

Prospectiva

1. Método Delphi
2. Método de analogía
3. Extrapolación
4. Aplicar una asociación estadística
5. Aplicar un modelo causal
6. Determinar el límite
7. Evaluar y describir la incertidumbre

Visiones del futuro

Cuando miramos hacia el futuro, podemos elegir nuestro punto de vista de entre dos alternativas, del mismo modo que al estudiar al momento presente. La vista en el futuro puede así ser o *descriptivo* o *normativo*. La diferencia está que en el caso anterior aceptamos el futuro como viene y en el último caso deseamos lo cambiar.

La vista **descriptiva** al futuro apunta generalmente a descubrir el futuro *más probable*. Esta vista es normal cuando usted no puede afectar el futuro. Usted apenas desea saberlo de modo que usted pueda prepararse al inevitable, como al tiempo que hará mañana. Este acercamiento tradicionalmente se ha llamado *pronóstico*, o predicción. Intenta contestar a la pregunta: ¿Qué ocurre al objeto **A** en el tiempo **B** si la evolución se deja continuar sin interferir?

Otro variante menos común del acercamiento descriptivo es la *utopía*, una narrativa detallada de un futuro *posible* o hipotético que no necesita ser el más probable. Los escritores de utopías, comenzando de Platón y de Thomas More, dejan generalmente la cuestión de la probabilidad a la discreción de su público. Una utopía se puede también escribir como advertencia, un ejemplo ofendedor para ser evitado, en el estilo de la novela de pesadilla *1984* por George Orwell.

Las novelas de Jules Verne han demostrado que la ficción puede emitir ideas constructivas a los diseñadores de productos nuevos. Algunas compañías grandes han descubierto recientemente que no necesitan depender de los escritores de ciencia ficción en la creación de utopías. Ellos mismos han comenzado proyectos de [diseño de concepto](#) que no apuntan a crear productos verdaderos pero apenas generen las ideas para productos originales imaginables en el futuro, que se utilizarán en el planeamiento estratégico, para la educación interna de personal y para la publicidad. Estas visiones incluyen a menudo utopías de maneras futuras potenciales de vivir, donde productos de la compañía completamente novedosos pueden encontrar un mercado a su debido tiempo.

Una característica curiosa de pronóstico descriptivo es su tendencia de *autorrealización*, es decir una predicción que sabe toda la gente a menudo se realiza. Se parece que cuando la gente cree en un pronóstico, algunos de estas personas también quieren adaptarse a este futuro aparentemente inevitable, por ejemplo dando su voto al ganador predicho de una elección. Escrituras santas antiguas predijeron que los judíos se migran un día en la tierra prometida, y finalmente esto se ocurrió. Un tercer ejemplo es la moda predicha en revistas de modas - mucha gente desea llevar la moda más nueva, ellos compran lo que es recomendado por las revistas, y así la moda predicha se convierte en realidad.

El acercamiento **normativo** al futuro significa que usted piensa que usted puede afectar el desarrollo. Usted quizás sabe cuál clase de futuro usted desea, pero usted

no está seguro del mejor método de obtenerlo. Un estudio normativo del futuro intenta contestar a preguntas tales como:

1. ¿Qué sigue si el objeto **A** se somete a la manipulación **B**?
2. ¿Qué manipulaciones son necesarias para obtener el estado de las cosas **A** hasta el tiempo **B**?

Un proyecto normativo a menudo comienza con un estudio descriptivo del problema y entonces continua con el planeamiento de las mejoras y finalmente con la acción práctica para hacerlas verdades. De esta manera puede conseguir una fundación segura para el planeamiento, y perspectivas mejores del éxito en la realización. Un ejemplo de este acercamiento es el sistema moderno de pronosticar y manejar las tendencias de la moda. El procedimiento consiste en dos fases. La inicial fase *descriptiva* contiene estudiar estilos de vida de la gente, periódicos y revistas de moda, y predecir las preferencias de los clientes sobre los estilos y colores de la ropa, los coches etc. durante dos años próximos. Esta fase concluye con una conferencia con industrias mayores en el campo, donde las blancos para el desarrollo de la moda se fijan. El segundo *normativo* paso es una campaña vigorosa descriptiva para persuadir las revistas de modas y finalmente los clientes a creer que este estilo nuevo *está* de moda verdaderamente.

La vista normativa implica necesariamente *evaluaciones*, y llega a ser necesario definir a la gente cuyo punto de vista será utilizado en la evaluación, véase [¿Cuyo punto de vista se usa?](#) o [Puntos relevantes de la visión](#). Generalmente sólo el estado final del desarrollo predicho o planeado se evalúa, en otras palabras los procedimientos internos del pronóstico normativo incluyen raramente evaluaciones subjetivas. Estas fases del pronóstico normativo se asemejan así al acercamiento descriptivo, y los mismos métodos se pueden utilizar en ambos tipos de pronóstico.

Varios **métodos** alternativos se utilizan en el pronóstico, dependiendo de la naturaleza de la información que está disponible para sostener el pronóstico.

Generalmente tres tipos de información se necesitan simultáneamente como una base de un pronóstico: datos recientes que describen el estado actual del fenómeno, y algún conocimiento sobre el patrón normal del desarrollo del fenómeno a largo plazo. La última información se puede presentar de varias maneras alternativas, típicamente como sigue:

- Un [modelo](#) general del desarrollo normal o usual de esta clase de objetos o fenómenos. Especialmente útiles son los modelos que definen una [invariante dinámica](#) del fenómeno.
- Datos del desarrollo histórico del fenómeno en cuestión. El modo de presentar éstos depende del tipo de datos. Para datos numéricos, una [serie temporal](#) es el método normal; para las formas de productos, una serie cronológica de retratos (véase un [ejemplo](#)). Además, las presentaciones escritas y verbales son siempre posibles.

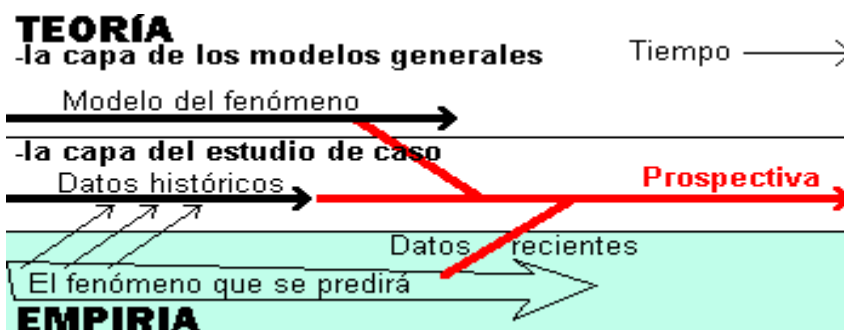
¿Qué fuente es mejor, un modelo o los datos? Los datos empíricos vienen del mismo fenómeno que se predecirá, y no de otros casos estudiados más temprano, y su validez es así mejor. En vez de eso, los casos de que un modelo se ha obtenido, pueden venir de otro contexto diferente del fenómeno que será predicho. Por otra parte, un modelo se basa generalmente en datos desde muchos casos y tiene una mayor probabilidad de quedar válido en el futuro también.

En el caso que *tanto* un modelo *como* una serie temporal están disponibles, usted tiene la posibilidad de hacer dos pronósticos concurrentes con métodos diferentes. Compararlos hace una prueba excelente de sus confiabilidades.

De todas formas, cuando se usa un modelo causal como base de una predicción, debemos tener en mente que el modelo normalmente ha sido producido estudiando cierta **población**, lo que significa que el modelo es válido sólo en ese contexto. No debemos generalizar demasiado y creer que el modelo será también válido en el entorno futuro que estamos pronosticando. Cuando generalizar, se debe considerar lo siguiente:

- ¿Qué aspectos del entorno futuro van probablemente o posiblemente a diferir del contexto del objeto original de estudio? Véase también [Evaluar los resultados de un estudio de bibliografía](#).
- ¿Estas diferencias pueden influir nuestros resultados?

Tanto modelos teóricos como series temporales empíricas que serán utilizados en pronóstico tienen que ser producidos por una investigación anterior sobre el fenómeno o sobre otros fenómenos similares, pero esta investigación no necesita ser hecha por el mismo científico que hace el pronóstico. Especialmente las teorías generales de fenómenos a menudo han sido descubiertas y publicadas ya mucho anterior por otros investigadores. Un estudio de la literatura pertenece así a las tareas iniciales normales en un proyecto del pronóstico.



La estructura lógica del pronóstico (las líneas rojas en el diagrama a la derecha) consiste esencialmente en el reunir, integrar y manipular información disponible sobre el fenómeno. Como el diagrama demuestra, esta información tiene que ser obtenida de fuentes algo diversas: de empiria, de un nivel conceptual de los estudios de caso, y del nivel conceptual más sofisticado de modelos generales. La naturaleza de la información y su modo de presentación son diferentes en cada nivel, y ello también prescribe en gran parte los métodos disponibles para el pronóstico, como puede ser visto en la tabla abajo.

Conocimiento disponible para pronosticar	Método de pronóstico
Conocimiento-habilidad (se puede también usar conocimiento tácito)	Método Delphi
Modelo basado en otros sistemas comparables • Un modelo cualitativo, verbal, analógico o simbólico • Un modelo cuantitativo o aritmético	Método de la analogía

Una tendencia: el desarrollo reciente en el sistema que ha de predecirse, como definido por una serie de observaciones: • Observaciones cualitativas (descripciones verbales) • Presentaciones ilustradas (pictóricas) de los resultados (por ejemplo, las historias descriptivas de productos u otras presentaciones icónicas) • Datos cuantitativos (serie cronológica)	Extrapolación - a partir de las últimas observaciones o - a partir de todos los hallazgos - tal vez dentro de límites
Asociación estadística entre las variables que han de predecirse	Aplicar una asociación estadística
Una explicación causal para el fenómeno que ha de predecirse: • asociación cuantitativa, como la regresión, y su explicación causal • causalidad explicada en términos cualitativos, como una explicación de motivos, una explicación biográfica, o una explicación del desarrollo	Aplicación de un modelo causal

Todos los métodos que aparecen aquí arriba se tratarán más adelante. En algunos casos será quizás posible combinar algunos de los métodos para mejorar la credibilidad del pronóstico. En esta obra, a continuación, tras la presentación de estos métodos se tratan los medios de que disponemos para calcular y expresar la [incertidumbre](#) de los pronósticos.

Método Delphi

El método más primitivo de pronóstico es *adivinar*. El resultado puede ser calificado de aceptable si la persona que hace la adivinación es un experto en el asunto. Una cosa importante que hay que hacer notar es que la adivinación es el único método que puede hacer uso del [conocimiento tácito](#) que el especialista no ha sido capaz de expresar en palabras o cifras exactas. El mejor método para obtener tal pronóstico del experto es la [entrevista no estructurada](#). El método de la entrevista nos permite inquirir sobre las razones y explicaciones para el pronóstico presentado, que podría optar por criticar y así intentar llegar a un pronóstico mejorado. Cuando entrevistamos a un experto puede que también aprendamos algo que más tarde podamos usar si preferimos construir nuestros propios pronósticos con otros métodos.

Podemos en ocasiones conseguir nombres y direcciones de expertos que vivan lejos y a los que sería difícil entrevistar. Ejemplos de fuentes potenciales de expertos: [Poblaciones de evaluadores](#). Para consultar a tales expertos, podemos recurrir a un [cuestionario](#) en lugar de a la entrevista. Si deseamos preguntar a varias personas simultáneamente, podríamos considerar el uso del método Delphi.

En el método Delphi, el investigador dirige preguntas idénticas a un grupo de expertos, pidiéndoles que den sus suposiciones sobre el futuro desarrollo del tema específico. En el siguiente paso, el investigador hace un sumario de todas las respuestas que ha recibido, las envía a sus correspondientes y les pregunta si algún experto quiere revisar su respuesta original.

Puesto que es difícil hacer sumarios de algo distinto de respuestas cuantitativas, las preguntas que se usan en el procedimiento Delphi suelen ser cuantitativas, como

"¿Cuál será el precio del crudo en dentro de 20 años?" Sobre la base de este tipo de respuestas, el investigador será capaz de calcular por ejemplo las **medias** y los **rangos**. Una ventaja del método es que siempre se puede usar el **rango** como una medida de la fiabilidad del pronóstico. Por supuesto, nada impide que se usen preguntas cualitativas o de cualquier otro tipo si la naturaleza del objeto así lo exige.

Si los encuestados se prestan al esfuerzo suplementario, se les puede pedir que justifiquen su opinión, especialmente si difiere de la de la mayoría.

El procedimiento Delphi se repite normalmente hasta que los encuestados ya no tengan intención de ajustar sus respuestas.

El método Delphi no es muy fiable. Después, con los resultados de cuestionarios, suele que se había predicho el curso real de los acontecimientos notablemente mal. La mayoría de incluso eminentes especialistas puede equivocarse, y aquellas pocas personas que podrían haber hecho una predicción correcta, tal vez nunca se habrían seleccionado para el grupo Delphi de expertos. "Si hubieras predicho el colapso del muro de Berlín un año antes de que ocurriera, habrías mostrado que no eres un experto en política."

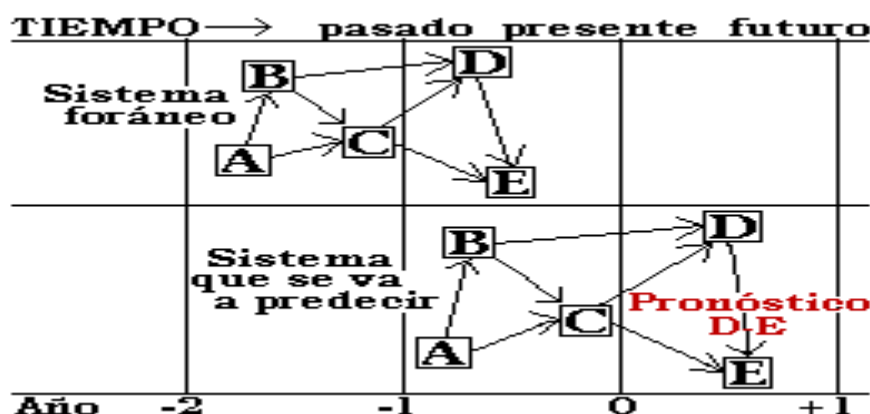
Método de la analogía

La mayoría de los métodos de pronóstico utilizan algún tipo de **modelo** que se supone reproduce las relaciones entre los diversos aspectos, atributos, y variables de los acontecimientos que se predicen.

El más simple método de adquirir tal modelo está disponible si podemos trovar un sistema *"foráneo"* que ha alcanzado un estadio relativamente posterior o más maduro en el desarrollo que el sistema *"doméstico"* sobre el que estamos pronosticando.

Será a menudo imposible encontrar un sistema extranjero que sería absolutamente idéntico al sistema doméstico. Habitualmente el sistema foráneo, o su entorno, tienen varios rasgos que difieren del que se va a predecir, lo que va en detrimento de la credibilidad de nuestra predicción. Así que tendremos probablemente que hacer cierto número de correcciones.

Una diferencia típica entre los sistemas se refiere a su tamaño (junto a la obvia diferencia de que el sistema *"foráneo"* ha sido medido en el pasado y el sistema *"doméstico"* ha de continuar en el futuro).



El proceso de pronosticar con analogía es:

1. Explora el desarrollo reciente del sistema doméstico.
2. Encuentra un sistema extranjero que ha experimentado el desarrollo similar. Consiga los datos de él.
3. Descubra el punto del tiempo t cuando el sistema extranjero estaba en un estado semejante que el sistema doméstico ahora está.
4. Compense para las diferencias entre los sistemas caseros y extranjeros, eliminando e.g. la diferencia del tamaño multiplicando los datos del sistema extranjero por la proporción de los tamaños.
5. Los datos del sistema extranjero, a partir del tiempo t hasta presente, se pueden ahora tomar como pronóstico para el sistema doméstico, comenzando del presente.

Casos típicos del método de la analogía son las predicciones de economías nacionales. El sistema *foráneo* se toma de los EE.UU. o cualquier otro país "desarrollado", y este modelo se aplica entonces para predecir la economía nacional de un país "menos desarrollado". Las variables típicas pronosticadas de este modo están vinculadas a la producción industrial, el Producto Nacional Bruto, y a cifras que describan el consumo, como el número de coches y la cantidad de tráfico.

En los ejemplos de más arriba los sistemas se describen con variables cuantitativas; sin embargo, podemos igualmente usar el método de la analogía incluso cuando nuestros modelos son cualitativos. En hecho, puede manejar cualquier formato de la descripción de un [desarrollo temporal](#). Un ejemplo del pronóstico cualitativo se puede encontrar en el libro de Oswald Spengler (1880 - 1936), *Untergang des Abendlandes* (1918, 1922) [*La decadencia de Occidente*], que explica el desarrollo típico de las culturas antiguas de China, de Egipto, de Roma y de algunas otras que han prosperado en su tiempo y después se han marchitado. Spengler encontró que las culturas son procesos que comparten un modelo común del desarrollo. Él entonces hizo la predicción que la cultura occidental que todavía está en el desarrollo seguirá el mismo patrón. En esta parte de su tratado, Spengler creó así una analogía entre los objetos de la misma categoría (es decir entre las culturas).

Por otra parte, Spengler (y además Arnold J. Toynbee en el libro *A Study of History*, 1935-39) dibujó la analogía más lejos y afirmó que el patrón del desarrollo cultural es también análogo a la sucesión de las estaciones del año, es decir el primavera, el verano, el otoño y el invierno, e incluso a las vidas de plantas y de animales que nacieron, crecieron, florecieron, declinaron y murieron; Spengler hizo la predicción de que la cultura occidental, de forma análoga, seguiría el mismo patrón. En otras palabras, Spengler amplió la analogía de una especie de sistemas (las culturas) a otra (animales y plantas).

Otro ejemplo de una analogía entre objetos de categorías diferentes es el libro de Alvin [Toffler](#) *The third wave* [*La tercera ola*] (1980), donde la analogía de la ola es usada para describir la evolución desde la sociedad agrícola a la industrial, y más tarde a la sociedad de la información.

De hecho, las analogías bravas entre objetos de tipos diferentes (véase [ejemplos](#) de éstos) pueden generar a veces las hipótesis fértiles para la discusión, pero si usted desea justo hacerla un pronóstico plausible es generalmente más seguro restringir la analogía a una sola clase de objetos. ¿Piense si usted intentó predecir el desarrollo de coches haciendo una analogía a las computadoras? ¿Quizás concluya usted que los

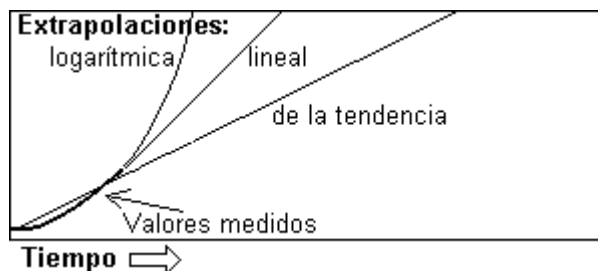
coches deben pronto funcionar en 10,000 millas por hora, mientras que su peso disminuyó a unos pocos gramos?

Incluso esas analogías que mantienen a una clase sola de objetos sufren a menudo de varios factores irregulares que afectan el sistema casero diferentemente que el extranjero. Usted puede intentar disminuir su influencia usando más que un sistema extranjero, si está disponible. Es decir usted hace unos pronósticos paralelos y combina los resultados. Todavía mejor, si usted puede encontrar el patrón *general* que todos los sistemas siguen. Si es posible usted puede avanzar a métodos más confiables del pronóstico como [Aplicar un modelo estadístico](#) o [Aplicar un modelo causal](#).

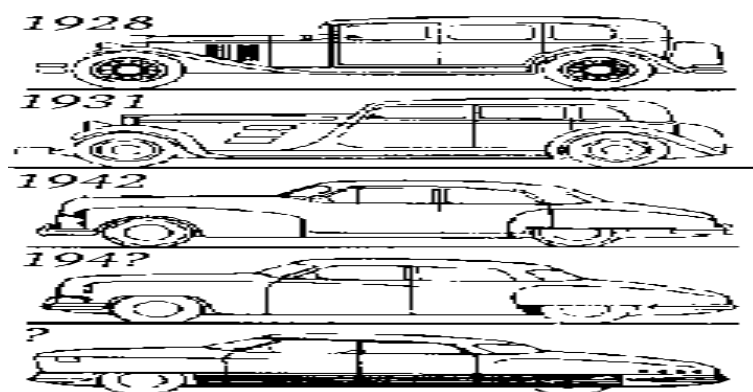
Una más debilidad del método de la analogía es que es difícil [determinar la incertidumbre](#) de sus resultados.

Extrapolación

La extrapolación es el método más habitual de pronóstico. Se basa en suponer que el curso de los acontecimientos continuará en la misma dirección y con velocidad constante (o con una velocidad creciente o decreciente a un ritmo constante = una extrapolación logarítmica).



La base para una extrapolación será el conocimiento sobre el reciente desarrollo del fenómeno. Necesitaremos al menos dos (aunque habitualmente tenemos más) observaciones secuencias hechas en puntos conocidos en el tiempo.



Si tenemos más de dos observaciones, tenemos la opción de elegir el número de observaciones sobre el que basaremos la extrapolación. Si sentimos que las últimas observaciones tienen mejor capacidad predictiva que las anteriores, puede que prefiramos hacer caso omiso de las primeras observaciones. Una alternativa es dar más peso a las últimas observaciones que a las primeras. Si decidimos usar un amplio número de observaciones (en otras palabras, estamos extrapolando la [tendencia](#)) probablemente desearemos hacer los cálculos con un programa de [análisis de regresión](#) si los datos son cuantitativos.

El método de extrapolación se aplica típicamente a las variables cuantitativas. Además, la predicción muchas veces se desarrolla también en términos verbales cualitativos, para hacer más fácil que sea aprehendida. Un ejemplo es el libro *Megatrends* de Naisbitt (1982).

No obstante, nada impide extrapolar tendencias que se describan enteramente en términos cualitativos. Suele ser práctico el describir los productos existentes con ayuda de imágenes y otros [modelos icónicos](#), y esta forma de presentación es práctica incluso para las extrapolaciones. En el libro *Industrial Design*, Raymond Loewy combinó dos enfoques: el histórico y el predictivo. En la página 74 del libro encontramos el "[gráfico de evolución del diseño](#)" que muestra el desarrollo de 1900 a 1942 (a la derecha). La última imagen es el pronóstico de Loewy que éste creó sobre la base de la tendencia de la serie entera, siendo aquí la tendencia principal el movimiento gradual hacia un diseño más aerodinámico.

La debilidad innata de toda extrapolación estriba en que éstas sólo se pueden atender a aquellos procesos o fuerzas que están ya interviniendo. Siempre ignoran los impactos nuevos que empiezan a actuar sólo en el presente o en el futuro. Con frecuencia se da una situación en que gradualmente habrá más y más nuevos impactos. En tales circunstancias, el método de la extrapolación suele dar resultados útiles sólo para periodos relativamente de corto plazo.

Otra debilidad es que es casi imposible estimar el error probable de una extrapolación. Una noción áspera de lo puede ser obtenida estudiando el consistencia y la homogeneidad de la serie de las observaciones originales.

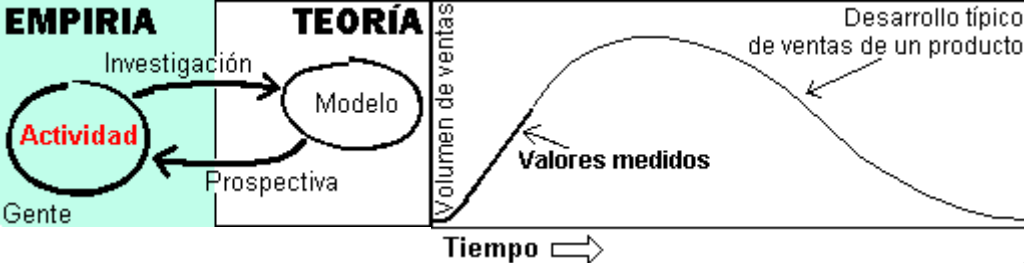
Aplicar una asociación estadística

La escala del instrumento tradicional de predecir de tiempo, el barómetro, incluye dos pronósticos: "Buen tiempo" en el fin alto de la gradación, y "Tormenta y lluvia" en la parte más baja. Estos pronósticos se basan en la experiencia de largo plazo que podríamos comprimir en un [modelo](#) como la tabla a la derecha. Tal modelo puede ser llamado *descriptivo* porque representa solamente la relación aparente de los fenómenos (presión de aire y tiempo) sin dar ninguna explicación o causa a este lazo. El modelo no nos dice cuál de los fenómenos depende del otro, o aunque hay tal dependencia. No obstante, tal modelo puede sea usado a predecir.

Presión alta	Buen tiempo	Un modelo estadístico se basa en una serie de observaciones en el fenómeno, y delinea la <i>asociación</i> entre los varios factores o variables del fenómeno que están de interés. Esta asociación necesita no ser absoluta; un número pequeño de anomalías a la regla general reduce pero no estropea enteramente la capacidad pronostica del modelo.
Presión baja	Tormenta y lluvia	

Los modelos descriptivos que se utilizan en el pronóstico son a menudo cuantitativos, pero cualitativos se utilizan también. De hecho, cualquiera de varios [lenguajes de modelo](#) pueda ser utilizado.

Por ejemplo, los refranes *verbales* fueron utilizados como la base del pronóstico de tiempo ya largo antes barómetros: "*El cielo rojo en la noche es placer de un marinero; el cielo rojo por mañana, marineros deben tener cuidado*" (refrán inglés.) Y además: "*El anillo alrededor de la luna trae una tormenta pronto.*" Observa que en el desarrollo de productos hay muchos aspectos que mejor se expresan gráficamente, por ejemplo los pronósticos de la tendencia de moda.



Los modelos descriptivos cuantitativos se componen de las *variables* y una

definición que define su relación el uno al otro. Esta relación se llama **asociación estadística** para acentuar que origina de una serie de observaciones. Para los modelos cuantitativos esta asociación se puede expresar como una curva o una ecuación, e.g. del tipo $y = ax + b$. En la sección en extrapolación discutimos ya dos tipos de asociaciones: las tendencias lineares y logarítmicas.

El método de predecir en base de un modelo descriptivo es simple, como puede ser visto en el diagrama a la derecha. Si una de las variables en el modelo es *tiempo*, es solamente necesario insertar cualquier punta futura elegida del tiempo y después leer el "valor" de la variable deseada en el modelo. (El "valor" está en citas aquí porque en modelos cualitativos su contenido no es numérico.)

Hay también otra manera de usar un modelo: estudiar la *dirección del cambio* de las variables, como en la tabla a la derecha.

Presión se leva	El tiempo mejorará
Presión se baja	El tiempo deteriorará

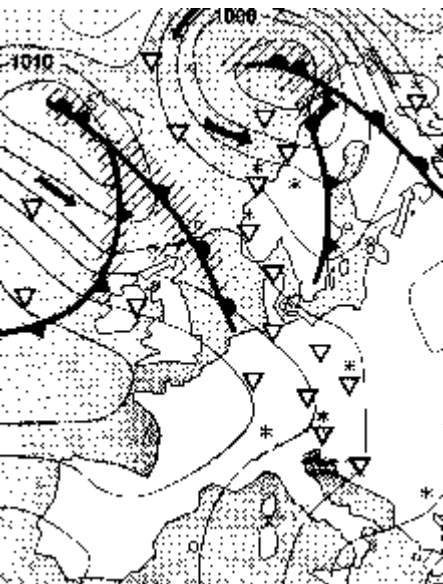
En este método necesitamos una observación reciente del cambio del factor que *no* se está prediciendo (aquí es la presión aérea). De ésta podemos deducir el cambio anticipado del factor que se debe pronosticar.

Predecir sobre la base de modelos estadísticos suele ser factible y exitoso incluso cuando no sabemos la *razón* o explicación de la asociación matemática que hemos encontrado en los datos históricos.

Por ejemplo, la vida de un animal sigue generalmente el mismo patrón que es típico para la especie. Si usted sabe este patrón, puede incluso ser posible pronosticar sin tener ninguna formulación teórica explícita del patrón: usted considera simplemente un espécimen observado anterior de la clase pertinente como modelo del desarrollo. Ya en el tiempo de Hipócrates los médicos sabían el proceso típico de muchas enfermedades, y cuando observaba los síntomas iniciales de tal proceso en un paciente el médico podría predecir el progreso de la enfermedad.

¡El método de modelo estadístico podría dar una predicción correcta incluso en un caso en que la explicación que hemos supuesto para la asociación estadística existente estuviera bastante equivocada! Ejemplos históricos famosos de predicción sobre la base de modelos estadísticos fueron los cálculos astronómicos en la antigua Mesopotámica, y los de Ptolomeo en Grecia. Los más, tal vez todos, de estos primeros científicos creían que la tierra era el centro del universo y que el sol, la luna y los planetas simplemente se movían en torno a ella. Sin embargo, los modelos matemáticos de estos movimientos aparentes eran acertados y produjeron predicciones correctas de las salidas y puestas del sol y de la luna, así como de eclipses.

Muchas compañías habitualmente presentan un nuevo modelo de su producto clave en el principio de cada año o temporada. A menudo la evolución de ventas de cada modelo más o menos sigue la misma pauta que se puede presentar que la "curva típica de ventas" como en la figura a la derecha. Sin saber las razones por qué la cantidad de las ventas sigue este patrón, él sin embargo se puede utilizar para predecir.



Si hay además estadística sobre las ventas de los modelos anteriores una quincena después del principio de la campaña publicitaria, por ejemplo, es posible también calibrar el pronóstico. Para esto, tiene que observar el factor por el cual las ventas actuales se desvían del promedio anterior en este momento, y entonces simplemente multiplicar el resto de la curva por este mismo factor.

Algunas veces la serie cronológica que deseamos extrapolar incluye simultáneamente varios tipos de variación. Junto a la tendencia, que se trató más arriba, suele haber uno o varios tipos de **variación estacional**. Si este es el caso, el método normal es analizar primero la serie cronológica, dividiéndola en sus componentes discernibles. Tras esto, continuamos haciendo

pronósticos separados para todos los componentes (la tendencia y las distintas variaciones estacionales, si procede) y solamente en la última fase re combinamos los componentes.

Si, por ejemplo, deseamos pronosticar, el consumo de energía para calefacción de un edificio industrial, nuestro análisis de datos pasados revelará probablemente que la variación del consumo ha estado siguiendo simultáneamente varios patrones. Algunos patrones se deben al ritmo de trabajo de la empresa, que normalmente varía con tres frecuencias: a lo largo del año, semanalmente y con un ritmo diario, y quizás con respecto a las coyunturas del negocio. Por otra parte, puede haber tendencias *lineales*, causadas quizás por un cambio gradual a máquinas mayores, o alternativamente a métodos y máquinas con ahorro energético. -- El pronóstico se hace ahora estimando todas las variaciones cíclicas, una por una, calculando entonces sus continuaciones, y finalmente combinando todas estas a la vez con una extrapolación de la tendencia.

Hay grandes riesgos en pronosticar sin saber las razones de las asociaciones estadísticas. La mayor parte de los pronósticos científicos de las economías nacionales son bien conocidos por su baja fiabilidad, lo que, desde luego, es un resultado de la falta de comprensión de las conexiones actuales de las variables de la economía. Además, este método falla invariablemente discernir las **señales débiles** que existen en datos pero se quedan desapercibidos hasta que alguien entiende después que era estos factores que finalmente determinaron la dirección de la evolución.

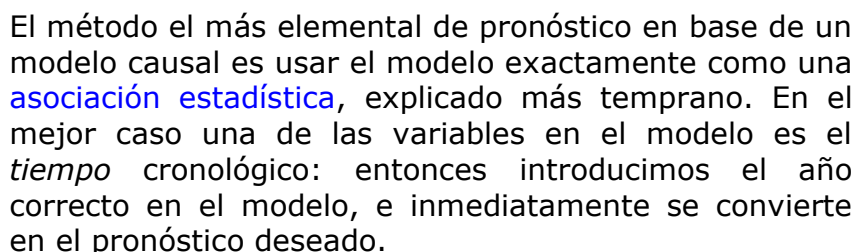
Hablando de modo general, debemos siempre tratar de descubrir la **explicación** racional que hay tras la asociación estadística que vamos a usar como base de nuestros pronósticos. Siempre es más seguro pronosticar sobre la base de un **modelo causal** (descrito más adelante), que pronosticar solo sobre la base de la asociación estadística.

Aplicar un modelo causal

El método más exacto de predicción, es decir, el modelo causal, es posible si hemos obtenido - mediante investigación - un modelo que no sólo *describe* (como en la sección previa) el desarrollo del fenómeno que se pronóstica, pero también lo **explica**, es decir, enumera las razones por que se ocurre. En el mejor caso las razones y sus resultados se reúnen como un modelo que define la **invariante dinámica** de los cambios en el proceso que se predirá.

Las predicciones normales del tiempo, por ejemplo, se hacen no más en base de una **asociación estadística** entre presión de aire y el tiempo. Sabemos hoy la estructura

"Porque las estructuras meteorológicas en Norteamérica se mueven generalmente desde el oeste al este, cuando las nubes llegan de arriba en la salida del sol que el cielo aparecerá rojo, señalando una tormenta que se acerca. Cuando la tormenta pasa eventualmente, el cielo limpiará en el occidente. Si ocurre la puesta del sol simultáneamente, la luz lanzará un resplandor rojo en las nubes arriba, ahora moviéndose hacia el este." (según Rempel y Hanson.)



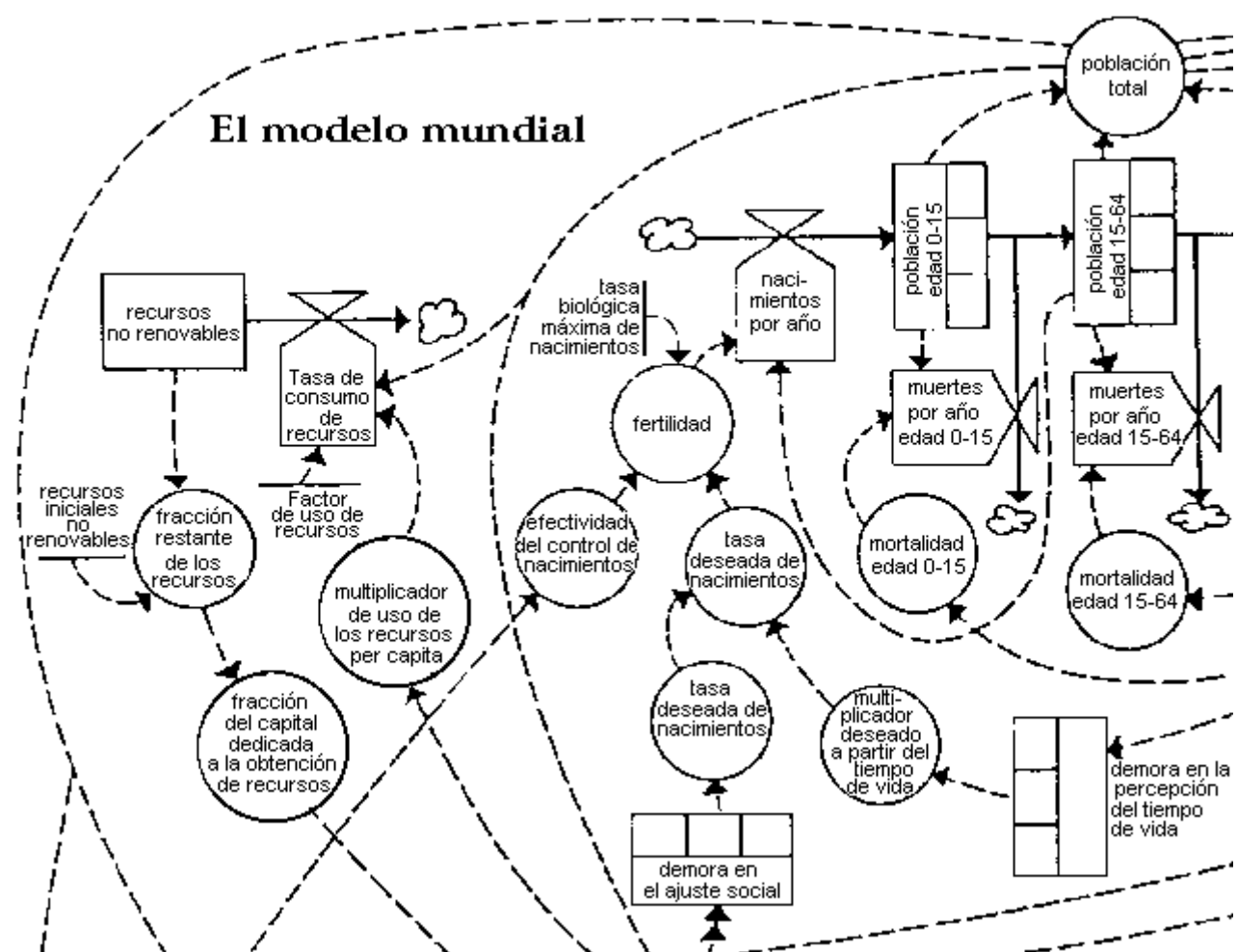
del sistema entero - no lo menos a causa que una razón precede normalmente su resultado, y así no es tan lejana en el futuro como el resultado sea.

- Se puede determinar mejor si el modelo sigue siendo válido también en el futuro.
- Se puede determinar con **análisis de sensibilidad** el error probable del pronóstico.
- Cuando usted sabe las relaciones causales usted puede *modificar* el modelo según los requisitos de la situación.
- Cuando usted desea no sólo pronosticar pero también *cambiar* el futuro, es fácil de localizar esos cambios en las variables independientes que son necesarias para causar el cambio deseado en las variables dependientes.

Un famoso ejemplo de modelo causal amplio fue creado por el llamado Club de Roma en 1972. Este modelo, publicado en el libro *Los límites al crecimiento*, consiste en

docenas de variables, incluyendo la población mundial, tasa de nacimientos, producción industrial y agrícola, los recursos no renovables y la contaminación. En el modelo, los *niveles*, o cantidades físicas que pueden ser medidas directamente, se indicaron con rectángulos, las *tasas* que influyen en esos niveles con válvulas, y las variables auxiliares que influyen en las ecuaciones de las tasas con círculos. Los lapsos de tiempo se indicaron con secciones dentro de rectángulos. Los flujos reales de gentes, bienes, dinero, etc. se representaron por flechas continuas y las *relaciones causales* con flechas discontinuas. Las nubes representan fuentes o "pilas" (salidas de material) que no son importantes para el comportamiento del modelo.

El Club de Roma comenzó a formar su "Modelo mundial" construyendo primero cinco submodelos. Éstos se concentraron en las cinco "cantidades básicas": población, capital, alimento, recursos no renovables restantes (medidos fracción restante ahora de las reservas de 1900), y polución. Uno de los subsistemas incluyó las relaciones causales y los bucles de respuesta entre población, capital, agricultura y polución (Fig. en la derecha). Finalmente los investigadores combinaron los cinco submodelos y así crearon el modelo mundial final, parte del cual se ilustra abajo.



Ejemplos de pronósticos creados por el Club de Roma se ven [más adelante](#).

El método que se discute arriba puede parecerse conveniente para el uso con los modelos cuantitativos solamente; sin embargo el mismo principio puede ser aplicado

al predecir en base de los modelos *cualitativos* que tienen potencia explicativa. Ejemplos de tales modelos se encuentran en la [Explicación del desarrollo](#).

Nota que aunque la explicación causal se ha discutido arriba y es el modelo más común de la predicción, los tipos [contextuales](#) o [teleológicos](#) de explicación se podrían también utilizar como una base de un pronóstico.

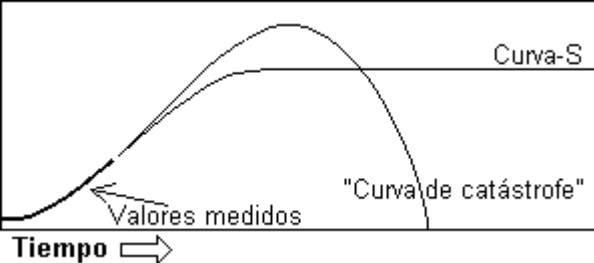
Señales débiles. Los modelos que son disponibles para pronosticar son normalmente simplificadas de modo que contengan solamente los factores más importantes que afectan el fenómeno que se predirá. Al lado de éstos, la mayoría de los fenómenos empíricos son influidos por muchos factores con tan pequeña importancia que ella desaparece entre errores o en la fluctuación al azar de los factores cardinales. Los investigadores llaman a menudo estos factores de menor importancia "ruido" y los desatienden simplemente.

Sin embargo, usted no siempre puede contar con que las relaciones expresadas en su modelo se quedan constantes durante todo el período del pronóstico deseado. Sucede a veces que un factor que hasta este momento ha desempeñado solamente un papel marginal repentinamente ganará importancia y finalmente cambiará la dirección del desarrollo. Tales factores que se parecen inicialmente poco importantes pero finalmente llegan a ser cruciales se llaman *señales débiles*. Para identificar tales factores usted puede intentar varios acercamientos, tal como:

- Contemplar el contexto del fenómeno en una perspectiva más ancha.
- Consultar a otros expertos (quizás con el [método Delfi](#)) y pedir su opinión acerca del modelo que usted utiliza. Si su modelo original fue hecho en cooperación con expertos que tienen una experiencia larga del fenómeno que se predirá, es posible que ellos hayan sido acostumbrados para desatender un factor que sin embargo puede ser importante pronto. Las personas que son menos experimentadas con el fenómeno pueden encontrar a veces nuevas y sorprendentes posiciones de mirar el fenómeno.
- Si usted puede encontrar otro sistema que ha experimentado ya el desarrollo que se intenta predecir, usted puede utilizar el [método de la analogía](#) y examinarlo si los factores que han causado este desarrollo están presentes también en el sistema que se predirá, aunque también en un grado embrionario.
- Si su modelo es cuantitativo, usted puede intentar descubrir cuáles variables independientes han tenido una influencia rápidamente creciente en el fenómeno que se predirá. Esto se puede hacer, por ejemplo, calculando dos veces la [correlación](#) entre tal factor y el fenómeno: una correlación con datos medidos en un tiempo más temprano, y otra correlación con los últimos datos medidos.

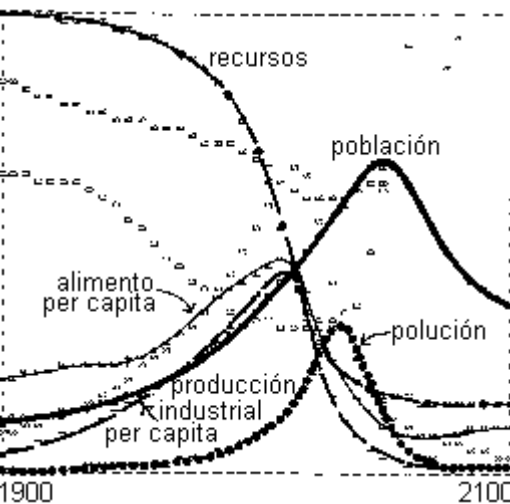
Determinar el límite

Es a menudo ventajoso el usar un método para el pronóstico para el corto plazo y otro para los periodos de largo plazo. Para el futuro próximo, se usa con frecuencia la extrapolación lineal, mientras que ocurre con frecuencia que el sentido común, la investigación, u otra fuente de conocimiento general, nos dicen que la evolución que estamos pronosticando está sujeta a límites preestablecidos que dictan los acontecimientos más próximos, sino más bien un futuro más distante. Podemos, por ejemplo, estar estudiando el crecimiento de una planta sabiendo que el crecimiento constante alcanzará en su momento un fin. Si este es el caso, podemos combinar dos métodos de pronóstico: extrapolamos sólo los valores *más cercanos*, mientras que basamos el pronóstico de los valores



posteriores sobre una ley general. Ejemplos típicos de tales desarrollos a largo plazo son:

- La **curva-s** es habitual si el crecimiento tiene límites naturales, como es el caso de las plantas, y con los recursos naturales de la tierra,
- La **"curva de catástrofe"** describe el fin de un desarrollo que ha tenido un comienzo gradual, suave, pero para el que, sin embargo, se prevé que irá al final hacia una completa extinción, tal vez abrupta.



Evaluar y describir la incertidumbre

Predecir la confiabilidad de su predicción será necesario, si usted piensa describir no sólo algunos futuros posibles pero también el más probable de ellos. Para esta tarea hay sólo pocos métodos. En el siguiente se enumeran algunos más usuales de ellos.

Uno de los mejores es la **triangulación**: hacer predicciones paralelas con distintos métodos si ello es posible. Si distintos métodos llevan a pronósticos distintos, ello nos da una idea del rango de incertidumbre.

El **análisis de sensibilidad** es otro método que, sin embargo, funciona sólo con modelos numéricos. La mayor parte de los métodos de pronóstico nos permiten calcular cuál será el resultado si una de nuestras suposiciones del comienzo o un elemento en los datos de entrada varía. Éste es un método útil de medir si el peso de una **señal débil** está creciendo.

Asimismo, si creemos saber el *error probable* de una de nuestras suposiciones, podemos usar este conocimiento para calcular el error probable del pronóstico resultante.

Una vez que el investigador ha desarrollado para él mismo una aproximación de la probabilidad del pronóstico, la próxima tarea es revelar esta probabilidad igualmente a su público. Muchos métodos habituales de presentación del pronóstico (como los diagramas) son muy exactos, de hecho su exactitud con frecuencia se corresponde mal con la incertidumbre del pronóstico. En lugar de ello, el investigador debe seleccionar una presentación del pronóstico que de la impresión correcta del grado de incertidumbre. Hay, de hecho, varios métodos que pueden usarse para describir el error probable o la posibilidad de que llegue a cumplirse un pronóstico:

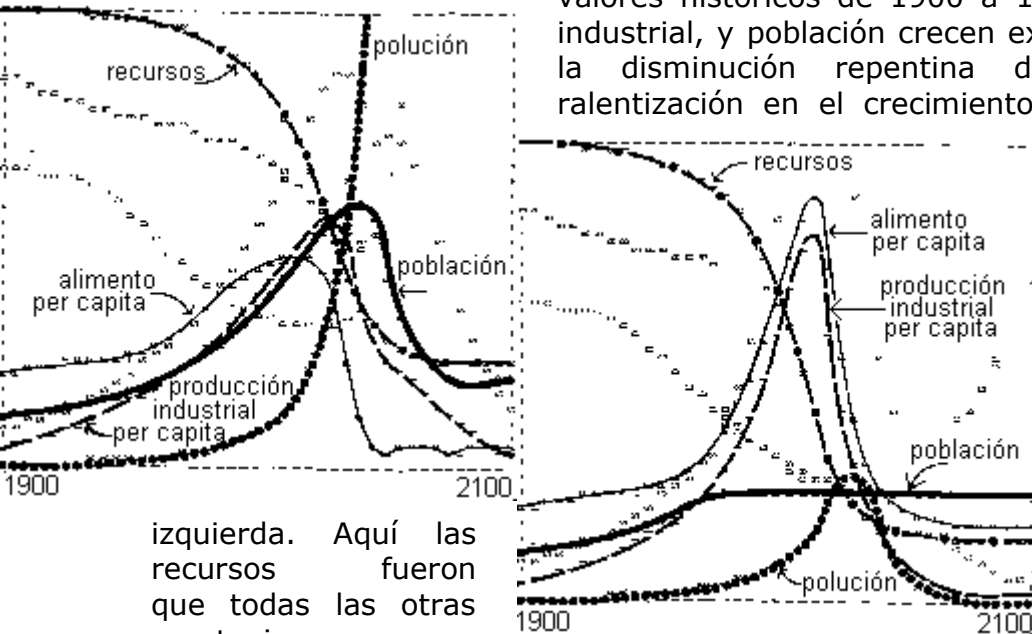
- La **variación probable**. Esta es de hecho la manera normal cuando se usa el método Delphi, que prácticamente siempre produce un amplio conjunto de distintas profecías hechas con varios métodos. Si las preguntas en cuestionario del método Delphi son cuantitativas, podremos calcular una expresión para la dispersión de las respuestas, como puede ser su **rango**. A veces, será también posible calcular la **probabilidad** de que el resultado factual no exceda el rango.
- Una **curva difusa**. Esto puede realizarse dibujando la curva como una línea gruesa o hecha a mano.
- Una **escala difusa**. Por ejemplo, el Club de Roma deliberadamente escogió el omitir las escalas de las variables y también hizo la escala horizontal un tanto vaga (consistiendo sólo de los valores 1900 y 2100). Esto era porque querían indicar que los valores numéricos eran aproximados (*ibid.*, p. 123).

- **Explicación verbal**, incluso cuando el pronóstico ha sido cuantitativo, puede ser usada para describir la probabilidad del pronóstico. El inconveniente es que la gente tiene distintas nociones de lo que pueda significar "probable", por ejemplo.
- **Escenarios paralelos.**

Los escenarios paralelos son bastantes fáciles de montar si tenemos un modelo matemático como base para el pronóstico: todo lo que se necesita es alimentar al modelo con varios conjuntos alternativos de datos. Por ejemplo, el ya mencionado Club de Roma hizo una serie de escenarios introduciendo distintos en un único modelo causal de las relaciones pertinentes, mostrado [anteriormente](#).

Su escenario "estándar", mostrado arriba, supone que todas las variables siguen sus valores históricos de 1900 a 1970. Alimento, producción industrial, y población crecen exponencialmente hasta que la disminución repentina de recursos fuerza una ralentización en el crecimiento industrial. El crecimiento poblacional finalmente

se detiene por una subida en la tasa de mortalidad debida a la alimentación y servicios médicos que se han reducido.



izquierda. Aquí las recursos fueron que todas las otras mantuvieron

"estándar". La industrialización puede ahora alcanzar un nivel más alto. Las grandes plantas industriales emiten polución en tales tasas, sin embargo, que los mecanismos de absorción del entorno llegan a estar saturados. Entonces la polución causa un inmediato incremento en la tasa de mortalidad y una caída en la producción de alimentos.

Hay otro escenario del mismo libro (fig. 36) que se muestra a la reservas supuestas de duplicadas, mientras suposiciones se idénticas al escenario

Un tercer escenario de *Los límites al crecimiento* (fig. 44, a la derecha) es idéntico al "estándar", excepto en que la población se supone que permanece constante tras 1975. La producción industrial continúa creciendo exponencialmente hasta que la reducción de los recursos no renovables lleva a un repentino colapso del sistema industrial.