



2

El marco epistémico de la comunicación (I): La perspectiva técnico-funcional

A OBJETIVOS GENERALES DEL CAPÍTULO

- Plantear los conceptos esenciales de las teorías de origen matemático-lógico que más han influido en el estudio de la comunicación: la Teoría Matemática de la Información, la Teoría General de Sistemas y la Cibernética
- Comprender cómo el marco conceptual de esos enfoques ha constituido las bases de la perspectiva funcionalista de los estudios sobre comunicación y cómo su desarrollo ha influido también en otros enfoques de origen matemático-lógico, como el constructivista.
- Proporcionar los conceptos necesarios para la comprensión de las relaciones existentes entre tecnología, comunicación y sociedad, decisivos para el análisis de los medios de comunicación de masas y el desarrollo tecnológico contemporáneo.
- Proporcionar las herramientas conceptuales necesarias para una reflexión crítica sobre conceptos tradicionalmente asumidos como los de información, transmisión, codificación, retroalimentación, etc.

B CONTENIDOS BÁSICOS

1. LA TEORÍA MATEMÁTICA DE LA INFORMACIÓN

1.1. Contexto y antecedentes científico-lógicos

.- A finales de los años 30 convergen en el terreno de la ingeniería una serie de líneas de investigación relacionadas con:

- a) La lógica binaria
 - La lógica binaria es la lógica construida sobre dos valores absolutos, simbólicamente representados por 1 y 0 (todo/nada; conectado/desconectado; presencia/ausencia).

- Tiene su origen en la lógica aristotélica: La ley del tercio excluso (una cosa sólo puede ser o ella misma o su contraria) y la ley de no contradicción (una cosa no puede ser a la vez ella misma y su contraria)
- La lógica binaria es una lógica simplificadora porque limita el número de opciones al mínimo posible.

b) La transmisión de señales

- A principios de siglo la telefonía y la telegrafía capitalizan la investigación en comunicación, orientando el interés hacia una serie de problemas típicos:
 - Aumentar la velocidad de transmisión
 - Reducir las pérdidas de señal

c) La estadística (medición de probabilidades)

- En 1928 R.V. Hartley utiliza por primera vez el concepto de "transmisión de información" para definir la comunicación.
- También fue el primero en definir la información como "selección sucesiva de signos o palabras de una lista dada", con lo que:
 - a) eliminaba la cuestión del significado de la definición de información
 - b) definía por vez primera la información por su valor estadístico: la información quedaba así relacionada con la frecuencia de aparición de las señales.
 - c) al definir la información por su valor estadístico, la idea de información quedaba asociada a la idea de "novedad" o "imprevisibilidad"

- En el marco de esa corriente tiene lugar la aparición de la TI sobre un modelo "técnico" general de comunicación. Así, a finales de los años 40 la Bell Society inicia una línea de investigación que introduce un cambio significativo en el concepto de comunicación: plantea el problema de la fiabilidad de la transmisión como aspecto constitutivo de la información.

- En ese contexto de investigación se perfila el modelo técnico general de la comunicación, a partir del cual Shannon y Weaver configuran su teoría:



EN RESUMEN, las condiciones antecedentes de la Teoría Matemática de la Comunicación son:

1. Preocupación por la medida cuantificable del orden (estadística)
2. Preocupación por la comunicación en el ámbito de la telegrafía y la telefonía (información como transmisión de señal)
3. Formalización mediante lógica binaria.

- Sobre estos antecedentes el ingeniero Claude Shannon y el matemático Warren Weaver publican en 1949 su Teoría Matemática de la Comunicación, que contribuirá a cambiar radicalmente el panorama científico y tecnológico occidental en menos de medio siglo.

1.2. Postulados y conceptos básicos:

a) El modelo de la comunicación en TI

.- El esquema básico de la comunicación que completa el modelo elemental E-M-R, de acuerdo con la teoría de Shannon y Weaver, es:

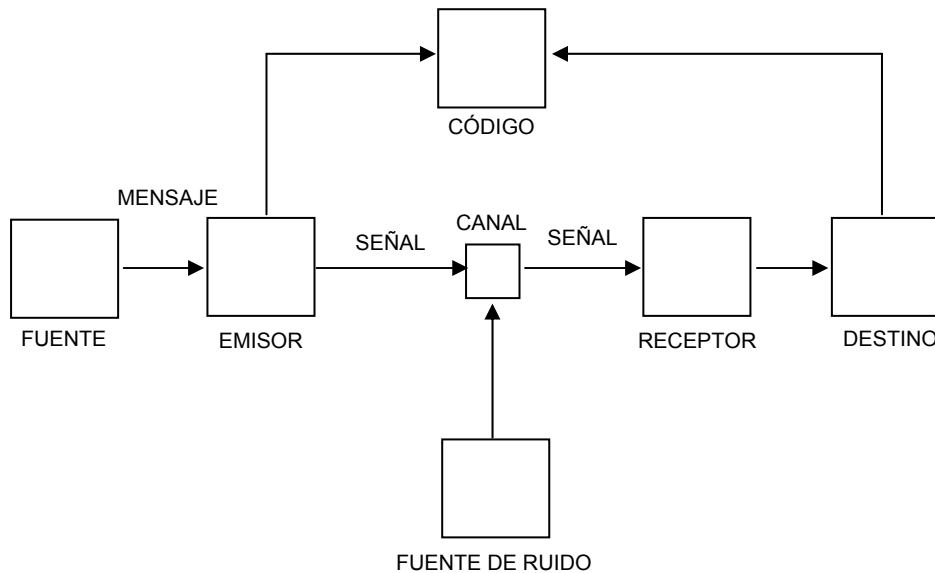


Figura 1

b) Los conceptos fundamentales:

.- La **comunicación** es definida por Shannon y Weaver como la transmisión de información en un mensaje entre dos instancias (receptor y emisor) por medio de un canal en un contexto que afecta a la transmisión.

.- **La fuente** o repertorio es el conjunto de signos disponibles para constituir el mensaje y el tipo de relación que existe entre ellos.

- Ejemplo: la cara y la cruz en una moneda; los puntos en un dado de seis caras; el alfabeto...

.- La fuente se distingue del código en que es previa a la constitución del mensaje, mientras que el código es posterior (el código "transcribe" el mensaje para poder transmitirlo de forma más eficaz y adaptada al canal).

.- Cada una de las señales tiene un grado determinado frecuencia de aparición.

.- A la frecuencia de aparición se la llama también probabilidad de aparición y hace referencia a la probabilidad de que aparezca una señal dada en una cadena de señales determinada.

- Por ejemplo, la probabilidad de que aparezca una "U" después de una "Q" en castellano es máxima.

- La señal con más probabilidad de aparición en castellano (la letra más usada) es la "E".

.- El caso más simple es el de una fuente en la que todas las señales tienen la misma probabilidad de aparición.

- Ejemplo: la cara y la cruz en una moneda tienen la misma probabilidad de aparición, el 50%.

.- El hecho de que las probabilidades de aparición de las distintas señales sean diferentes se debe a la aplicación de reglas de relación (sintaxis) entre las señales. Es decir, cuando existen reglas que ordenan la relación entre las señales, la frecuencia de aparición de las señales deja de ser la misma.

.- **El Emisor** es una instancia objetiva que no tiene que ver con un sujeto, sino con una función. Es el punto de partida de la transmisión, donde:

- a) Se produce el mensaje mediante la selección de una serie de señales
- b) Se codifica el mensaje mediante un código

.- **La Señal** es el carácter o símbolo que es objeto de la transmisión.

.- Unidades de transmisión discretas cuantificables y computables independientemente del significado.

.- Cada uno de los símbolos que componen la fuente o repertorio.

.- El código puede ser también un sistema de señales (por ejemplo, el Morse)

.- **El Mensaje** es el conjunto de señales seleccionado por la acción del emisor.

.- **El Canal** es el soporte físico de la señal.

.- **El Código** es el sistema de transcripción que permite enviar el mensaje. Un código es a un canal lo que un transformador a una transmisión eléctrica. La principal diferencia entre fuente y código es que éste permite optimizar el uso del canal: Las características del canal exigen muchas veces la codificación, al ser ésta la única manera en que la señal puede viajar por él.

.- Ejemplo: el Morse es el código en que transformamos el mensaje original (configurado a partir de la fuente que llamamos alfabeto) para poder transmitirlo eficazmente por vía telegráfica.

.- El lenguaje de unos y ceros (lenguaje binario) utilizado en tecnología digital es un código.

.- **El Receptor** es una instancia objetiva que no tiene que ver con un sujeto, sino con una función. Es el punto de llegada de la transmisión y la instancia descodificadora.

.- **El Destino** es el punto de convergencia del proceso de comunicación. Todo el proceso comunicativo se organiza en función del destino: el canal, el mensaje, el código, el contexto, etc...

.- El destino es la instancia descodificadora, es decir, la que transforma nuevamente la transmisión codificada en mensaje.

.- **El Ruido:**

.- El ruido es todo factor externo a la comunicación que afecta negativamente a ésta.

.- Ruido es lo que solemos denominar "interferencias" y hace referencia a cualquier distorsión de la transmisión de la señal que afecte a la integridad del mensaje.

.- El ruido es, pues, "el lado oscuro" de la información, lo que podríamos denominar como "anti-información" (el carácter especular entre información y ruido viene avalado por el hecho de que su medida matemática es equivalente).

- Si desde una aproximación cotidiana e intuitiva al concepto de comunicación señalábamos como características apreciables la polisemia, la ambigüedad y la multidimensionalidad, desde el ámbito del estudio científico de la comunicación es preciso considerar otros rasgos distintivos de las ideas de comunicación e información. Estos rasgos diferenciales son la complejidad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

- **El concepto de información**

- El valor estadístico de la información viene asociado a la probabilidad de selección de una señal dada en una lista o repertorio de señales.

- La vinculación entre la idea de información y las ideas de novedad e imprevisibilidad involucra a las instancias de la comunicación, emisor y receptor:

- Para el emisor la información equivale al grado de libertad en la selección de las señales.

- Para el receptor, la información equivale al grado de novedad o sorpresa del mensaje.

- La información como medida cuantificable hace así referencia a:

- a) la probabilidad de selección de una señal en un repertorio de señales (contenido informativo de la fuente)

- b) la probabilidad de ocurrencia de una señal en un mensaje dado (contenido informativo del mensaje)

- La fórmula utilizada para la expresión de esa medida es:

$$H_{\text{bits}} = - N \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Donde:

H = medida de la información

$\sum_{i=1}^n$ = suma de todas las señales o términos (i) desde el primero (1) hasta el enésimo (n)

p_i = la probabilidad de cada señal i .

N = es el número de ocurrencias posibles

- La información es proporcional al logaritmo binario de la probabilidad de cada señal del mensaje.

- Cuando todas las señales de un mensaje tienen la misma probabilidad de ocurrencia, la cantidad de información de ese mensaje es máxima.

El hecho de que utilizemos una moneda para decidir aleatoriamente sobre una situación con dos opciones está relacionado con la idea de que la equiprobabilidad implica máxima información. Utilizamos la moneda como "generador de aleatoriedad" precisamente porque la información que

aporta cada signo es máxima, es decir, que la impredecibilidad de salga cada signo es máxima.

En el caso del dado la improbabilidad es también la misma para cada señal, pero al ser más signos (seis), el valor de imprevisibilidad es mayor y, por tanto, el repertorio tiene más contenido informativo (puede generar más mensajes con información).

- La unidad básica cuantificable de información es el bit (contracción de *binary digit*). Un bit es el valor de una elección entre dos alternativas equiprobables (el mínimo posible de alternativas).

- **La redundancia**

- Una de las maneras de asegurar la supervivencia del mensaje (es decir, de la serie de señales) frente a las interferencias y distorsiones del contexto es la de ampliar la serie de señales de manera que se repitan.

- El problema añadido es que entonces o bien se incrementa el número señales del mensaje (y con ello se incrementa el coste de la transmisión) o bien se reduce la información que contiene el mensaje.

Ejemplo:

Disponemos de una serie de 6 señales para transmitir.

Si transmitimos una serie como ABCDEF, transmitimos mucha información (cada señal aporta un alto índice de novedad), pero cualquier interferencia (ruido) afecta a la integridad total del mensaje y, consecuentemente, perdemos mucha información.

Si transmitimos una serie como ABABAB, transmitimos menos información (AB), pero en cambio aumentamos las probabilidades de que el mensaje llegue íntegro a pesar de las interferencias (ruido).

- Debe pues existir en toda comunicación un equilibrio entre información y redundancia: una información máxima con una redundancia mínima hacen muy probable que el mensaje se pierda; y una redundancia máxima no deja espacio para la información en el mensaje.

- En este sentido puede decirse que la redundancia, aunque supone una reducción de la información, supone también una garantía de éxito de la comunicación.

- La redundancia se mide mediante la fórmula:

$$R = \frac{H_0 - H}{H_0}$$

- Donde la redundancia (R) equivale a la reducción informativa ($H_0 - H$) respecto a la cantidad de información que podría haberse transmitido mediante la misma cantidad de señales si todas ellas hubiesen sido igualmente probables (información máxima = H_0).

¿Por qué no se llama a la puerta menos de dos veces? Justamente para neutralizar el ruido ambiente, evitar la ambigüedad y garantizar la efectiva transmisión del mensaje. La redundancia puede ser entendida como simple

repetición; es causada por un exceso de reglas que confiere a la comunicación un cierto coeficiente de seguridad [...]. Hay sistemas no redundantes, sistemas íntegramente informacionales que agotan todas las posibilidades combinatorias de la fuente: los sistemas numéricos, por ejemplo. Si erramos en un número dígito de un cálculo matemático [...] tendremos información errónea, porque el sistema no posee margen absorbente de ruido. No ocurre lo mismo con otros sistemas, como las lenguas... (Pignatari, 1977:41)

- **La entropía**

- La entropía es un concepto que procede de la termodinámica y ha sido desarrollado por Carnot, Clausius y Boltzman.
- Es una medida del grado de desorden que se da entre elementos (partículas) contenidos en un sistema cerrado.
- La entropía es una función siempre creciente en la naturaleza, o lo que es lo mismo, el desorden es siempre más probable que el orden y, consecuentemente, todos los sistemas evolucionan hacia el desorden.

Un buen ejemplo es lo que ocurre al barajar un mazo de cartas: comenzando por el conjunto de la baraja ordenado (por palos y figuras), la barajadura tiende a introducir mayor desorden (entropía) en su disposición. Si se comienza a barajar un mazo desordenado es altamente improbable que la barajada lo ordene. Existen, en suma, más disposiciones desordenadas que ordenadas, el desorden es más probable que el orden en un mazo de cartas. (Abril, 1997:19)

- La entropía es entonces la medida inversa de la improbabilidad de una configuración: cuanto más ordenada esté una configuración, tanto más improbable será.

Con la teoría de la información, en vez de probabilidades de presencia de moléculas en un estado dado, se trata de modo más general de probabilidades de presencia de signos en un lugar dado de un mensaje, tras haber aclarado que tales signos y mensajes sólo son analizados en función de dichas probabilidades sin que su significación se tenga nunca en cuenta. La probabilidad de presencia de un signo sirve para medir la cantidad de información –sin significación– aportada por ese signo: cuanto más probable es, a priori, en un mensaje, la aparición de un signo particular, más informativa es, a posteriori, su aparición. A la inversa, si era seguro, a priori, que el signo debía encontrarse así, su aparición no aportaría, a posteriori, ninguna información suplementaria. (Atlan, 1990:35-36)

- La vinculación entre entropía (probabilidad=desorden creciente) e información (improbabilidad = orden decreciente) han llevado a algunos autores (Boltzmann, Brillouin, Szilard) a describir la información como medida cuantificable del orden.
- Al operar como medida del orden, la noción estadística de información proporciona un referente valioso para una **medida cuantificable de la complejidad de un sistema**.

Para la TI la complejidad equivale a la no compresibilidad: algo complejo es algo que no se puede comprimir o resumir en un algoritmo.

.- En términos de información cuantificable, cuantas más señales requiera el algoritmo que "resume" un sistema, tanto más complejo será este. En otras palabras, cuanto más larga sea su descripción, tanto más complejo será.

.- La TI permite así elaborar una medida cuantificable de complejidad que se denomina complejidad algorítmica y que es matemáticamente equivalente al contenido informacional de un sistema: un sistema con mucha información y poca redundancia es más complejo que un sistema con poca información y mucha redundancia.

1.3. Aportaciones y limitaciones de la TI

a) Extensión y aportaciones de la TI

.- Una vez que fue publicada, la TI tuvo una aceptación sin precedentes en el mundo científico. Su utilidad en el ámbito de las ingenierías, y muy especialmente de la ingeniería de las telecomunicaciones, era incuestionable. Permitted mejorar los sistemas de transmisión y codificación de señales.

.- Su utilización en el ámbito de las ciencias humanas fue también muy rápido: Jakobson no tardó en adoptar el modelo comunicacional de la TI para la lingüística y el esquema E-M-R junto con la vinculación entre *forma, disposición de elementos* (estructura) e *información* tuvo una notable influencia en la configuración del Estructuralismo como corriente de pensamiento.

.- A partir de las incorporaciones de Jakobson en lingüística y de Lévy-Strauss en antropología, los procesos de comunicación humana pasaron a ser entendidos como un intercambio sucesivo de mensajes con información. El modelo se extendió a la psicología y a la sociología.

.- Los primeros estudios sobre comunicación colectiva, nacidos al amparo de la psicología y la sociología en los años 30-40, adoptaron también el modelo comunicacional de la TI.

.- En el terreno teórico supuso una revolución porque permitió cuantificar en cadena una serie de variables cuya medida había sido hasta entonces tan necesaria como problemática: información, orden, complejidad... Variables cuya definición era complicada en el terreno de las ciencias experimentales, pero que resultaba extremadamente compleja en el caso de las ciencias humanas.

.- Pero además, sirvió de base para la construcción de los primeros circuitos lógicos, las primeras máquinas de calcular y, finalmente, las primeras computadoras. La TI es el fundamento lógico de la tecnología digital.

.- Al servir como base para el planteamiento de la computación como nueva forma de representación, agregó una serie de disciplinas en torno a lo que se llamó ciencias cognitivas (psicología, lingüística, biología, matemáticas, inteligencia artificial,

neurociencias, etc). La hipótesis básica de las ciencias cognitivas era la de concebir el conocimiento como una forma de computación, o, en términos de la TI, como el procesamiento de información.

b) Carencias y problemas

- **El problema del significado**

.- La primera carencia de la TI se pone de manifiesto cuando es trasladada a las ciencias humanas y especialmente al ámbito de la comunicación humana. Se trata del problema del significado.

.- Efectivamente, la comunicación humana no puede ser concebida sin referencia al significado. En el significado convergen sus rasgos. Sin embargo, la TI plantea una concepción meramente técnica y procesual de la comunicación en la que el significado es sustituido por la novedad estadística (información) o su ausencia (redundancia).

.- Algunos autores (Atlan) han planteado entonces la necesidad de encontrar una medida cuantificable del significado, de modo que sea posible abstraer el problema del significado del ámbito de lo humano. A esta cuestión se refería G. Bateson cuando definió la información como "la diferencia que hace una diferencia": la señal es una mera diferencia, sólo cuando a través de ésta se opera un cambio en quien la recibe puede hablarse de significado y, por tanto, de información.

- **El problema de la organización**

.- La concepción de la TI que plantea la información como medida del orden también implica serios problemas teóricos y conceptuales. La asociación entre orden, información e imprevisibilidad conduce a una concepción mecánica de la organización: un código sencillo nunca podrá generar una estructura compleja del mismo modo que una baraja de seis cartas nunca podrá generar un juego más complejo que una baraja de cuarenta cartas.

.- Sin embargo, en la Naturaleza son frecuentes los ejemplos en los que sistemas con poca información generan organizaciones muy complejas. Así, por ejemplo, el genoma del trigo contiene más bits que el genoma del hombre.

c) El problema de la unidad de medida

.- La lógica binaria es además discutible como medida base para una medida del orden y/o la complejidad.

.- Su simplicidad tiene la virtud de hacerla casi universalmente válida. Pero esa misma simplicidad hace que ignoremos aspectos importantes de la organización de los fenómenos cuando aplicamos la lógica binaria. En muchas ocasiones, ante un problema dado, reducir un espectro de opciones a una alternativa de dos puede simplificar la comprensión, pero también puede conducir a errores. A esto nos referimos cuando afirmamos que las cosas "no son ni blancas ni negras, sino de todos los colores entre medias". Este carácter simplificador o reduccionista de la medida

binaria está íntimamente relacionado con el problema de la organización comentado anteriormente.

- **El problema de la entropía creciente**

.- De acuerdo con la TI, la entropía de un sistema de comunicación sólo puede ser creciente. Esto quiere decir que en una comunicación (en una transmisión de información), incluso si recurrimos a la redundancia, la información siempre perderá terreno frente al ruido.

.- En otras palabras, de acuerdo con la TI, en un tiempo suficiente en una comunicación, la información está condenada a desaparecer.

Este principio es algo parecido a un proceso de copia: imaginemos que tenemos una hoja con una figura. A medida que hacemos copias a partir del original, según vamos haciendo copias de copias de copias, etc, éstas van perdiendo calidad hasta que llegará un punto en que la figura copiada desaparezca o sea imposible reconocerla.

.- Esto supone que, a menos que se introduzca información "desde fuera", ningún sistema de comunicación puede garantizar su supervivencia. Sin embargo, en la Naturaleza encontramos ejemplos de sistemas que constantemente renuevan su potencial informativo, sistemas que se organizan a sí mismos.

.- Esta idea se encuentra relacionada con los problemas de la organización y la unidad de medida: sólo si concebimos la información como algo dado, transmitido íntegramente de una parte a otra de la comunicación, puede aplicarse el ejemplo de la copia. En contra de esta idea puede argumentarse que el contexto no sólo introduce ruido, sino que en muchas ocasiones hace posible reconstruir la información dañada.

.- Consecuencia: la comunicación no es un proceso aislado, sino interrelacionado. Por eso es posible concebir que el contexto contribuye a la producción de información y no sólo a su destrucción.

2. LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

2.1. Antecedentes

- La idea de sistema cuenta con una larga tradición, que se remonta a los orígenes de la filosofía, la lógica y las matemáticas: en las sentencias de Aristóteles, Anaxágoras, Heráclito y muchos otros aparece ya encubierta una noción vaga de sistema como conjunto de elementos relacionados que componen un todo.

- En la década de los 40, la idea de sistema se perfila como un referente común para el interés investigador de varias ciencias. En esa década, diversas ciencias (la física, la biología, la sociología, la psicología, la lingüística, etc...) perfilan la descripción de sus respectivos objetos de estudio en términos de sistema: así, la biología se ocupa de los sistemas vivos, la física de los sistemas de objetos, la psicología de los sistemas mentales y conceptuales, la sociología de los sistemas sociales, la lingüística de los sistemas lingüísticos, etc...

- El biólogo y matemático Ludwig von Bertalanffy se planteó si era posible concebir una lógica de funcionamiento general para todo sistema, independientemente de su aplicación empírica. Es decir ¿funcionan de la misma manera todos los sistemas, independientemente de si son sistemas sociales, biológicos o mecánicos? ¿Qué tienen en común un sistema social, como, por ejemplo, un Estado, y un sistema mecánico, como por ejemplo, un reloj?

- Von Bertalanffy plantea así la necesidad de constituir una ciencia de los sistemas a la que denominará Teoría General de Sistemas (TGS).

La Teoría General de Sistemas es una teoría lógico-matemática que se propone formular y derivar aquellos principios generales aplicables a todos los sistemas.

(von Bertalanffy, 1978:34)

- Se propone sustituir la idea de objeto por la de sistema: las ciencias estudian sistemas y relaciones de sistemas, no objetos aislados.

APORTACIONES DE LA TGS:

- Observar el mundo como un conjunto de fenómenos individuales relacionados en lugar de aislados, donde la complejidad adquiere interés.
- Haber demostrado que ciertos conceptos, principios y métodos no dependen de la naturaleza específica de los fenómenos implicados. Todo este bagaje conceptual es aplicable a diversos campos de la ciencia, las artes, la ingeniería, las artes y las humanidades. De ahí que surjan lazos entre las distintas disciplinas clásicas, que podrán compartir varios principios, conceptos, modelos, ideas y métodos.
- Abrir, a través de investigaciones generales, nuevas posibilidades (principios, paradigmas, métodos) a disciplinas específicas

(Klir, 1978:26)

- La TGS propicia el encuentro entre los dos grandes modelos de sistema a los que ha recurrido el ser humano para explicar su mundo: la máquina y el organismo.

MAQUINA (SISTEMA SIMPLE)	ORGANISMO (SISTEMA COMPLEJO)
<ul style="list-style-type: none"> - La Función determina la Estructura - La organización procede del exterior - Las propiedades son agregadas desde fuera - El producto es independiente de la historia del sistema - Sistema abierto o sistema cerrado - Determinismo funcional 	<ul style="list-style-type: none"> - Función y Estructura se determinan mutuamente - La organización es producto de su funcionamiento (son sistemas autoorganizados) - El producto forma parte de la historia del sistema - Emergencia/Constreñimiento de propiedades en los elementos - Sistema simultáneamente abierto y cerrado - Determinismo estructural

- La TGS se perfila así como el marco teórico general en el que es posible entender otras teorías como la TI. En este sentido, puede considerarse la TI como una aplicación específica de la TGS.

- En las ciencias sociales (Parsons, Luhmann, Buckley) la idea de sistema va a permitir:
 - a) Simplificar y organizar la enorme complejidad de su objeto de estudio: la sociedad
 - b) sistematizar y estructurar las teorías
 - c) facilitar la aplicación práctica de las teorías
 - d) desarrollar nuevas metodologías de la investigación

- Consecuentemente, los estudios sobre comunicación social se van a preocupar, en primera instancia, de analizar los sistemas comunicativos que caracterizan una de las principales funciones de los sistemas sociales. En otros términos, los estudios sobre comunicación parten de los siguientes supuestos:

- a) La sociedad como un "sistema de sistemas" en el que se realizan diversas funciones interrelacionadas.
- b) La comunicación como una de las principales funciones del sistema social

- El concepto de sistema funciona también como "modelo", es decir como una reproducción esquemática del objeto o fenómeno estudiado que pretende explicar y reproducir su funcionamiento. Por esta razón la idea de sistema se utiliza para el estudio de fenómenos complejos, como es el caso de los fenómenos sociales.

- La comunicación, en su sentido más general, forma parte de la dinámica de interacción entre sistemas y entre sistema y entorno.

2.2. El concepto de sistema

Un sistema, en tanto que conjunto de elementos relacionados entre sí y con el medio ambiente, es un modelo de naturaleza general, esto es, una representación conceptual de ciertos caracteres más bien universales de entidades observadas.

(Von Bertalanffy, 1978:40-41)

.- Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí que:

- a) cumple una o varias funciones
- b) tiene una historia de variaciones de estado
- c) (mantiene una relación complementaria con un entorno)*

>> *La relación sistema/entorno es definitoria de los sistemas naturales (ver más adelante)

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, cuya unidad le viene dada por los rasgos de esa interacción y cuyas propiedades son siempre diferentes de la suma de las propiedades de los elementos del conjunto

(Izuzquiza, 1990:145)

.- **Entorno** es todo aquello que no es el sistema y que interviene necesariamente en su existencia. Entorno es también el ámbito de interacción de los sistemas. En la medida en que un sistema se relaciona con un entorno y cambia, es decir, evoluciona y tiene su propia historia, un sistema es también:

Un conjunto de estados y de transiciones entre estados (Orchard, 1978:253)

.- Un sistema se define por una relación específica entre su estructura y su operación (función) que llamamos **organización**.

.- Tanto en Sociología como en CC. de la Comunicación nos interesa en particular aquella clase de sistemas que denominamos complejos

• Propiedades de los sistemas complejos

a) *Apertura/clausura*:

.- Un sistema es abierto cuando intercambia materia, energía y/o información con el entorno. El concepto de frontera o borde es clave en la definición de todo sistema o, mejor, de toda relación sistema/entorno.

.- Un sistema es cerrado cuando no intercambia materia, energía ni información con el entorno. En la Naturaleza no existen los sistemas cerrados. Sin embargo, cierto grado de clausura es un requisito de existencia de cualquier sistema

natural. Así, en el mundo natural, la existencia del sistema depende de la *complementariedad apertura/clausura*.

.- La frontera (la piel, la membrana, o el marco, son ejemplos de fronteras) resulta así el punto donde convergen estos dos requisitos contradictorios y necesarios para el sistema: la frontera es el punto donde el sistema se cierra para diferenciar su propia organización, pero es también el punto donde se abre para interactuar con el entorno y hacer posible con ello su organización.

b) *Interacción:*

.- En la medida en que se relaciona con el entorno y con otros sistemas, un sistema evoluciona de manera coordinada con aquéllos: se encuentra expuesto a los cambios producidos por ellos.

c) *Determinismo estructural*

.- Los cambios afectan a la estructura de un sistema, es decir, a los elementos y relaciones que lo componen.

.- La estructura marca los límites y posibilidades de los cambios a que puede someterse un sistema: un sistema no puede cambiar de una forma que no sea posible para su estructura.

d) *Organización*

.- Cuando el cambio afecta a la organización del sistema, éste deja de existir como tal. Un sistema es lo que es su organización.

e) *Historia:*

.- Cómo el sistema afronta los cambios en su entorno transformándose con ellos es lo que constituye la historia del sistema.

.- La propiedad que consiste en que su historia deje huella en su estructura se denomina *histéresis*.

.- La existencia del sistema depende de una *complementariedad entre cambio y estabilidad*.

f) *Acoplamiento estructural:*

.- La historia del sistema es la historia de los cambios de su estructura

.- Cuando las "historias" (procesos de cambio) de dos sistemas se coordinan en un momento determinado, tenemos lo que hemos llamado una *interacción*. La relación entre oferta y demanda en los sistemas económicos de libre mercado es un buen ejemplo de interacción.

.- Cuando se coordinan de manera que no pueden ocurrir en adelante la una sin la otra, tenemos un *acoplamiento estructural*. Una relación simbiótica es un ejemplo de acoplamiento estructural.

.- Las ideas de interacción y acoplamiento estructural (en su sentido de transformación regular coordinada) se encuentran en la base de las ideas de comunicación y adaptación.

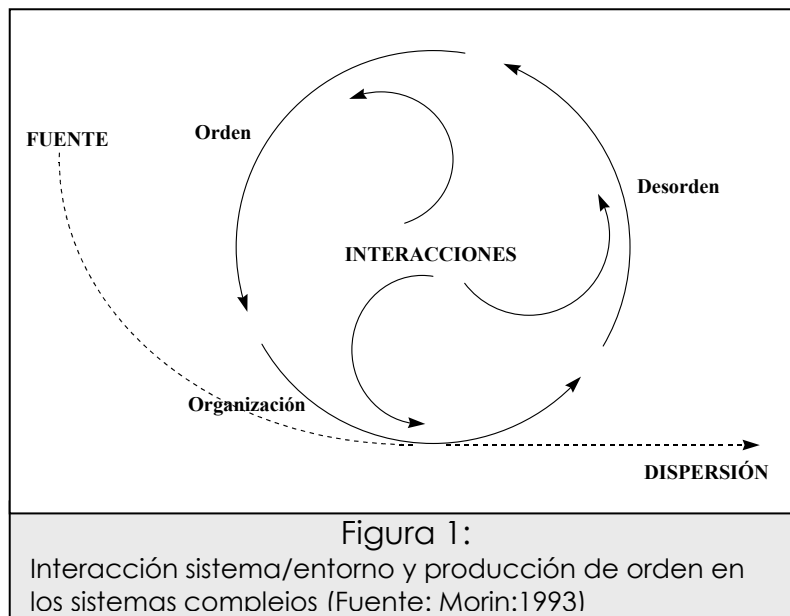
• **La relación sistema/entorno y la organización a través de la interacción:**

.- Debido a su utilidad en la descripción de fenómenos complejos, como es el caso de los fenómenos sociales y comunicacionales, nos interesan especialmente los sistemas que hemos llamado complejos: sistemas complementariamente abiertos/cerrados, con historia, con propiedades emergentes y que interactúan con su entorno para mantener su organización.

.- Debido al carácter complementario de los caracteres apertura/clausura y cambio/estabilidad en los sistemas complejos, éstos no pueden ser concebidos separadamente de su entorno, como tampoco es posible concebir el entorno en el

que existen sin la actividad de los sistemas complejos. El caso de las relaciones entre Naturaleza y Sociedad es un ejemplo de esta dependencia.

- En esos casos, sistema y entorno forman una unidad de organización: el sistema complejo se organiza a partir de las interacciones con su entorno en un proceso adaptativo (que integra orden y desorden procedentes del entorno) y transformador de ambos que hace posible la producción de orden u organización interna del sistema (vid. fig. 1).



- Este principio es la base de la Ecología y de nuevos enfoques en sociología. La Ecología y la Sociología son ciencias basadas en el estudio de fenómenos de relación sistema/entorno y fenómenos de interacción entre sistemas en los que se producen dinámicas de organización.

3. LA CIBERNÉTICA

3.1. Antecedentes

- A partir de las aportaciones de la TGS de Von Bertalanffy y la TI de Shannon y Weaver, en los años 40 se desarrolla una nueva disciplina dedicada al estudio de una clase particular de sistemas: los sistemas recursivos.

- Durante la Segunda Guerra Mundial se planteó la necesidad de diseñar sistemas de disparo que fueran capaces de prever la trayectoria del blanco móvil. Esto implicaba la incorporación de un sistema corrector de trayectoria que tuviera en cuenta la posición y velocidad del disparo respecto de la posición y velocidad del blanco.

- El sistema corrector de disparo es un caso particular de un grupo característico de sistemas que se diferencian porque integran los efectos de su operación en su funcionamiento. Otro caso típico es el de los termostatos.

- En 1947, Norbert Wiener, W.R. Ashby y W. Rosenblueth perfilan la disciplina que recibirá el nombre de Cibernética.

3.2. La ciencia de la comunicación y el control

- Wiener describe la Cibernética como "la ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la máquina". La palabra cibernética procede del griego *Kybernetes*, que designaba el piloto o timonel de una nave. Platón utilizó el término para hablar del "arte del gobierno" como el arte del control.

- Como ocurre en el caso de los sistemas de corrección de disparo y en los termostatos, la Cibernética se ocupa de estudiar los sistemas con causalidad circular.

- Los sistemas con causalidad circular son los sistemas capaces de integrar en su funcionamiento los efectos producidos por su propio funcionamiento o, en otros términos, convierten los efectos de su funcionamiento en causas de su funcionamiento: los mecanismos de ajuste o autocorrección como el termostato, por ejemplo, implican que el sistema es capaz de "percibir" los efectos que produce y que esa "percepción" se convierte en variable de funcionamiento.

- Ese carácter de causalidad circular (integrar los resultados de una operación para corregirla) introduce un matiz de autocontrol en esta clase de sistema.

- Este grado de autocontrol necesita de constante transmisión de la información de unas partes a otras del sistema: el termostato "percibe" la temperatura ambiente resultante de su funcionamiento y la "traduce" a información, que permite que el sistema funcione en un sentido o en otro (activar o desactivar). Por eso Wiener define la Cibernética como "ciencia de la comunicación y el control".

3.3. El Feed-back o retroalimentación

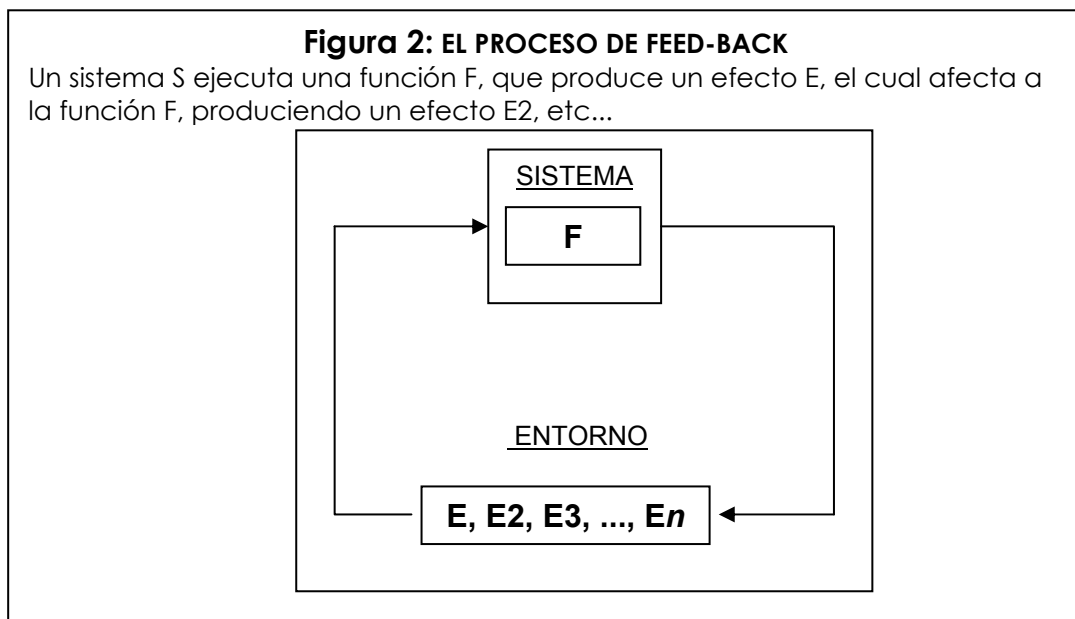
- Este flujo circular de la información entre el sistema (la máquina o el animal) y su entorno es lo que Ashby denominó **feed-back, retroalimentación, o retroacción**.

- Llamamos, pues, feed-back o retroalimentación al proceso por el cual los efectos producidos por una función afectan a la ejecución misma de esa función (ver figura 2).

- Existe un feed-back negativo y un feed-back positivo: El feed-back negativo designa la tendencia del sistema a conservar su estabilidad o equilibrio; el feed-back positivo designa la tendencia al cambio o inestabilidad

Ejemplo: en la evolución de las poblaciones, el feed-back negativo es el que hace que la población se mantenga en un número más o menos estable, en equilibrio con los recursos del medio, y el feed-back positivo es el que hace que se pierda el equilibrio entre la población y el medio. Así, normalmente, existe un equilibrio entre la población y los recursos del medio por el que ambos se renuevan cíclicamente. Sin embargo, cuando una población aumenta anormalmente (feed-back positivo), se desencadena una dinámica de feed-back negativo, las posibilidades de nacimiento de nuevos individuos se incrementan exponencialmente (feed-back positivo), pero el consiguiente consumo de recursos por parte de la población creciente, hace también que, pasado un cierto nivel, se desencadene el feed-back negativo y la población disminuya por falta de alimentación.

- El feed-back negativo funciona como un mecanismo de corrección: en él la información sobre el efecto sirve para corregir la diferencia o desviación entre la previsión (la "norma" del sistema) y el efecto realmente acontecido.
- El feed-back positivo funciona como un mecanismo de desviación: en él la información sobre el efecto sirve para acentuar la desviación respecto de la previsión o la "norma" del sistema.



- El concepto de feed-back revolucionó la psicología y la sociología: es posible entender la sociedad como un sistema que mantiene su equilibrio mediante múltiples redes de autocontrol (por ejemplo, el Estado o la organización política, la organización económica, etc...) e, igualmente, es posible entender los procesos revolucionarios como procesos de retroalimentación positiva que alejan a las sociedades del equilibrio e inutilizan sus mecanismos de autocontrol. Asimismo, el control policial puede operar en unas determinadas condiciones como feed-back negativo, en tanto permite garantizar un umbral de seguridad, o como feed-back positivo, cuando el control es excesivo y desencadena reacciones y desorden.

- Con la incorporación del feed-back a la sociología y la psicología, el concepto se convierte también en crucial para los estudios sobre comunicación colectiva: por definición, en el ámbito de la comunicación humana, todos los sistemas comunicativos tienen feed-back.

- La comunicación humana es, además, la base de todos los sistemas de retroalimentación negativa (mantenimiento del equilibrio) de los sistemas sociales.

- El papel "retroalimentador" de los medios de comunicación colectiva se convierte a partir de entonces en uno de los principales objetos de estudio de las incipientes Ciencias de la Comunicación.

- Paralelamente, la incorporación del concepto de Feed-Back a la comunicación propicia una vuelta a los aspectos psicológicos, sociológicos y simbólicos de la idea de comunicación, que será especialmente propugnada por la Escuela de Palo Alto.

C ACTIVIDADES PRÁCTICAS

- Identificación de un sistema social concreto y definición de sus elementos, funciones, procesos y dinámicas de feed-back negativo y positivo. Valoración de la relevancia y diversidad de formas de la comunicación en dichos procesos.
- Identificar las formas de feed-back entre un tipo de usuario determinado y un medio de comunicación dado.
- Contextualizar los supuestos de la Teoría de la Información y de la Teoría de Sistemas respecto de las metáforas de la comunicación reseñadas en el tema 1.

D BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- BUCKLEY, W. *La sociología y la teoría moderna de los sistemas*, Buenos Aires, Amorrortu (1977).
- LUHMANN, Niklas. *Introducción a la teoría de Sistemas*, Edit. Anthropos-Universidad Iberoamericana. Mexico (1996)
- MATTELART, A & MATTELART, M. *Historia de las Teorías de la Comunicación*. Barcelona, Paidós (1994)
- MATTELART, A. *La invención de la comunicación*. Barcelona, Bosch (1995)
- MATTELART, A., 2002, *Historia de la Sociedad de la Información*, Barcelona, Paidós.
- MATURANA, Humberto y VARELA, Francisco. *El árbol del conocimiento : las bases biológicas del conocimiento humano*. Edit : Debate. Madrid (1991) [1989]
- MAYOR, Juan & PINILLOS, J.L. *Comunicación y Lenguaje*. Madrid, Ed. Alambra (1991).
- MORIN, Edgar. *Introducción al pensamiento complejo*. Edit.Gedisa. Barcelona (1994)
- MORIN, Edgar. *El Método II. La naturaleza de la Naturaleza*. Edit. Cátedra. Madrid (1997) [1980].

E**PREGUNTAS DE EVALUACIÓN**

- Define el concepto matemático de información
- ¿Porqué el concepto matemático de información omite toda referencia al significado?
- ¿Qué relación existe entre la Teoría Matemática de la Información y la concepción común de la comunicación de masas?
- ¿Qué diferencia se plantea al aproximarse a un fenómeno en términos de 'objeto' y en términos de 'sistema'?
- ¿Qué distingue a los sistemas simples de los sistemas complejos?
- ¿Cómo se concibe la comunicación desde la perspectiva de la Teoría General de Sistemas?
- ¿Qué tipos de complementariedades caracterizan a los sistemas complejos?
- ¿Cuál es la relación entre Teoría General de Sistemas y Cibernética?
- ¿Cuál es la principal aportación de la Cibernética a los estudios sobre comunicación?