en las partes altas de las cuencas. Entre estas, destacan por su magnitud y grado de documentación los eventos de 1995, 1999, 2007 y 2010. A partir de la construcción de las presas sobre el río Grijalva, se redujeron significativamente los gastos durante las épocas de avenidas, por lo tanto cumplen con la función de control de crecientes, además de ser un sistema de presas de generación de energía.

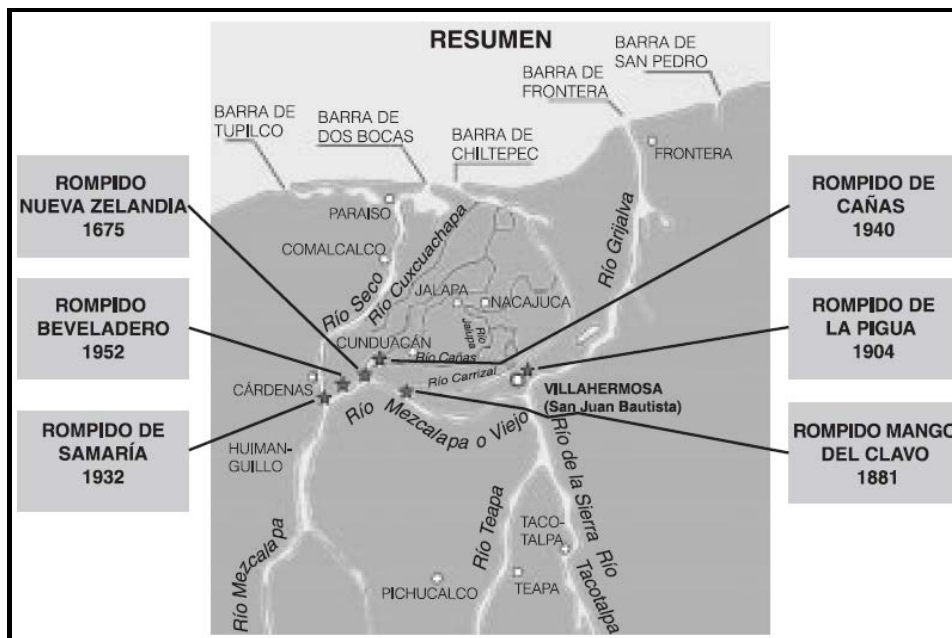


Fig. 1.2.- Resumen de los "rompidos" en Tabasco.

Fuente: Velázquez, 1994.

Un problema importante, se ubica en el funcionamiento de la bifurcación del río Mezalapa, considerando el depósito de sedimento que provoca la disminución de gastos en el río Samaría y el incremento hacia el río Carrizal, con el consecuente aumento del peligro de inundación para la Ciudad de Villahermosa.

## INDICAR LA FUENTE DE INFORMACIÓN

## II. INTRODUCCIÓN

En 1999, ocurrieron precipitaciones de magnitud extraordinaria, que propiciaron que la Ciudad de Villahermosa, fuera afectada al desbordarse el río Carrizal en algunos sitios del tramo que cruza la Ciudad. Como resultado, ¿Quiénes? diseñaron un Programa Integral de Control de Inundaciones (PICI), y fue creado el 2 de abril de 2003, como medio de solución a la problemática de las inundaciones sistemáticas, principalmente ocurridas en esa zona. En este Programa se incluía la estructura de control sobre el río

Carrizal, denominada "El Macayo", la cual **conduciría** la mayoría de las aguas del río Mezcalapa y las descargas de la Presa Peñitas hacia el mar a través del cauce del río Samaria, dejando pasar un caudal máximo de sólo  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  por el río Carrizal, que en su recorrido cruza Villahermosa (**Informe, CRH,2008**). Esta estructura, ayudará a mantener un régimen de flujo casi permanente en el tramo aguas abajo; por ello, se ha pensado que la estructura de control propuesta también servirá para disminuir la falla de las márgenes en el río Carrizal. En marzo del 2007 a través del Instituto de Ingeniería de la UNAM, **realizó** el modelo numérico para estudiar el funcionamiento hidráulico de la bifurcación del río Samaria y Carrizal en el Estado de Tabasco, con lo cual comprobaron que la estructura de **control** El Macayo, permite **controlar** los gastos hacia Villahermosa, aunque probablemente aumentará el depósito de sedimento en la bifurcación (II,UNAM,2007).

Existen diferentes estudios, que abordan la problemática de la red hidrográfica, desde puntos de vista particulares e integrales. Los principales trabajos los han realizado **la** Comisión Nacional del Agua, Comisión Federal de Electricidad, Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. En estos estudios, han realizado modelos numéricos del funcionamiento del sistema hidráulico formado por los ríos Mezcalapa, Samaria y Carrizal.

En el 2009, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, realizó la modelación matemática de la operación de la estructura de control **antes mencionada**, con el cual proponen las políticas de operación de las compuertas radiales de la obra de control, en base a un modelo físico, escala 1:60; esta obra consta principalmente de un canal en la margen izquierda, donde se incluyen tres compuertas radiales con ancho de 5 m cada una, un vertedor de canal lateral en la margen derecha, con longitud de cresta de 83 m, y una cortina permeable al centro del cauce.

**Esta tesis busca construir** un modelo numérico basado en flujo unidimensional, en condiciones naturales en el tramo comprendido entre Mezcalapa-Samaria-Carrizal, con topografía de campo, para conocer las condiciones sin la estructura de control. Así también simular la estructura de control, con diferentes condiciones de apertura de compuertas, incluyendo los dos canales.

Al representar un modelo hidráulico unidimensional, con las diferentes aperturas de compuertas, y compararlas con los resultados obtenidos del modelo físico del II-UNAM, 2008, se podrá tener un monograma que contenga las diferentes relaciones de apertura de compuerta contra el gasto de descarga, para los dos canales de operación de la estructura de control "El Macayo"

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Mezcalapa se bifurca en los ríos Samaria y Carrizal, este último capta una parte del caudal que descarga la presa Peñitas. Entre la bifurcación y la ciudad de Villahermosa hay una distancia del orden de 30 km. Por otro lado, el río Carrizal también recibe, aguas abajo de la ciudad de Villahermosa, el gasto que transporta el río de La Sierra. Se sabe que al aumentar el gasto en el río Carrizal, se obstruye la descarga del río de La Sierra hacia el Carrizal, y se produce un remanso hacia aguas arriba de la confluencia, sobre el río de La Sierra. Así, en el caso de que haya avenidas simultáneas por los ríos Mezcalapa y La Sierra con periodos de retorno menores a los de diseño, al cerrar parcialmente las compuertas se disminuiría el gasto que descarga la estructura de control "El Macayo", y de esta manera se podría contribuir a drenar el río de La Sierra, sin que se afectara de manera notable la población existente en la confluencia de los ríos Carrizal y La Sierra.

Actualmente, no se cuenta con aforos en el canal margen izquierda de la estructura, por lo que se desconocen los caudales que fluyen al aperturar las compuertas radiales. Para esto es necesario conocer la política de operación a seguir en épocas de avenidas y de estiaje; además de obtener el comportamiento de la superficie libre del agua, aguas abajo de la estructura, ya que existen obras de toma entre el Macayo y la Estación Hidrométrica González.

### IV. OBJETIVOS

Objetivo General.

Proponer las políticas de operación de las compuertas radiales de la obra de control "El Macayo", ubicada sobre el río Carrizal, Estado de Tabasco que mitigue la ocurrencia de inundaciones en la parte baja y permite tener una operación más flexible al Sistema Hidroeléctrico del Grijalva.

Objetivos Específicos:

- Simular en condiciones naturales, el tramo comprendido entre Mezcalapa-Samaria-Carrizal, con topografía en campo, para conocer las condiciones sin la estructura de control.

- Simular en condiciones actuales, con la estructura de control, incluyendo el canal margen derecha e izquierda, el espigón hacia aguas arriba, con topografía actualizada del tramo comprendido entre Mezcalapa-Samaria-Carrizal.
- Simular la estructura de control, con diferentes condiciones de apertura de compuertas, incluyendo los dos canales.

## V. HIPOTESIS

Elaborar la propuesta de política de operación a partir de un modelo matemático unidimensional de la obra de control del río Carrizal, lo que permitirá **ajustar las** aperturas de compuertas en épocas de avenidas y de estiaje que **controlen la cantidad de líquido hacia aguas abajo.**

## VI. MARCO TEORICO

Existen políticas de operación de **los** vertedores, en el sistema hidroeléctrico del **río** Grijalva; C.H. Dr. Belisario Domínguez "La Angostura", C.H. Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén", C.H. Nezahualcóyotl "Malpaso" y C.H. Ángel Albino Corzo "Peñitas", las cuales sirven como apoyo en las tomas de decisiones en la forma de cómo deben de operar estas estructuras, en el adecuado control de las avenidas que ocurren bajo condiciones críticas de aportaciones a la presa y/o de altas precipitaciones que pudieran presentarse en las cuencas; • a las salidas generadas por la Presa ubicada aguas arriba. Así también para proteger la infraestructura que constituye el aprovechamiento y los intereses existentes aguas abajo de la presa.

En el 2009 el Instituto de Ingeniería de la UNAM, realizó un estudio para proponer las políticas de operación de la estructura de control El Macayo, en base al modelo físico construido en la UNAM, el cual está compuesto por tres compuertas radiales y un vertedor de canal lateral. Este estudio servirá de base en esta tesis, para proponer las políticas de operación de las compuertas radiales de la obra de control que se ubica sobre el río Carrizal. (YA SE DIJO, ELIMINAR).

Para establecer las políticas de operación de la estructura de control El Macayo, se deben tomar en cuenta algunos antecedentes, el evento ... **Dichas políticas de operación de la estructura de control El Macayo,**

tuvieron como antecedente, el evento de 1997, fecha cuando se registró un gasto simultáneo del orden de  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  en el Mezcalapa y en el Carrizal de  $270 \text{ m}^3/\text{s}$  (el 45% del Mezcalapa); en otro evento mientras que el gasto en Mezcalapa fue de  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , el río Carrizal captó  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  (el 30 %). Como conclusión a esto, se tiene que para gastos menores en el Mezcalapa, se va mas gasto por el Carrizal que cuando aumenta el gasto en el Mezcalapa. Esta era la forma de la distribución del gasto en la bifurcación para 1997. Esta modificación del funcionamiento hidráulico de la bifurcación, hizo que aumentara el gasto en el río Carrizal, y que consecuentemente, el nivel del agua rebasara los bordos en algunos sitios de la Ciudad de Villahermosa, dando lugar a la inundación.

Para estudiar y pronosticar el funcionamiento hidráulico de la bifurcación, en el 2007 el Instituto de Ingeniería adaptó un modelo numérico desarrollado por la Coordinación de Hidráulica de la UNAM, ver Jiménez y Domínguez (2002); el cual sirve para transitar avenidas en una bifurcación. Modelo numérico que permite calcular la distribución del gasto en bifurcaciones, con la hipótesis de flujo unidimensional a superficie libre, en régimen no permanente y cauces, cuyas secciones transversales son de forma irregular.

En este trabajo se realizará, una comparación de los resultados obtenidos con el modelo físico del II-UNAM, 2008, y los que resulten de este nuevo análisis. Con la finalidad, de obtener las relaciones de apertura de compuertas contra el gasto de descarga, para los dos canales de operación de la estructura de control "El Macayo".

En este estudio se manejara un diseño experimental, considerando el comportamiento en condiciones actuales de la obra, tomando como base la topografía ejecutada en el tramo de estudio. Por lo cual, se obtendrá un conocimiento que concuerde con la realidad del objetivo, en donde se describa y explique la apertura de compuertas relacionadas con el gasto que se desfogara en las compuertas de dicha obra, en las diferentes temporadas del año.

## VII. ESTRATEGIAS DE INVESTIGACION

En los estudios anteriores, muchos autores han avanzado en la obtención de información referente a la obra, pero no han realizado un análisis de la obra en sus condiciones actuales, si realmente la estructura de control tiene las mismas especificaciones de acuerdo al proyecto o al modelo físico elaborado en el II-UNAM.

Así, se recopilará inicialmente la información disponible sobre el manejo de dicha obra, estudios y el proyecto ejecutivo de la misma, para obtener las características en la geometría de sus compuertas y otros aspectos físicos.

En base a los estudios anteriores a este trabajo, se iniciará un análisis de la metodología que siguieron los investigadores para crear el modelo matemático de la bifurcación, ecuaciones empleadas y calibración de un modelo matemático en una bifurcación, como es el caso del río Carrizal.

Se empleará la batimetría ejecutada en río Carrizal desde la Presa Peñitas hasta la bifurcación, así también la batimetría realizada durante el 2012 en la obra de control, información que amablemente será proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, institución que invierte en resolver los problemas de inundación en el Estado de Tabasco. Con esta información, se podrá construir un modelo numérico en condiciones naturales (sin obra) y con obra, el cual se transitará en flujo unidimensional en régimen no permanente, para predecir el tránsito de avenidas en el sistema hidráulico, aguas arriba de la estructura de control.

Para la modelación hidráulica se utilizará el programa denominado HecRas, elaborado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de U.S. (Hydrologic Engineering Center).

Se recabará la información necesaria sobre el funcionamiento hidráulico de la obra ¿CUÁL? de control desde 1999 hasta la fecha, analizando los diferentes eventos hidrometeorológicos ocurridos en dicha región, partiendo del modelo físico elaborado por el II-UNAM, el cual se transportará a la obra construida en estos últimos años.

Conviene hacer notar que en el estudio de la bifurcación de un río, el principal problema es la determinación adecuada de la distribución del gasto en la misma; por ello, en el modelo numérico que se utilizará en este trabajo, la bifurcación se trata como una condición de frontera interna; en Jiménez y Domínguez (2002) se dedica un apéndice al estudio de la modelación numérica de bifurcaciones.

Los datos requeridos para emplear el modelo matemático, además de la batimetría de los cauces en la zona de la bifurcación, son los siguientes: las curvas elevaciones - gastos en las secciones de aforo, el hidrograma dado por la operación de la hidroeléctrica **¿CUÁL?**, el cual se muestra **¿DÓNDE?**

Con los resultados que se obtengan se **plantearán** políticas de operación de las compuertas, para condiciones de estiaje y avenidas extraordinarias.

Dentro de las políticas de operación, se determinará la apertura adecuada de las compuertas en función de los gastos que ingresen al sistema hidráulico y el caudal que convenga descargar por la estructura de control.

### VIII. ESQUEMA PRELIMINAR

Para este estudio, se considera desarrollar los siguientes temas, para obtener la propuesta de políticas de operación de las compuertas radiales de la obra de control "El Macayo".

1. Introducción.
2. Descripción del sitio de estudio
3. Descripción de la **topografía** para constituir **¿CONSTRUIR?** el modelo matemático
4. Modelaciones del funcionamiento del Sistema Hidráulico
  - 4.1 Análisis hidráulico del modelo en condiciones naturales
  - 4.2 Análisis hidráulico del modelo con la obra control construida.
5. Capacidades de descarga de las compuertas radiales
  - 5.1 **Fórmulas** semiempíricas
  - 5.2 Aplicación de las fórmulas semiempíricas
6. Alternativas de operación de las compuertas.
  - 6.1 Condiciones de operación normal
  - 6.2 Condiciones de operación en avenidas extraordinarias
7. Conclusiones y recomendaciones.
8. Anexos
9. Bibliografía



## IX. CRONOGRAMA

Actividad	Jun- Jul 2013	Agos- Sep 2013	Oct- Nov 2013	Dic 13- Ene 2014	Feb- Mar 2014	Abril- Mayo 2014
1. Revisión Bibliográfica						
2. Unión de la información batimétrica del Río Mezcala-Carrizal-Samaria						
3. Elaboración del modelo matemático en condiciones naturales y con obra						
4. Análisis de la descarga de las compuertas radiales						
5. Alternativas de Operación de las Compuertas						
6. Redacción de Tesis						

## X. BIBLIOGRAFIA DE LA TESIS.

1. Estudio de la Bifurcación de un Río con Modelación Numérica, Amado Abel Jiménez Castañeda, Jesús Gracia Sánchez, Moisés Berezowsky Verduzco, Jesús Martínez Cuaxospa, Instituto de Ingeniería de la UNAM, Marzo 2007.
2. Modelación matemática de la operación de la estructura de control del río Carrizal, Amado Abel Jiménez Castañeda, Moisés Berezowsky Verduzco, Instituto de Ingeniería de la UNAM, Septiembre 2009.
3. Estudio experimental de las obras de control sobre los ríos Carrizal, La Sierra, Pichucalco y en la bifurcación del Samaria, en el estado de Tabasco, Jesús Gracia Sánchez, Javier Osnaya Romero, Eliseo Carrizosa Elizondo, Víctor Manuel Ortíz Martínez, Víctor Franco, Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2009.
4. Estudio de la capacidad de descarga de compuertas radiales, Jiménez Castañeda, A. Abel y Berezowsky Verduzco, Moisés, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.
5. Tesis denominada Medición directa de sedimentogramas y su generación sintética, Alejandro Maya Franco, Junio 2009.
6. Plan Hídrico Integral de Tabasco dentro del cual se inscribe la Ejecución del Plan de Acción Inmediata (PAI), para la Rehabilitación de la Infraestructura Dañada por las Lluvias Atípicas de los días 28 y 29 de Octubre del 2007, Comisión Nacional del Agua, Diciembre 2008.
7. Modelo matemático para transitar avenidas con aplicación al sistema de drenaje oriente del Valle de México, colección de informes CI-23, Jiménez, A. A. y Domínguez R., Instituto de Ingeniería, UNAM, 2002.
8. Informe de las inundaciones de 2007 en el Estado de Tabasco, Comisión de Recursos Hidráulicos, Senado de la República, marzo de 2008.
9. Estudio de Gran Visión para la Protección contra Inundaciones en la Cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, Comisión Nacional del Agua y Comisión Federal de Electricidad, Julio de 1997.
10. El Agua en México vista desde la Academia, Academia Mexicana de Ciencias, 2004.