# PSICOLOGÍA DE LA COMUNICACIÓN

.019 i9 9

**Alfaomega** 



# Capítulo 1 El Arte de la Retórica

La comunicación constituye un fenómeno natural, cotidiano e inherente al ser humano. Pese a ello, a lo largo de la historia han existido escasos intentos de sistematizar teóricamente el proceso de comunicación. En la antigüedad, lo más próximo a una sistematización de ella lo hallamos en los tratados de retórica.

En términos generales, la retórica es definida como el arte de la persuasión mediante la palabra; una técnica tal que, al ser aplicada al discurso, permite convencer al oyente, incluso si aquello de lo cual hay que persuadirlo es "falso". En un sentido más amplio, la retórica constituyó una disciplina que reinó en Occidente desde el siglo V a.C. hasta el siglo XIX d.C. y cuyo objeto de estudio fueron los efectos persuasivos del lenguaje. Paulatinamente, las diferentes partes que componen la retórica se fueron fundiendo en la literatura, la gramática, la psicolingüística, etc., hasta desaparecer como disciplina.

En términos históricos, la retórica tuvo sus raíces en Sicilia. Hacia el año V a.C. existieron allí juicios populares en los cuales el ciudadano debía defender por sí mismo su causa y sus derechos. Para convencer, entonces, era necesario ser un orador elocuente; elocuencia que fue rápidamente comercializada. Aparecieron maestros ambulantes que se preciaban de enseñar metódicamente el arte oratorio. También surgieron los logógrafos que redactaban los discursos apropiados para sus clientes 1.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Barthes R., Investigaciones Retóricas I. Tiempo Contemporáneo, Bs. As., 1974.

Posteriormente, esta oratoria espontánea y elocuente comienza a ser estudiada, reglamentada y enseñada, dando origen a la retórica propiamente tal. Corax es el primero en establecer ciertas reglas explícitas al formular un plan del discurso. En breve, éste constaba de cinco partes: exordio, narración, argumentación, digresión, epílogo; las cuales corresponden respectivamente a una introducción, una demostración y una conclusión. Los autores sicilianos (Corax, Tisias, Empédocles, etc.) ya habían establecido que el objeto de la retórica era persuadir y que esta persuasión provenía de lo verosímil. Es decir, no de la verdad absoluta, sino más bien de la aparente, la cual hacía que el orador fuera creído.

Gorgias, embajador en Atenas, fue quien introdujo la retórica entre los griegos hacia la segunda mitad del siglo V a.C. Era un orador brillante, capaz de cambiar la apariencia de los hechos mediante la fuerza de su discurso. Fue él quien, reuniendo los elementos de la poesía (metáforas, consonancia, simetría, etc.), los traspasó a la prosa, enfatizando con esto el estilo del discurso y su fuerza expresiva. Planteó que la retórica era el arte de persuadir a cualquiera por medio del discurso 1.

La democracia oral de los griegos fue el terreno apropiado para el desarrollo de la retórica. El discurso era un instrumento político y el arte de hablar, un medio de conquistar y conservar el poder. Paralelamente, la retórica se convirtió en el arte de los sofistas, pues les permitió defender brillantemente su relativismo moral. Jactándose de ser maestros de la elocuencia y capaces de hacer hábil a cualquiera en el arte de persuadir, afirmaban poder transformar la peor causa en la mejor.

Rebelándose contra este abuso del arte retórico, Platón intentó reivindicarlo escribiendo dos diálogos que versaban sobre él: Fedro y Gorgias. En ellos planteaba que existían dos tipos de retórica, una falsa y la otra auténtica. La falsa era la retórica de hecho y su objeto sería la verosimilitud, la ilusión, el ser creída. Esta era la retórica de los sofistas, la que adula, la que persuade para obtener poder sin considerar el bien. Por el contrario, la auténtica retórica era la retórica del derecho cuyo objeto sería la verdad y el bien. Era ésta la retórica filosófica basada en la sabiduría y la virtud. Según Platón, la forma fundamental del discurso era el diálogo en búsqueda de la verdad y el pensamiento compartido. El curso que seguía el razonamiento que subyace a estos diálogos era de tipo binario: el discípulo tenía que elegir si aceptar o rechazar un argumento o alternativa que le ofrecía su maestro; cada elección frente a un argumento o alternativa determinaba una siguiente elección frente a otro argumento o alternativa; y así sucesivamente hasta alcanzar la conclusion deseada por el maestro. Esto queda mejor ejemplificado en el siguiente fragmento del Gorgias<sup>2</sup>.

SOCRATES: ¿Hay algo que tú llamas saber?

GORGIAS: Hay algo.

S.: ¿Y algo que llamas creer?

G.: Sí, por cierto.

S.: ¿Opinas, entonces, que lo mismo son saber y creer, ciencia y fe, o que son algo distinto?

G.: Yo, en verdad, pienso que son algo distinto, Sócrates.

S.: Sin embargo, tanto los que saben como los que creen han sido persuadidos.

G.: Así es.

S.: ¿Quieres que establezcamos, por tanto, dos clases de persuasión, la qué brinda fe sin saber y la que brinda ciencia?

G.: Completamente de acuerdo.

S.: ¿Cuál de ellas produce, pues, la retórica en los tribunales y en las otras reuniones, acerca de lo justo y lo injusto? ¿Aquella de la que surge la fe sin saber, o aquella de la cual surge el saber?

G.: Es evidente, Sócrates, que aquella de la que surge la fe.

S.: De tal manera, la retórica produce, al parecer, persuasión acerca de lo justo y lo injusto por la fe, pero no por la enseñanza.

G.: Sí.

Sin embargo, fue Aristóteles quien estableció definitivamente los principios que subyacen a la retórica. Eran los principios por él postulados los que, posteriormente, serían desarrollados una y otra vez en los tratados clásicos de retórica (Cicerón, Quintiliano, Dionisio) hasta que ésta desapareciera como disciplina.

# La retórica aristotélica

Luego de recopilar y criticar los tratados de retórica de su época, Aristóteles escribe "El arte de la retórica" (Tejné retoriké) en el año 323 a.C. En ella desarrolla lo que hoy podría denominarse una teoría acerca de la persuasión.

Aristóteles concibe el discurso como un mensaje y lo somete a una división del tipo: emisor-mensaje-receptor. Su obra está

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Platón, Gorgias. Eudeba, Bs. As., 1967.

compuesta por tres libros. El libro I es el libro del emisor del mensaje, del orador. Ahí comienza primero por definir la retórica y su objeto; luego estudia la forma de concebir argumentos, de adaptarse al público y de lograr en éste la impresión de hombre honesto durante el discurso. En general, trata acerca del carácter moral del orador (ethos). El libro II es el libro del receptor del mensaje, del público. Trata de los caracteres, costumbres y pasiones de la gente con el objeto de que el orador, en su conocimiento, pueda apelar a los sentimientos apropiados para disponer anímicamente al público a su favor (pathos). Finalmente, el libro III es el libro del mensaje mismo, del discurso (logos). Ahí se estudia la disposición de las diferentes partes del discurso, su estilo y la forma de declamarlo.

Aristóteles define la retórica como "la facultad de conocer en cada caso aquello que puede persuadir" 3. En este sentido, el orador debe descubrir en cada caso particular el modo de persuasión apropiado. El objeto de la retórica "no es el objeto de ningún otro arte, pues cada uno de los demás enseña y persuade respecto de sus propias materias..., pero la retórica puede conocer respecto de cualquier asunto propuesto aquello que es apto para persuadir" 3. La retórica es un arte que puede ser cultivado, pero para ello se requiere conocer sus principios.

La retórica aristotélica se basa en el principio de lo verosímil, en demostrar mediante el razonamiento aquello que la gente cree posible. Para ello se vale de una lógica intencionalmente poco rigurosa, de la lógica que dicta el sentido común, de una lógica adaptada a los criterios de la opinión pública. Esto queda mejor expresado por la siguiente regla aristotélica: más vale un verosímil imposible que un posible inverosímil. Para persuadir, entonces, es necesario contar aquello que la gente cree posible, aún cuando esto sea "realmente" imposible, que contar lo que de hecho es posible si esto no será creído.

El arte de la retórica desarrollado por Aristóteles puede ser figurado como un árbol con diferentes ramificaciones (Fig. 1). A continuación detallaremos cada una de estas ramificaciones.

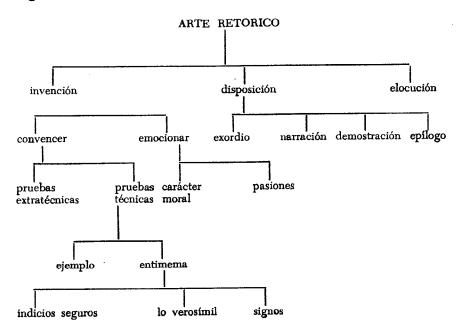
### Invención

Es a esta operación, encontrar qué decir, a la que Aristóteles presta mayor atención en su obra. Se trata de establecer las prue-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Aristóteles, El Arte de la Retórica. Eudeba, Bs. As., 1966.

bas o argumentos necesarios para persuadir durante el discurso. Constituye, por así decirlo, el cuerpo lógico y psicológico del discurso, su contenido. Supone, además, un método sistemático para hallar las formas argumentativas más eficaces; lo espontáneo e intuitivo no produce buenas razones según Aristóteles. Esta búsqueda de argumentos persuasivos tiene dos finalidades, una lógica y otra psicológica: convencer y emocionar, respectivamente. Recorreremos primero el camino del convencer para luego retomar el del emocionar:

Figura 1: Arbol Retórico



### Acerca del convencer

Para convencer se requiere de un aparato lógico de pruebas que permitan persuadir al oyente mediante el poder del razonamiento puro, esto es, la fuerza lógica de los argumentos. En este caso no se consideran las características anímicas del oyente, sino sólo su capacidad de razonar.

Existen dos tipos de pruebas que el orador puede esgrimir en su discurso: las extratécnicas y las técnicas. Las pruebas extratécnicas son aquellas que "no han sido compuestas por nosotros, sino que ya existían" <sup>3</sup>. Estas se encuentran fuera del orador, el cual sólo puede usarlas, pero no inventarlas. Entre ellas se cuentan las leyes, los contratos, las confesiones, los juramentos y los testigos. Estos últimos pueden ser, incluso, juicios emitidos por hombres ilustres y hasta proverbios. Como Aristóteles dice "si alguien aconseja que no se tome a un viejo por amigo, para éste testifica el proverbio: jamás hagas un beneficio a un viejo"<sup>3</sup>. Las pruebas técnicas son aquellas que "se pueden preparar por nuestra propia industria y con método"<sup>3</sup>. Estas son las que debe aportar el orador a partir de su propio razonamiento, son aquellas que el orador inventa. Para ello sólo tiene dos caminos: para lograr persuadir "se demuestra mediante ejemplos o entimemas, no existen otros medios fuera de éstos"<sup>3</sup>.

El ejemplo constituye una inducción; vale decir, de un objeto particular se infiere la clase y luego de esta clase se deriva un nuevo objeto particular que es empleado en lugar del primero. Se trata de un argumento por analogia (o contrarios) cuya persuasión radica en la similitud de características entre hechos distintos. Entre los ejemplos se cuentan citar hechos o personajes históricos o mitológicos y crear fábulas o parábolas. Aristóteles cita una hermosa fábula de Esopo como ejemplo. Este, defendiendo a un hombre rico acusado de un crimen capital, "contó que una zorra, mientras atravesaba un río, había sido arrastrada hacia un remolino, y que como no pudiese salir de allí sufrió largo tiempo y muchas garrapatas se adhirieron a ella, y que pasando por allí un erizo, en cuanto la vio, movido a compasión, le preguntó si le arrancaría las garrapatas, pero que ella no se lo permitió, y como aquél le preguntase por qué, había respondido: 'porque éstas ya están satisfechas de mí y me chupan poca sangre, pero si las arrancas vendrán otras hambrientas y se beberán el resto de mi sangre'. Pues bien señores —dijo Esopo refiriéndose a su defendido— éste ningún daño os hará en adelante, pues es rico, pero si le dierais muerte vendrán otros pobres, los cuales os arruinarán dilapidando vuestro tesoro público"3.

El entimema constituye una deducción, en la cual, a partir de ciertas premisas supuestas se deriva una conclusión determinada. Aristóteles lo denomina el silogismo retórico. Sin embargo, el entimema es un silogismo fundado en premisas verosimiles y generales, que son verdaderas la mayor parte de las veces; en tanto que el silogismo riguroso se funda sobre premisas universales y siempre verdaderas. Veamos la diferencia mediante un ejemplo:

(A) Todos los hombres son mortales.Juan es un hombre.Juan es mortal.

(B) Los padres cuidan a sus hijos.Juan es padre.Juan cuida a su hijo.

Puesto que en el silogismo (A) la premisa es verdaderamente universal su conclusión es verdadera. En el silogismo (B) la premisa es sólo general; la mayor parte de las veces los padres cuidan a los hijos, sin embargo, existen padres que no cuidan a sus hijos, como en el caso de los niños abandonados, maltratados, etc. De esta forma la conclusión derivada es solamente probable. La diferencia entre uno y otro caso es que el silogismo riguroso no admite contrarios (Juan es mortal), en cambio el entimema sí (Juan no cuida a su hijo).

Las premisas que dan lugar a los entimemas pueden ser de tres tipos: los indicios seguros, los signos, lo verosímil. Los indicios seguros son aquellos hechos obvios a los sentidos y evidentes al pensamiento; es un indicio necesario, verdadero e irrefutable. Por ejemplo, "si alguien dijese que una mujer ha dado a luz, porque tiene leche, entonces tendríamos un indicio seguro" 3. Los signos son aquellos hechos que nos sirven para hacer entender algún otro hecho; sin embargo, para que el signo sea probatorio se requieren signos concomitantes que lo apoyen. Por ejemplo, es un signo el decir "que alguien tiene fiebre, porque respira agitadamente" 3. Lo verosímil se refiere a aquellos hechos sobre los cuales la gente está generalmente de acuerdo, los juicios compartidos, la opinión pública, el sentido común. Por ejemplo, constituye un verosímil el afirmar que se debe respetar a los mayores.

Para Aristóteles los entimemas siempre podrán ser refutados, "pero esta refutación será siempre aparente y no verdadera, pues el que aduce la objeción no demuestra que no es verosímil, sino que no es necesario" 3. La excepción correspondería a los entimemas basados en indicios seguros, pero es necesario considerar que lo que es seguro en una época no lo es en otra, depende de su contexto histórico. Así, por ejemplo, el hecho de que el sol se levante por el oriente y se ponga por el poniente constituía en ese entonces un indicio seguro de que el sol giraba en torno a la tierra, hecho ampliamente refutado en este momento. Esto da mayor relevancia al concepto de lo verosímil en la argumentación.

Entre los entimemas están las máximas (fragmento de silogismo cuyo resto es virtual), los entimemas aparentes (silogismo fundado en un juego de palabras), el sorites (acumulación de premisas), etc. "Conviene que el mortal abrigue mortales y no inmortales esperanzas", constituye un hermoso ejemplo de máxima 3.

El entimema constituye el gran argumento sobre el cual descansa el arte de la retórica. Permite al orador persuadir a partir de lo que el propio público piensa, deriva sus conclusiones desde las premisas compartidas por el sentido común. El orador no hace sino demostrar aquello que es aceptable a los oídos de su público. Además siempre tiene la alternativa de argumentar lo contrario sin faltar a la verdad.

### Acerca del emocionar

Esto constituye lo propiamente psicológico del arte de la retórica, pues aquí se pretende adaptar el discurso a las características de personalidad del oyente. Para conmover es necesario pensar el mensaje según la disposición, carácter y pasiones del receptor, con el fin de argüir las pruebas subjetivas y morales apropiadas para persuadir. Como dice Aristóteles, "hay que procurar que el orador esté en cierto estado de ánimo y disponga al que decide, porque es de gran importancia en orden a la persuasión que el orador se muestre con cierta disposición de ánimo y que los oyentes crean que se halla de algún modo dispuesto con respecto a ellos, y, además, que éstos se encuentren dispuestos de alguna manera"<sup>3</sup>. Asimismo, el estagirita divide las pruebas psicológicas en dos clases: el carácter moral del orador y las pasiones.

En el carácter moral se refiere a los atributos del orador que lo hacen digno de ser creído, "porque a las personas buenas les creemos más y con mayor rapidez, principalmente en aquello que no hay evidencia, sino una opinión dudosa"<sup>3</sup>. Debe descubrir lo que el público desea de él y complacerlo mostrando los rasgos morales apropiados para causar buena impresión. Aristóteles define tres características que otorgarán autoridad moral y credibilidad al orador: la prudencia o cualidad de deliberar juiciosamente entre el bien y el mal; la virtud o cualidad de expresarse abierta y directamente sin temor a las consecuencias; y la benevolencia o cualidad de complacer al auditorio.

Las pasiones se refieren a los sentimientos de aquel que escucha. Según Aristóteles, "se persuade por medio de la disposición de los oyentes, cuando fueren conmovidos por el discurso; porque no juzgamos de igual manera cuando estamos tristes que cuando estamos alegres, o cuando amamos que cuando odiamos..., pues son las pasiones la causa de que los hombres difieran en su juicio, porque ellas los transforman diversamente". Aristóteles estudia cada pasión según el estado de ánimo propio de cada una de ellas, hacia quién va dirigida y cuál es su motivo. Analiza cada pasión según lo que se cree que son, de manera que el orador pueda argu-

mentar de acuerdo a esa creencia. La pasión es descrita exteriormente, tal como se presenta, tal como el público las imagina y las describe. La opinión del público acerca de las pasiones constituye el dato esencial que el orador debe manejar para exaltar en ellos algún sentimiento.

Dejemos, por ejemplo, que Aristóteles nos describa la gratitud: "... entendamos por favor aquello por lo cual se dice que aquel que tiene a su disposición los medios, presta ayuda al que la necesita, no a cambio de otra cosa, ni para que el mismo benefactor consiga algún provecho, sino para que lo obtenga el beneficiado. El favor será grande si fuera otorgado al que está muy necesitado, o si se tratare de cosas importantes y difíciles, o si fuera hecho en ocasiones especiales, o bien, el bienhechor fuere el único, o el primero o el principal. Son necesidades los deseos, y entre ellos, sobre todo los que van acompañados de pena cuando no son satisfechos; tales los deseos pasionales, por ejemplo, el amor. Igualmente, los que se experimentan en los sufrimientos del cuerpo y en los peligros, pues desea tanto el que se halla en peligro como el que sufre. Por eso, los que ayudan a los que se encuentran en la pobreza, aunque presten un pequeño favor, son objeto de agradecimiento, a causa de la magnitud de la necesidad y de las circunstancias... Ahora bien, al argumentar las premisas se han de preparar sobre esta base, demostrando que los unos se encuentran o encontraron en tal necesidad o aflicción, y que los otros prestaron o prestan ayuda en esa necesidad. Es evidente también por donde es posible suprimir el favor y representar a los demás como personas que no inspiran reconocimiento, ya sea porque favorecen o favorecieron por propio interés (lo cual no era favor), o bien porque ello ocurrió por casualidad, o porque se vieron obligados, o porque devolvieron y no dieron..." 3.

Aristóteles define también los caracteres según la edad de la persona (juventud, edad madura y vejez) y según las vicisitudes de la suerte (nobleza, riqueza y poder). Estos constituyen otro aspecto importante a tener en cuenta por parte del orador con el fin de adaptar su discurso a las características del auditorio. De la edad madura, por ejemplo, Aristóteles dice: "los que se encuentran en la madurez poseerán, evidentemente, un carácter intermedio entre los dos anteriores (juventud y vejez), suprimiendo el exceso de cada uno de ellos. En efecto, ni confian exageradamente (pues esto es propio de la audacia), ni temen en demasía, sino que se hallan bien dispuestos respecto de ambos extremos; ni creen a todos ni desconfían de todos, sino que juzgan más bien de acuerdo con la realidad. Tampoco viven exclusivamente de acuerdo con lo honesto ni de acuerdo con lo útil, sino de acuerdo con ambas

cosas; ni para el ahorro ni para la prodigalidad, sino según la medida conveniente. Lo mismo ocurre con la ira y los deseos pasionales. Son moderados con valentía y valientes con moderación"<sup>3</sup>. Y de la riqueza dice: "los ricos son insolentes y orgullosos y experimentan en parte los efectos de la posesión de la riqueza, pues se encuentran en el mismo estado de ánimo que si poseyeran todos los bienes juntos. Porque la riqueza es como una medida de valor de las demás cosas, por lo cual parece que todo puede evaluarse por ella"<sup>3</sup>.

### Disposición

Una vez que se han descubierto los argumentos lógicos y psicológicos apropiados para persuadir en cada caso particular es necesario determinar el lugar y orden que éstos ocuparán en el discurso, esto es, dónde decirlos. El orden en que se ubicarán las pruebas constituye el aspecto formal del discurso. Sus grandes partes ya fueron enunciadas por Corax y su distribución no varió mayormente en la obra de Aristóteles, el cual enuncia cuatro secciones: exordio, narración, demostración y epílogo. El exordio y el epílogo constituyen básicamente un llamado a los sentimientos y su función es conmover. La narración y la demostración son un llamado a la razón y su función es convencer.

El exordio es realmente una introducción en la cual el orador enuncia el plan del discurso que va a seguir. Paralelamente, intenta seducir al auditorio y hacerlo su cómplice, despertar su curiosidad y obligarlo a estar atento, volverlo receptivo e inclinarlo a su favor. Acerca de esto Aristóteles dice, "al oyente hay que hacerlo benévolo o irritarlo, mantenerlo atento o distraerlo..., los oyentes prestan atención a los asuntos de importancia, a los personales, a los que son dignos de admiración y a los agradables; por consiguiente, es necesario hacer ver que el discurso versa sobre asuntos de esta naturaleza"3.

En la narración el orador relata los hechos, expone lo sucedido. Debe ser verosímil, claro y breve, y preparar el terreno para la argumentación.

En la demostración se comienza por definir la causa a ser discutida y luego se exponen los argumentos en relación a esta causa. Este es el lugar donde se desarrolla lo dicho en cuanto al convencer, el lugar donde se despliegan las pruebas objetivas o lógicas. Sin embargo, no hay que descuidar lo referente al emocionar "cuando se excitan las pasiones, no hay que decir enti-

te en los supuestos te. supuestos se halla personales que im-

# Capítulo 3

# Teoría de la Información

partir de la acelerada difusión y especialización que experimentan los medios de comunicación en el procesamiento y transmisión de información durante la primera mitad de nuestro siglo, se desarrolla el primer modelo científico del proceso de comunicación conocido como la Teoría de la Información o Teoría Matemática de la Comunicación. Específicamente, se desarrolla en el área de la telegrafía donde surge la necesidad de determinar, con la máxima precisión, la capacidad de los diferentes sistemas de comunicación para transmitir información.

La primera formulación de las leyes matemáticas que gobiernan dicho sistema fue realizada por Hartley (1928) y sus ideas son consideradas actualmente como la génesis de la Teoría de la Información. Posteriormente, Shannon y Weaver (1949) desarrollaron los principios definitivos de esta teoría. Su trabajo se centró en algunos de los siguientes problemas que surgen en los sistemas destinados a manipular información: cómo hallar los mejores métodos para utilizar los diversos sistemas de comunicación; cómo establecer el mejor método para separar las señales del ruido; y cómo determinar los límites posibles de un canal 1.

El concepto de comunicación en el contexto de la Teoría de la Información es empleado en un sentido muy amplio en el que "quedan incluidos todos los procedimientos mediante los cuales una mente puede influir en otra"<sup>2</sup>. De esta manera, se consideran

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Shannon C. E., Information Theory. Encyclopaedia Britannica. U.S.A.,

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Weaver W., La Teoría Matemática de la Comunicación, en: A. G. Smith (Comp.) Comunicación y Cultura. Nueva Visión, Bs. As., 1972.

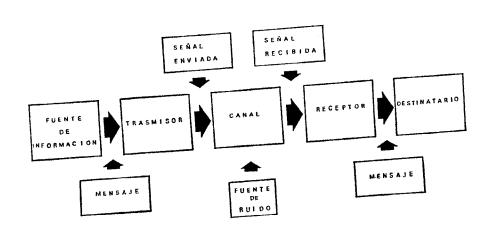
todas las formas que el hombre utiliza para transmitir sus ideas: la palabra hablada, escrita o transmitida (teléfono, radio, telégrafo, etc.), los gestos, la música, las imágenes, los movimientos etc.

En el proceso de comunicación es posible distinguir por lo menos tres niveles de análisis diferentes: el técnico, el semántico y el pragmático. En el nivel técnico se analizan aquellos problemas que surgen en torno a la fidelidad con que la información puede ser transmitida desde el emisor hasta el receptor. En el semántico se estudia todo aquello que se refiera al significado del mensaje y su interpretación. Por último, en el nivel pragmático se analizan los efectos conductuales de la comunicación, la influencia o efectividad del mensaje en tanto da lugar a una confluencia o efectividad del mensaje en tanto da lugar a una confluencia como una respuesta a los problemas técnicos del proceso de comunicación, aun cuando sus principios puedan aplicarse en otros contextos<sup>2</sup>.

# Modelo de comunicación

El modelo comunicacional desarrollado por Shannon y Weaver se basa en un sistema de comunicación general que puede ser representado de la siguiente manera:

# SISTEMA GENERAL DE COMUNICACION



FUENTE DE INFORMACION: selecciona el mensaje deseado de un conjunto de mensajes posibles.

TRANSMISOR: transforma o codifica esta información en una forma apropiada al canal.

SEÑAL: mensaje codificado por el transmisor.

1:

0

CANAL: medio a través del cual las señales son transmitidas al punto de recepción.

FUENTE DE RUIDO: conjunto de distorsiones o adiciones no deseadas por la fuente de información que afectan a la señal. Pueden consistir en distorsiones del sonido (radio, teléfono), distorsiones de la imagen (T.V.), errores de transmisión (telégrafo), etc.

RECEPTOR: decodifica o vuelve a transformar la señal transmitida en el mensaje original o en una aproximación de éste haciendolo llegar a su destino.

Este sistema de comunicación es lo suficientemente amplio como para incluir los diferentes contextos en que se da la comunicación (conversación, T.V., danza, etc.). Tomemos como ejemplo lo que ocurre en el caso de la radio. La fuente de información corresponde a la persona que habla por el micrófono. El mensaje son las palabras y sonidos que esta persona emite. El micrófono y el resto del equipo electrónico constituyen el transmisor que transforma este mensaje en ondas electromagnéticas, las cuales corresponden a la señal. El espacio que existe entre las antenas transmisoras y receptoras es el canal, mientras que lo que altera la señal original constituye la fuente de ruido. El aparato de radio de cada hogar es el receptor y el sonido que éste emite corresponde al mensaje recobrado. Las personas que escuchan este mensaje radial son los destinatarios 1.

También podemos ejemplificar esto mediante este artículo que usted está leyendo en este momento. En este caso, nuestros cerebros son la fuente de información y nuestros pensamientos, el mensaje. La máquina de escribir constituye el transmisor que transforma nuestros pensamientos en lenguaje escrito, el cual corresponde a la señal. El papel es el canal y cualquier error de tipeo o puntuación, manchas, espacios en blanco, etc., constituyen la fuente de ruido. Por último, usted que está leyendo este ejemplo es a la vez el receptor y destinatario, que a través de la lectura recobra el mensaje por nosotros enviado.

Es importante considerar que el problema del significado del mensaje no es relevante en este contexto. El interés principal de la Teoría de la Información lo constituye todo aquello relacionado con la capacidad y fidelidad para transmitir información de los diferentes sistemas de comunicación. En el ejemplo anterior, el mensaje podría haber consistido en una secuencia de letras carentes de todo significado e igualmente el problema de cuánta información es transmitida estaría presente. En un sentido amplio, la Teoría de la Información trata acerca de la cantidad de información que es transmitida por la fuente al receptor al enviar un determinado mensaje, sin considerar el significado o propósito de dicho mensaje. No interesa tanto la pregunta: "¿Qué tipo de información?", sino más bien, "¿Cuánta información?" es la que transmite la fuente 2.

# Información

Antes de analizar lo que se refiere a la capacidad y fidelidad de un canal determinado para transmitir información, es necesario que precisemos los alcances de este último concepto. El concepto de información es definido en términos estrictamente estadísticos, bajo el supuesto que puede ser tratado de manera semejante a como son tratadas las cantidades físicas como la masa y la energia. La palabra "información" no está relacionada con lo que decimos, sino más bien, con lo que podríamos decir. El concepto de información se relaciona con la libertad de elección que tenemos para seleccionar un mensaje determinado de un conjunto de posibles mensajes. Si nos encontramos en una situación en la que tenemos que elegir entre dos únicos mensajes posibles, se dice, de un modo arbitrario, que la información correspondiente a esta situación es la unidad. La Teoría de la Información, entonces, conceptualiza el término información como el grado de libertad de una fuente para elegir un mensaje de un conjunto de posibles mensajes 2.

El concepto de información supone la existencia de duda o incertidumbre. La incertidumbre implica que existen diferentes alternativas que deberán ser elegidas, seleccionadas o discriminadas. Las alternativas se refieren a cualquier conjunto de signos construidos para comunicarse, sean estos letras, palabras, números, ondas, etc. En este contexto, las señales contienen información en virtud de su potencial para hacer elecciones. Estas señales operan sobre las alternativas que conforman la incertidumbre del receptor y proporcionan el poder para seleccionar o discriminar entre algunas de estas alternativas<sup>3</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Cherry C., On Human Communication. MIT Press, U.S.A., 1966.

los , el enforla nadede n-

le

O

n

Se asume que en los dos extremos del canal de comunicación —fuente y receptor— se maneja el mismo código o conjunto de signos. La función de la fuente de información será seleccionar sucesivamente aquellas señales que constituyen el mensaje y luego transmitirlas al receptor mediante un determinado canal.

Existen diversos tipos de situaciones de elección. Las más sencillas son aquellas en que la fuente escoge entre un número de mensajes concretos. Por ejemplo, elegir una entre varias postales para enviarle a un amigo. Otras situaciones más complejas son aquellas en que la fuente realiza una serie de elecciones sucesivas de un conjunto de símbolos elementales tales como letras o palabras. En este caso, el mensaje estará constituido por la sucesión de símbolos elegidos. El ejemplo más típico aquí es el del lenguaje.

Al medir cuánta información proporciona la fuente al receptor al enviar un mensaje, se parte del supuesto que cada elección está asociada a cierta probabilidad, siendo algunos mensajes más probables que otros. Uno de los objetivos de esta teoría es determinar la cantidad de información que proporciona un mensaje, la cual puede ser calculada a partir de su probabilidad de ser enviada.

El tipo de elección más simple es el que existe entre dos posibilidades, en que cada una tiene una probabilidad de 1/2 (0,5). Por ejemplo, al tirar una moneda al aire ambas posibilidades —cara y sello— tienen la misma probabilidad de salir. El caso del lenguaje e idioma es diferente. En éstos la elección de los símbolos que formarán el mensaje dependerá de las elecciones anteriores. Por ejemplo, si en el idioma español el último símbolo elegido es "un", la probabilidad que la siguiente palabra sea un verbo es bastante menor que la probabilidad que sea un sustantivo o un adjetivo. Asimismo, la probabilidad que a continuación de las siguientes tres palabras "el esquema siguiente" aparezca el verbo "representa" es bastante mayor que la probabilidad que aparezca "pera". Incluso se ha comprobado que, en el caso del lenguaje, es posible seleccionar aleatoriamente letras que luego son ordenadas según sus probabilidades de ocurrencia y éstas tienden a originar palabras dotadas de sentido.

### Principios de la medición de información

De acuerdo a estas consideraciones probabilisticas es posible establecer un primer principio de la medición de información. Este establece que mientras más probable sea un mensaje menos información proporcionará. Esto puede expresarse de la siguiente manera 4:

$$I(x_i) \quad > \quad I(x_k) \ \ \text{si y solo si} \ \ p(x_i) \quad < \quad p(x_k)$$

Donde  $I(x_i)$ : cantidad de información proporcionada por  $x_i$ 

 $p(x_i)$ : probabilidad de  $x_i$ 

De acuerdo a este principio, es la probabilidad que tiene un mensaje de ser enviado y no su contenido, lo que determina su valor informativo. El contenido sólo es importante en la medida que afecta la probabilidad. La cantidad de información que proporciona un mensaje varia de un contexto a otro, porque la probabilidad de enviar un mensaje varía de un contexto a otro.

Un segundo principio que guarda relación con las elecciones sucesivas establece que si son seleccionados los mensajes X e Y, la cantidad de información proporcionada por ambos mensajes será igual a la cantidad de información proporcionada por X más la cantidad de información proporcionada por Y, dado que X ya ha sido seleccionada. Esto puede ser expresado así 4:

$$I (x_i e y_j) = f p(x_i) + f p(y_j/x_i)$$

donde I  $(x_i \ e \ y_i)$ : cantidad de información proporcionada

por los mensajes x<sub>i</sub> e y<sub>i</sub>

f : función

 $p(x_i)$ : probabilidad de  $x_i$ 

 $\mathbf{p}(y_j/x_i)$  : probabilidad de  $y_j$  dado que  $x_i$  ha sido

seleccionado.

# Unidad de información

Una vez que hemos seleccionado el mensaje expresado en un lenguaje determinado es posible transcribirlo a un código de tipo binario. Este consta de sólo dos tipos de señales que indican Sí o No, y que generalmente se codifican como 1 o 0. La cantidad de información proporcionada por cada elección entre dos alternativas posibles constituye la unidad básica de información, y se denomina digito binario, o abreviadamente bit 1.

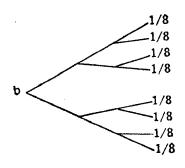
<sup>4</sup> Coombs C. H., Dawes R. H. y Tversky A., Introducción a la Psicología Matemática. Alianza, Madrid, 1981.

La elección existente al tener un bit de información puede ser esquematizada de la siguiente manera:



En la elección (b) tanto la línea superior como la inferior, es decir ambas posibilidades, pueden ser elegidas con la misma probabilidad de 1/2.

Si existen N posibilidades, todas igualmente probables, la cantidad de información será igual a  $\text{Log}_2\text{N}$ . Es, entonces, el  $\text{Log}_2\text{N}$  la función matemática que nos indicará la cantidad de bits de información de una situación determinada. Esto puede esquematizarse de la siguiente manera:



1er. 2<sup>9</sup> 3<sup>9</sup> bit bit

La figura nos muestra una situación con 8 posibilidades, cada una con una misma probabilidad de 1/8. Para poder determinar una posibilidad específica de estas 8, la elección requiere como mínimo 3 etapas, cada una de las cuales arroja un bit de información. El primer bit corresponde a la elección entre las primeras cuatro o segundas cuatro posibilidades. El segundo bit corresponde al primer o segundo par de las 4 posibilidades ya elegidas. El último bit determina el primer o segundo miembro del par y específica la posibilidad elegida. Como vemos, el número de bits que se requieren en esta situación para determinar una posibilidad específica es de 3, lo que corresponde al Log<sub>2</sub>8<sup>1</sup>.

Veamos ahora algunos ejemplos de lo recién expuesto 3:

Signo	Elecciones		
^	1	1	1
A	1	1	0
В	1	n	1
$\mathbf{C}$	1	0	0
D	ľ	1	1
E	0	1	•
_ F	0	1	0
•	n	0	1
G	ŭ	O	0
H	0	v	

Esta figura nos muestra un alfabeto compuesto por sólo 8 signos. Pensemos que una fuente de información selecciona un signo y de alguna manera se lo señala al receptor. La pregunta sería entonces, ¿cuánta información deberá conocer el receptor para identificar correctamente el signo escogido?

Asumamos que a partir de elecciones anteriores sabemos que cada uno de los 8 signos tiene la misma probabilidad de ser seleccionado. La incertidumbre, entonces, se ha repartido uniformemente sobre nuestro "alfabeto", o lo que es lo mismo, las probabilidades *a priori* de los signos son iguales; en este caso 1/8.

Las señales que llegan al receptor representan instrucciones para seleccionar alternativas. La primera instrucción responde a la pregunta ¿está en la primera mitad del alfabeto, si o no? (en la figura, si = 1 y no = 0). La respuesta nos proporciona un bit de información y reduce el rango de incertidumbre exactamente a la mitad. Luego, una segunda instrucción divide cada mitad nuevamente en la mitad y, una tercera instrucción, otra vez en la mitad. En este caso, bastan tres simples instrucciones Si - No (1-0) para identificar un signo cualquiera de un total de ocho. La letra F, por ejemplo, podría ser identificada de la siguiente manera: 010. La respuesta a nuestra pregunta es entonces, ¡el receptor deberá obtener tres bits de información para identificar correctamente el signo escogido!

El típico juego de las "Veinte Preguntas" ilustra también algunas de las ideas mencionadas. Este juego consiste en que una persona piensa en un objeto mientras el resto de los jugadores intenta adivinar de qué objeto se trata, haciendo no más de veinte preguntas que sólo pueden ser respondidas Si o No. De acuerdo a la Teoría de la Información, cada pregunta y su respuesta pueden proporcionar desde ninguna información hasta un bit de informa-

ción ( $Log_22$ ), dependiendo de si las probabilidades de obtener resultados Si o No son muy desiguales o casi iguales, respectivamente. Para obtener la mayor cantidad de información posible los jugadores deberán hacer preguntas que dividan el conjunto de posibles objetos en dos grupos igualmente probables. Por ejemplo, si mediante preguntas previas se ha establecido que se trata de una ciudad de Chile, una buena pregunta sería "¿Está al sur del río Maipo?". Así se dividen las ciudades posibles en dos grupos aproximadamente iguales. La segunda pregunta podría ser "¿Está al sur del río Bío-Bío?". Y así sucesivamente hasta determinar de qué ciudad se trata. Si fuera posible hacer preguntas que tuvieran la propiedad de subdividir las posibilidades existentes en dos grupos relativamente iguales, sería posible identificar mediante veinte preguntas un objeto entre aproximadamente un millón de posibilidades. Esta cifra corresponde a los 20 bits que se requieren para identificarla (Log<sub>2</sub> 1.000.000) <sup>1</sup>.

# Redundancia

8

ın

No obstante lo anterior, la mayoría de las fuentes de información producen mensajes que no consisten en una única elección entre posibilidades de igual probabilidad, sino en elecciones sucesivas entre posibilidades de probabilidad variable y dependiente. A este tipo de secuencias se les denomina procesos estocásticos. Como ya lo mencionamos, el caso más típico son las letras y palabras que conforman el lenguaje. El escribir en español constituye un proceso de elecciones dependientes. Por ejemplo, al formar una palabra se elige una primera letra de todas las posibles primeras letras con diferentes probabilidades; luego, se elige la segunda letra cuya probabilidad depende de la primera letra seleccionada, y así sucesivamente hasta formar la palabra deseada. Lo mismo ocurre en el caso de las palabras para formar oraciones.

Lo importante aquí es señalar el hecho de que, en la medida que se avanza en la formación de una palabra u oración, el rango de posibles letras o palabras a ser seleccionadas va disminuyendo y la probabilidad de que ciertas letras o palabras específicas sean seleccionadas va aumentando. Dicho de otra forma, tanto la incertidumbre como la información de las últimas letras de una palabra o de las últimas palabras de una oración es menor comparada con las primeras.

La mayoría de los mensajes se constituyen a partir de un número limitado de posibilidades, por ejemplo, sólo 29 letras en el caso de nuestro idioma. Como vimos, la probabilidad de ocurrencia de una de estas posibilidades dentro de un mensaje depende de las posibilidades seleccionadas previamente; por ejemplo, la probabilidad de que ocurra la letra "q" luego de una "p" es 0. Son estos dos hechos los que en conjunto determinan que todo mensaje contenga cierto grado de redundancia. En otras palabras, la redundancia se refiere a que las posibilidades dentro de un mensaje se repiten, y se repiten de una cierta manera predecible. Mientras mayor sea, entonces, la redundancia de un mensaje, menor será su incertidumbre y menor la información que contenga.

El inglés escrito es un tipo de fuente de información que ha sido ampliamente estudiado. Se ha llegado a determinar que la redundancia de la lengua inglesa está muy próxima al 50%. Es decir, al escribir inglés aproximadamente la mitad de las letras y palabras que se emplean dependen de la libre elección de quien escribe, mientras que la otra mitad está determinada por la estructura probabilística del idioma 1.

La redundancia de los idiomas permite que si se pierde una fracción de un mensaje sea posible completarlo en forma muy aproximada al original. Este hecho se puede observar al eliminar varias letras de una oración sin que ello impida al lector completar las omisiones y rehacer la oración. Por ejemplo, en la siguiente frase han sido omitidas las vocales:

# CMPLT ST FRS

Otra función importante de la redundancia es que nos permite ahorrar tiempo en la decodificación de los mensajes. Generalmente, no leemos cada una de las letras y palabras que conforman un texto, sino que vamos adivinando lo que viene. En el caso del telégrafo, por ejemplo, podríamos ahorrar tiempo ideando un código poco redundante y transmitiendo el mensaje a través de un canal sin ruido. Sin embargo, cuando el canal utilizado tiene ruido es conveniente no emplear un proceso de codificación que elimine toda la redundancia, pues la redundancia nos ayuda a combatir el ruido. Si se pierde parte del mensaje por el ruido que afecta al canal, la redundancia nos permite rehacer en forma aproximada el mensaje. Por el contrario, la fracción de un mensaje no redundante que se pierde por el ruido es imposible de ser recuperada. La redundancia de los mensajes nos permite, entonces, corregir con facilidad los errores u omisiones que hayan podido ocurrir durante la transmisión 2.

de ocuaje deejemna "p"
an que
as patro de
predemenn que

ue ha ue la %. Es tras y quien truc-

una muy inar ipleente

pereneonn el
ndo
vés
ene
ue
a
ue
nser
ndo

# Capacidad del canal

Ahora que ya hemos precisado el concepto de información y los conceptos relacionados con él (incertidumbre, bit, redundancia) podemos volver a plantearnos el problema inicial de definir la capacidad de un canal determinado para transmitir información. Dado un canal con una capacidad de C unidades por segundo que recibe señales de una fuente de información de H unidades por segundo, la pregunta es ¿cuánto es el máximo número de bits por segundo que puede ser transmitido a través de este canal? Por ejemplo, un teletipo consta de 32 símbolos posibles que supondremos son empleados con igual frecuencia. Cada símbolo representa entonces 5 bits (Log<sub>2</sub>32) de información. De esta forma, si en ausencia total de ruido podemos enviar N símbolos por segundo a través de este canal, entonces podremos enviar 5N bits de información por segundo a través de dicho canal <sup>1</sup>.

Son estas dos cantidades, la tasa de transmisión H por la fuente de información y la capacidad C del canal, las que determinan la efectividad del sistema para transmitir información. Si H > C será ciertamente imposible transmitir toda la información de la fuente, no habrá suficiente espacio disponible. Si H  $\leq$  C será posible transmitir la información con eficiencia. La información, entonces, puede ser transmitida por el canal solamente si H no es mayor que C.

El teorema fundamental para un canal sin ruido que transmite símbolos discretos afirma que si se emplea un procedimiento adecuado de codificación para el transmisor es posible conseguir que el ritmo medio de transmisión de símbolos por el canal sea muy próximo a C/H. Por muy perfecto que sea el procedimiento de codificación, dicho ritmo nunca podrá ser mayor de C/H<sup>2</sup>.

Sin embargo, el problema de calcular la capacidad del canal se complica por la presencia de ruido. La presencia de ruido durante la transmisión provocará que el mensaje recibido contenga ciertos errores que contribuirán a aumentar la incertidumbre. Recordemos que la información es una medida del grado de libertad de elección que poseemos al momento de seleccionar un mensaje. Cuanto mayor sea la libertad de elección, mayor será la falta de seguridad en el hecho de que el mensaje enviado sea uno determinado. La incertidumbre será mayor y mayor la cantidad de información posible. De esta forma, si el ruido aumenta la incertidumbre, aumentará la información. Esto perecería indicar que el ruido es beneficioso, puesto que cuando hay ruido, la señal re-

cibida es seleccionada a partir de un mayor conjunto de señales que las deseadas por el emisor. Sin embargo, la incertidumbre originada por la libertad de elección del emisor es una incertidumbre deseable; la incertidumbre debida a errores por la influencia del ruido es una incertidumbre no deseable.

Para extraer la información útil de la señal recibida es necesario suprimir la ambigüedad introducida por el ruido. Para ello se recurre a un factor de corrección matemático que no entraremos a analizar. El teorema para la capacidad de un canal con ruido se define como el ritmo máximo a que la información útil (incertidumbre total menos la incertidumbre debida al ruido) puede ser transmitida a través del canal<sup>2</sup>.

LECTURA SUGERIDA CHERRY C., On Human Communication. MIT Press, U.S.A., 1966.