



MANUAL DE PROSPECTIVA

Guía para el diseño e implementación
de estudios prospectivos



MANUAL DE PROSPECTIVA

Guía para el diseño e implementación
de estudios prospectivos

Autor: Jorge Beinstein

Beinstein, Jorge

Manual de prospectiva : guía para el diseño e implementación de estudios prospectivos / Jorge Beinstein; contribuciones de Adriana P Sanchez Rico ; Ricardo Carri ; Manuel Marí ; coordinación general de Alicia Balbina Recalde ; editado por Inés Parker Holmberg. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2016.

116 p. + CD-DVD ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-1632-59-6

1. Ciencia y Tecnología. 2. Gestión de la Investigación y de la Ciencia. I. Sanchez Rico, Adriana P, colab. II. Carri, Ricardo, colab. III. Marí, Manuel, colab. IV. Recalde, Alicia Balbina, coord. V. Parker Holmberg, Inés, ed. VI. Título.

CDD 601

Copyright © 2016 Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Godoy Cruz 2320 (C1425FQD) Buenos Aires

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723
Impreso en la Argentina

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso por escrito del editor.

Tirada: 500 ejemplares.

ISBN 978-987-1632-59-6

AUTORIDADES

PRESIDENTE DE LA NACIÓN
Ing. Mauricio Macri

MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA DE LA NACIÓN
Dr. Lino Barañao

SECRETARIO DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA
Dr. Miguel Ángel Blesa

SUBSECRETARIO DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA
Lic. Jorge Robbio

DIRECTOR NACIONAL DE ESTUDIOS
Dr. Ing. Martín Villanueva

RECONOCIMIENTOS

La dirección del “Manual de prospectiva. Guía para el diseño e implementación de estudios prospectivos” estuvo a cargo del Dr. Ing. Martín Villanueva, director nacional de Estudios perteneciente a la Subsecretaría de Estudios y Prospectiva dependiente de la Secretaría de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

El proyecto estuvo coordinado por la Lic. Alicia Recalde.

La autoría del manual pertenece al Dr. Jorge Beinstein.

La elaboración de la aplicación multimedia del manual fue diseñada y desarrollada por el Lic. Federico Sigot.

Colaboró en el desarrollo del manual y la aplicación multimedia, el equipo técnico de la Dirección Nacional de Estudios del Ministerio: Lic. Manuel Marí, Lic. Ricardo Carri y la AE. Adriana Sánchez Rico.

Se agradece a los actores del sector gubernamental, del sistema científico-tecnológico y del sector productivo que han apoyado y participado de las distintas acciones del Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica (PRONAPTEC), contribuyendo con su invaluable conocimiento y experiencia a los múltiples contenidos del presente manual. No habría sido posible elaborar este documento sin la construcción colectiva de conocimientos.

Por consultas y/o sugerencias, por favor dirigirse a pronaptec@mincyt.gob.ar.

PUBLICACIÓN PRODUCIDA POR
LA DIRECCIÓN DE PROMOCIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA

Edición de textos

Emiliano C. Griego
Alelí Jait
Pablo Nuño Amoedo
Inés Parker Holmberg
Dolores Yañez
Christián Pourtalé

Diseño gráfico

Yanina Di Bello
Fernando Sassali

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. VISIÓN GENERAL DE LA DISCIPLINA PROSPECTIVA	11
2.1 PASADO, PRESENTE Y FUTURO	11
2.2 FORMAS PRE-CIENTÍFICAS	12
2.3 UTOPIA Y CIENCIA FICCIÓN	13
2.4 FUTUROLOGÍA	14
2.5 PREVISIÓN	15
2.6 AUJE, CRISIS Y SUPERACIÓN DE LA “PROSPECTIVA CLÁSICA”	17
2.7 PROSPECTIVA DE SEGUNDA GENERACIÓN	19
2.7.1 DIFUSIÓN DE LA PROSPECTIVA	19
2.7.2 SISTEMAS COMPLEJOS	20
2.7.3 PRAGMATISMO METODOLÓGICO	22
2.7.4 SIMULACIONES	22
2.7.5 TEORÍA DEL CAOS	23
2.7.6 TEORÍA DE LA REPRODUCCIÓN SOCIAL	24
2.7.7 TEORÍA DE CICLOS	25
2.7.8 MEMORIA PLURAL	26
2.7.9 DIMENSIONES DEL TIEMPO	27
2.7.10 MICROPROSPECTIVA	28
2.8 LA HERENCIA DE LA PREVISIÓN	30
2.9 PROSPECTIVA DE LA INNOVACIÓN	34
2.10 ERRORES DE PRONÓSTICO	35
3. ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL	38
3.1 TAREAS PREPARATORIAS	38
3.1.1 EL EQUIPO	38
3.1.2 EL HORIZONTE TEMPORAL	38
3.2 LAS TRES ETAPAS DEL EJERCICIO PROSPECTIVO	39
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	39
3.4 SIMULACIONES	42
3.5 CONSTRUCCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS	42
3.6 DESARROLLO PARTICIPATIVO	43
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	44
4.1 HORIZONTE TEMPORAL Y PRIMERA DESCRIPCIÓN	44
4.1.1 MAPPINGS	44
4.2 VARIABLES	47
4.2.1 TIPOS DE VARIABLES	47
4.2.2 SELECCIÓN DE VARIABLES	47
a LA “TORMENTA DE CEREBROS”	48
b LA “TÉCNICA DELPHI”	48
c CONSULTAS INDIVIDUALES	48
d ENCADENAMIENTOS TECNOLÓGICOS	48
e MATRIZ DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	49

4.2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO. TRATAMIENTO DE SERIES TEMPORALES	54
a VISUALIZACIÓN DE LA VARIABLE	54
b COMPONENTES DE LA VARIABLE	55
c EXTRAPOLACIONES Y ERRORES	56
d ALGUNAS TÉCNICAS ÚTILES	58
d1 TENDENCIAS	59
d2 PROMEDIOS MÓVILES	61
d3 ALISAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE	63
d4 DESCOMPOSICIÓN DE SERIES TEMPORALES. TENDENCIAS, CICLOS Y ESTACIONALIDADES	65
d5 CURVAS DE CRECIMIENTO	69
d6 REGRESIONES	73
4.2.4 ANÁLISIS CUALITATIVO	78
4.3 PROTAGONISTAS	78
4.3.1 PROTAGONISTAS, TRAMPAS Y CONFUSIONES	78
4.3.2 TRABAJO CON PROTAGONISTAS	80
a DETECCIÓN Y SELECCIÓN	80
b MATRIZ DE ESTRATEGIAS E IDENTIDADES	80
c MAPAS DE RECORRIDOS ESTRATÉGICOS	81
d MÁS ALLÁ DE LAS ESTRATEGIAS	82
4.4 FENÓMENOS COMPLEJOS	82
4.5 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA	84
5. SIMULACIONES	85
5.1 SIMULACIONES PARCIALES Y GENERALES	85
5.2. SIMULACIONES PARCIALES	85
5.2.1 MODELO KSIM	85
5.2.2 MODELO APPA	88
5.2.3 REDES NEURONALES ARTIFICIALES	90
5.2.4 CADENAS DE MARKOV	93
5.3 SIMULACIÓN GENERAL, ANÁLISIS MORFOLÓGICO	96
5.3.1 INTERROGANTES ESTRATÉGICOS, ANÁLISIS MORFOLÓGICO	96
5.3.2 ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS	97
5.3.3 CAJA MORFOLÓGICA, CONSTRUCCIÓN DE PAQUETES COHERENTES DE HIPÓTESIS	99
6. CONSTRUCCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS	100
6.1 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS	100
6.2 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS	106
7. PROSPECTIVA Y TOMA DE DECISIONES	108
7.1 MACRO Y MICROPROSPECTIVA, MACRO Y MICROPLANIFICACIÓN	108
7.2 PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA EN UN CONTEXTO TURBULENTO	109
BIBLIOGRAFÍA	110

ÍNDICE DE GRÁFICOS

LA NUMERACIÓN DE CADA GRÁFICO CORRESPONDE AL PUNTO SEÑALADO DEL TEXTO, POR EJEMPLO, EL GRÁFICO 2.4-1 ES EL PRIMER GRÁFICO DEL PUNTO 2.4.

2.4-1 "CLUB DE ROMA (1972-2000) - PRONÓSTICOS Y REALIDAD"	15
2.5-1 "CURVA DE ADAMS"	16
2.5-2 "PROCESO INNOVATIVO EN FORMA DE S"	16
2.5-3 "CASO DE PRONÓSTICO EMPLEANDO UNA TÉCNICA DE PREVISIÓN CUANTITATIVA"	17
2.6-1 "PREVISIÓN, PROSPECTIVA CLÁSICA Y PROSPECTIVA DE SEGUNDA GENERACIÓN"	19
2.7.2-1 "PRECIOS DEL PETRÓLEO CRUDO"	21
2.7.2-2 "VOLATILIDAD DEL PRECIO DEL PETRÓLEO"	21
2.7.6-1 "REPRODUCCIÓN SOCIAL"	24
2.7.7-1 "FASES DEL CICLO"	25
2.7.7-2 "CICLOS CLÁSICOS"	25
2.7.9-1 "ELIOT JAQUES - LAS DOS DIMENSIONES DEL TIEMPO"	28
2.7.10-1 "PROSPECTIVA DE SEGUNDA GENERACIÓN"	29
2.8-1 "INTERNET 'CODE RED' VIRUS EPIDEMIC"	30
2.8-2 "PORCENTAJE DE HOGARES CON TV COLOR EN ESTADOS UNIDOS"	31
2.8-3 "MODELO DE LENZ"	31
2.8-4 "PARTICIPACIÓN DEL TRANSPORTE PERSONAL EN ESTADOS UNIDOS"	32
2.8-5 "ESTADOS UNIDOS: PROPULSIÓN DE BARCOS"	33
2.8-6 "ACONTECIMIENTOS PRECURSORES"	33
2.9-1 "PROCESO DE INNOVACIÓN - MODELO DE HEKKERT"	35
2.10-1 "PRODUCTOS FINANCIEROS DERIVADOS"	37
3.3-1 "SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS"	40
3.3-2 "JERARQUÍA DE CONTEXTOS COMERCIALES"	40
3.3-3 "CONOCIMIENTO DEL SISTEMA Y SU CONTEXTO"	42
3-1 "ESQUEMA METODOLÓGICO"	43
4.1-1 "SISTEMA DE LA DROGA [PRIMERA APROXIMACIÓN]"	45
4.1-2 "SISTEMA DE LA DROGA [SEGUNDA APROXIMACIÓN]"	45
4.1-3 "VEHÍCULOS ELÉCTRICOS - MERCOSUR - HORIZONTE 2025"	46
4.1-4 "GRAN CÓRDOBA INTERACCIONES RED DE TRANSPORTES - USO DEL SUELO"	47
4.2.2.D-1 "ENCADENAMIENTOS TECNOLÓGICOS"	49
4.2.2.E-1 "MATRIZ DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL"	50
4.2.2.E-2 "MATRIZ DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL, UTILIZACIÓN DE MAE"	51
4.2.2.E-3 "UTILIZACIÓN DE OCTAVE"	53
4.2.3.A-1 "EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL ORO"	55
4.2.3.B-1 "OCUPADOS EN EL SECTOR SERVICIOS - COMPONENTES"	55
4.2.3.C-1 "PRECIO DEL ORO - PRONÓSTICO VS REALIDAD"	58
4.2.3.D1-1 "VENTAS DE AUTOMÓVILES - TENDENCIA"	59
4.2.3.D1-2 "VENTAS DE AUTOMÓVILES - PRONÓSTICO DE TENDENCIA"	60
4.2.3.D2-1 "PRONÓSTICO DEL PRECIO WTI DEL PETRÓLEO"	62
4.2.3.D2-2 "PRECIO WTI DEL PETRÓLEO - MÁRGENES DE FLUCTUACIÓN"	62
4.2.3.D3-1 "ÍNDICE FMI DEL PRECIO DE LAS <i>COMMODITIES</i> "	64
4.2.3.D4-1 "SERIE HISTÓRICA YT"	67
4.2.3.D5-1 "CURVA DE CRECIMIENTO"	70
4.2.3.D5-2 "CURVA DE MANSFIELD. DIFUSIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LA EMPRESA"	71
4.2.3.D5-3 "PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN LOS ESTADOS UNIDOS"	71
4.2.3.D5-4 "AJUSTE-PRONÓSTICO VS VALORES REALES"	73
4.2.3.D6-1 "ÍNDICE DE PRECIOS FMI DE ALIMENTOS Y PETRÓLEO"	73
4.2.3.D6-2 "REGRESIÓN ALIMENTOS-PETRÓLEO"	75
4.2.3.D6-3 "ÍNDICE FMI DE PRECIOS DE LAS <i>COMMODITIES</i> "	76

4.2.3.D6-4 “TENDENCIAS DE E y N”	77
4.2.3.D6-5 “PRONÓSTICO DEL ÍNDICE FMI DE PRECIOS DE <i>COMMODITIES</i> ”	77
4.2.4-1 “EVALUACIONES DE VARIABLES CUALITATIVAS Y CUANTITATIVAS”	78
4.3.1-1 “ESPACIOS DEL SISTEMA”	79
4.3.2.B-1 “MATRIZ DE ESTRATEGIAS E IDENTIDADES”	80
4.3.2.B-2 “EL PROTAGONISTA, SUS IDENTIDAD Y ESTRATEGIAS”	81
4.3.2C-1 “MAPA DE RECORRIDOS ESTRATÉGICOS”	82
4.4-1 “FENÓMENO COMPLEJO”	84
4.5-1 “CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA”	85
5.2.1-1 “KSIM MATRIZ DE IMPACTOS”	86
5.2.1-2 “KSIM - ALTERNATIVA 1”	87
5.2.1-3 “KSIM - ALTERNATIVA 2”	87
5.2.2-1 “APPA, PRIMER NIVEL”	88
5.2.2-2 “APPA, SEGUNDO NIVEL”	89
5.2.2-3 “APPA, RESULTADO”	89
5.2.2-4 “APPA, ORIENTACIONES”	90
5.2.3-1 “EJEMPLO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL”	91
5.2.3-2 “EJEMPLOS DE FUNCIONES DE ACTIVACIÓN”	91
5.2.3-3 “PROCESO NEURONAL”	92
5.2.3-4 “EJEMPLO DE PRONÓSTICO CON RNA - PRIMER PASO”	93
5.2.4-1 “TEMA FISCAL - MODELO DE MARKOV”	94
5.2.4-2 “ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS”	95
5.3.2-1 “INTERROGANTES ESTRATÉGICOS E HIPÓTESIS”	98
5.3.3-1 “CAJA MORFOLÓGICA”	99
6.1-1 “HIPÓTESIS, DISPARADOR, SISTEMA, ESCENARIOS”	100
6.1-2 “DESPLIEGUE DEL EJERCICIO PROSPECTIVO”	101
6.2-1 “JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS”	107
6.2-2 “JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS SEGÚN LOS PESOS RELATIVOS DE LOS CRITERIOS”	108
7.1-1 “PROSPECTIVA Y PLANES ESTRATÉGICOS”	108

ÍNDICE DE CUADROS

LA NUMERACIÓN DE CADA CUADRO CORRESPONDE AL PUNTO SEÑALADO DEL TEXTO, POR EJEMPLO, EL GRÁFICO 2.4-1 ES EL PRIMER GRÁFICO DEL PUNTO 2.4

2.8-1 “ANALOGÍA ENTRE LA REPRODUCCIÓN CELULAR Y EL PROCESO DE INNOVACIÓN SEGÚN LENZ”	32
4.2.3.A-1 “PRECIO DEL ORO - DÓLARES POR ONZA”	54
4.2.3.C-1 “PRECIO DEL ORO - DÓLARES POR ONZA - PRONÓSTICOS VS REALIDAD”	57
4.2.3.D1-1 “VENTAS DE AUTOMÓVILES”	59
4.2.3.D1-2 “VENTAS DE AUTOMÓVILES - PRONÓSTICO DE TENDENCIA”	60
4.2.3.D2-1 “PRONÓSTICO DEL PRECIO WTI DEL PETRÓLEO CON PROMEDIO MÓVILES SIMPLES”	61
4.2.3.D3-1 “PRONÓSTICO BROWN DEL ÍNDICE FMI DEL PRECIO DE LAS <i>COMMODITIES</i> ”	64
4.2.3.D4-1 “SERIE HISTÓRICA Y_t ”	66
4.2.3.D4-2 “PRONÓSTICO DE LA SERIE HISTÓRICA Y_t ”	68
4.2.3.D5-1 “VARIABLE V”	72
4.2.3.D5-2 “PRONÓSTICO DE LA VARIABLE V”	72
4.2.3.D6-1 “ÍNDICE FMI DE PRECIOS INTERNACIONALES DE ALIMENTOS Y PETRÓLEO”	74
4.2.3.D6-2 “ÍNDICE FMI DE PRECIOS DE LAS <i>COMMODITIES</i> ”	76
5.3-1 “INTERROGANTES ESTRATÉGICOS ACERCA DEL FUTURO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN EL MUNDO (2012-2025)”	97
5.3.2-1 “INTERROGANTES ESTRATÉGICOS E HIPÓTESIS”	98
6.1-1 “EJEMPLO DE CAJA MORFOLÓGICA”	104
6.1-3 “CAJA MORFOLÓGICA - SELECCIÓN DEL PAQUETE A”	105

PRÓLOGO

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, desde su creación en diciembre de 2007, viene realizando en forma sistemática estudios prospectivos sobre el futuro de las tecnologías en algunas de sus áreas estratégicas, tal como han sido definidas en el Plan Nacional “Argentina Innovadora 2020”. Estos estudios son realizados en el marco de la Secretaría de Planeamiento y Políticas a través del Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica (PRONAPTEC) de la Dirección Nacional de Estudios, dependiente de la Subsecretaría de Estudios y Prospectiva, y tienen el objetivo de identificar las tecnologías que se estima serán más importantes en las próximas décadas.

A marzo de 2016, se han realizado estudios sobre agroindustria alimentaria, 20 complejos agroindustriales (oleaginoso, cerealero, frutícola, aguas saborizadas, entre otros), 23 complejos industriales (bienes de capital, servicios empresariales, siderurgia, electrónica de consumo, entre otros), así como estudios sobre el sector automotriz en el mundo, en Argentina y en el MERCOSUR, y sobre las exigencias futuras de calidad e inocuidad alimentaria que nuestro país deberá tener en cuenta. Además, se han realizado estudios sobre algunas tecnologías de propósito general propuestas en el Plan, como las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la Nanotecnología, en particular en sus áreas de aplicación prioritarias para el Ministerio, como el agro, la energía, la salud y la industria. Asimismo, se está desarrollando un estudio sobre la Biotecnología en Argentina al año 2030, en sus aplicaciones al agro, y a la salud humana y animal. Estos estudios están siendo publicados por el Ministerio y se pueden encontrar en su sitio web.

A través de estos estudios, el Ministerio ha ido acumulando una rica experiencia en la materia. Por este motivo, se decidió afrontar el desafío de elaborar un Manual que recoja los métodos y técnicas más importantes de la prospectiva y los ponga a disposición de los distintos actores del sistema nacional de innovación. La realización del Manual se encomendó al Dr. Jorge Beinstein, experto argentino de renombre internacional, con varias décadas de experiencia en estudios prospectivos en Europa y América Latina.

El Manual ha sido diseñado también en formato multimedia, lo cual resulta novedoso en el ámbito de esta temática. Junto a la descripción de las técnicas más importantes para el desarrollo de ejercicios prospectivos, se incluyen links que permiten el acceso a una serie de programas/herramientas computacionales de apoyo para la utilización de dichas técnicas en forma gratuita. El diseño y desarrollo de la obra multimedia ProspectivAr estuvo a cargo del Lic. en Sistemas, Federico Sigot.

El “Manual de prospectiva. Guía para el diseño e implementación de estudios prospectivos” se pone a disposición de expertos nacionales e internacionales, presentando como contenido general, una introducción histórica y teórica sobre el desarrollo de la prospectiva y una descripción detallada de las técnicas prospectivas más importantes, brindando así, un vasto panorama de la lógica con la que se deben emprender los estudios sobre el futuro.

Dr. Miguel Ángel Blesa
Secretario de Planeamiento y Políticas del
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual ha sido elaborado apuntando hacia dos objetivos principales: en primer lugar, describir los fundamentos teóricos de la disciplina no como un paquete cerrado de definiciones sino como un espacio de reflexión donde se combinan aspectos históricos, evaluaciones críticas y temas abiertos, pistas de posibles desarrollos futuros de la prospectiva. Es lo que desarrollamos en el capítulo II (“Visión general de la disciplina prospectiva”). El eje teórico central es el trabajo con sistemas complejos buscando superar esquemas simplistas limitados a la dualidad actores-variables, ampliando el concepto reduccionista de “actor” (homo strategicus consagrado exclusivamente a elaborar y aplicar estrategias) al de “protagonista” con sus estrategias, si las tiene, memoria variable, pasiones, prejuicios, latencias, ética, etc. e incorporando los “fenómenos complejos” es decir componentes del sistema no descomponibles y que no pueden ser clasificadas como protagonistas o variables.

El segundo objetivo es el de suministrar procedimientos sencillos que permitan a especialistas y no especialistas realizar ejercicios prospectivos referidos a diferentes temáticas: económicas, tecnológicas, territoriales, microsociales, etc. Hemos decidido simplificar las técnicas, hacerlas fácilmente manejables, lo que posibilita un amplio campo de creatividad a los expertos pero también a los principiantes.

Descartamos preciosismos técnicos innecesarios y les otorgamos un lugar importante a los enfoques cualitativos afirmando al mismo tiempo desarrollos cuantitativos de la manera lo más simple y sólida posible. Apoyándonos en una experiencia profesional de varias décadas incluimos en el instrumental prospectivo herramientas de la prospectiva clásica (depurándolas de sofisticaciones que suelen distorsionar la visión de la realidad), introducimos algunas innovaciones pero también rehabilitamos viejas técnicas de la previsión cualitativa y cuantitativa y de la futurología despojándolas de sus antiguas pretensiones e integrándolas al patrimonio de herramientas de la disciplina. Lo que en principio aparece como una extensión pragmática del instrumental prospectivo es en realidad el resultado de la práctica teórica y profesional acorde con lo que llamamos prospectiva de segunda generación.

Este manual incorpora el aplicativo ProspectivAr que incluye planillas excel y *software* de uso libre que podrán ser utilizados en la realización de los ejercicios prospectivos. En cada caso concreto de desarrollo de algún ejemplo práctico hacemos referencia a una o varias aplicaciones localizables en ProspectivAr y también a otras que pueden ser descargadas libremente vía internet. Actualmente existe una gran variedad de programas comerciales y de uso libre, la tendencia dominante es hacia la simplificación y gratuidad del instrumental impulsada por la multiplicación de grupos especializados profesionales y/o académicos, nuestra intención es marchar en esa dirección.

Los autores quedan a disposición de los usuarios del manual: consultas, críticas, aportes técnicos y teóricos serán siempre bienvenidos.

2. VISIÓN GENERAL DE LA DISCIPLINA PROSPECTIVA

“Será posible construir máquinas que impulsen a los navíos sin necesidad de remeros e incluso grandes navíos surcando los ríos y los mares tripulados por un solo hombre, se podrá también construir vehículos que sin necesidad de animales se desplazarán a una velocidad increíble. Se construirán máquinas voladoras de tal manera que un hombre sentado en el medio de la máquina hará funcionar un motor accionando las artificiales que agitarán el aire como un pájaro en vuelo. Igualmente una máquina de pequeña dimensión podrá subir y bajar enormes pesos. Además serán fabricadas máquinas que se desplazarán por el fondo del mar sin ningún riesgo. Es posible realizar tales cosas casi sin límites, por ejemplo, puentes colocados sobre el agua sin cuerdas ni soportes...”

Roger Bacon [1214-1294], “Epístola de secretis operibus”.

“Si yo viera en aquel ciruelo un brote florecido y dijera “allí hay una ciruela”, ¿estaría mintiendo? De ningún modo, simplemente me habría adelantado una estación a la verdad”.

Amin Maalouf, “Los jardines de luz”.

2.1 PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Como bien lo señala Georges Minois: “desde que el hombre existe pronostica. Cuando dibujaba sobre las paredes de una caverna un bisonte atravesado por flechas representaba a la vez la caza de ayer y la de mañana. Y su dibujo era también un acto de magia destinado a asegurar el éxito de su actividad. Al mismo tiempo anticipaba y le forzaba la mano a la naturaleza o a los espíritus. El hombre ya manifestaba así que para él, en el alba de la humanidad, pronosticar es dominar el futuro”¹.

El hombre de las cavernas al que se refiere Minois desarrollaba una cierta ambigüedad alimentada por una visión mágica de la realidad donde al mismo tiempo que representaba un hecho del pasado recuperado por su memoria, probablemente no la copia fiel de una cacería real sino una versión adaptada de la misma, al reproducirla gráficamente anunciaba su repetición y predeterminaba el éxito futuro, todo gracias a un acto de magia seguramente tan pretencioso como nuestras técnicas actuales de prospectiva y planificación. Ese procedimiento apuntalaba psicológicamente su decisión de ir a la caza.

El acto de pronosticar, atravesando desde las formaciones sociales más primitivas hasta nuestros días, desde sus expresiones pre-científicas hasta las escuelas científicas más avanzadas ha oscilado siempre entre dos actitudes no siempre conciliables, por un lado la que podríamos calificar de fatalista que considera que el futuro ya ha sido escrito por algún ser sobrenatural o por leyes o mecanismos provenientes del pasado y por otro lado lo que suele denominarse como voluntarismo basado en la idea de que el futuro no está escrito en ningún lugar y que por consiguiente puede ser construido por nosotros. Entre esas dos actitudes extremas se encuentra una amplia variedad de posibilidades.

Pasado, presente y futuro forman parte de una totalidad indisociable: la dinámica del mundo real, la marcha del tiempo que nos impone la necesidad de tomar decisiones y por consiguiente de pronosticar. El pasado suele ser considerado como memoria inamovible imposible de modificar y el futuro, por el contrario, aparece configurado por la imaginación.

Sin embargo la memoria es elaborada hoy, no desde cero sino recogiendo, recomponiendo, modificando memorias, “descubriendo” desde el presente fenómenos, detalles antes ignorados, y en ese sentido, incluyendo una importante cuota de imaginación donde se presentan proyectos, deseos, posibilidades futuras.

Por su parte el futuro no es imaginación pura, buena parte de los materiales con que es construido viene suministrada por la memoria (las memorias) del pasado. Esa interpenetración entre pasado y futuro se desarrolla en el presente, realidad efímera que deja de existir como tal casi en el mismo instante en que se instala (y se hunde en el pasado) para ser de inmediato remplazada por otro presente tan efímero como el anterior.

¹ Minois Georges, “Histoire de l’avenir. Des prophètes à la prospective”, p. 17, Fayard, París, 1996.

El concepto de devenir, de recorrido temporal, de transformación incesante, es sumamente útil para entender ese proceso. No es una idea nueva aunque la modernidad la ha hecho suya sobre todo en torno al desarrollo realizado por Hegel (1770-1831). Es bien conocida la afirmación de Heráclito (535 a.C. – 484 a.C.): “todo cambia, no se puede entrar dos veces en el mismo río”.

El devenir no es una simple serie de cambios sino una sucesión de transformaciones cualitativas interconectadas, una continuidad temporal compuesta por realidades cualitativamente diferenciadas, unidad y heterogeneidad, cambio del cambio, interrelación dialéctica entre modificaciones cuantitativas y cualitativas que Hegel convierte de manera rigurosa en visión prospectiva de la realidad². El concepto de devenir, central en el pensamiento prospectivo, nos permite distinguir, separar y al mismo tiempo unir dinámicamente pasado, presente y futuro de la manera en que lo hacía San Agustín: memoria presente de lo pasado, percepción presente de lo actual y expectación presente de lo venidero³.

Memoria e imaginación, fatalismo y voluntarismo se combinan cuando elaboramos planes o simplemente intentamos entender el desarrollo del futuro. Tampoco han faltado en ese proceso presencias científicas y pre-científicas donde a veces las primeras han ocultado a las segundas con un disfraz atractivo y viceversa.

En los orígenes de la ciencia moderna es posible observar, por ejemplo, una cierta confusión entre astronomía y astrología, a veces expresando dudas honestas y en otros casos como simple demagogia destinada a mejorar la imagen del científico dotándolo de una autoridad sobrenatural que le confiera poder o incluso como fuente de recursos. Así es como Francis Bacon (1561-1626) condenaba a la astrología y a otras supersticiones en su “*Novum Organum*”. Hacia el final de su vida, en su escrito “*De augmentis scientiarum*” (1621) se pronunciaba a favor de una depuración de la astrología con el fin de rescatar sus “aspectos útiles”. Es bien conocido que Johannes Kepler (1571-1630) conseguía financiarse realizando consultas astrológicas; es célebre su definición de la astrología como “la hija estúpida que gracias a sus encantamientos mantiene y nutre a su madre, la astronomía, tan sabia como pobre”⁴. Aunque su deshonestidad no era total ya que en varias de sus obras asume una posición similar a la de Francis Bacon preconizando la necesidad de reformar a la astrología, mejorarla⁵. En fin, también es conocido que Galileo producía horóscopos que le permitían financiar sus actividades.

Retornando al mundo de hoy, no podemos dejar de observar cómo las evaluaciones del futuro y otras disciplinas de la ciencia social suelen ser afectadas por una cierta predisposición hacia la magia, en especial entre el público admirador de la ciencia. Es el caso del denominado “ilusionismo metodológico”, es decir, la ilusión respecto de una técnica o metodología que permite resolver automáticamente problemas complejos como puede ser el de la construcción de escenarios sociales. En consonancia con los consumidores de ilusiones se presenta el ilusionista poseedor de la fórmula mágica.

2.2 FORMAS PRE-CIENTÍFICAS

Podemos establecer un corte entre las formas científicas y pre-científicas de pronosticar procesos sociales. Como vimos antes, la línea divisoria tiene partes borrosas aunque es posible establecer una frontera que abarca los siglos XVII y XVIII donde la modernidad triunfante va imponiendo la autoridad de la ciencia.

Enfocando al conjunto de la Antigüedad, Raymond Bloch establece la diferencia entre la adivinación inspirada y la adivinación inductiva o basada en señales⁶. En el primer caso, muy extendido en la antigua Grecia, se trataba de la recepción por parte del sacerdote, de algún otro tipo de intermediario o excepcionalmente de un simple mortal, de un influjo divino que lo iluminaba acerca de acontecimientos futuros. Por lo general, dichos influjos se expresaban de manera críptica, relativamente confusa, lo que requería de los servicios de un intérprete. La expresión embrollada salvaba, generalmente, a la autoridad de la divinidad, que por supuesto nunca se equivocaba, y la discrepancia con los hechos reales eran cargados en la cuenta del intérprete o de la interpretación realizada por el simple mortal del discurso del intérprete. Misterio y lenguaje oscuro conformaron un blindaje que permitió durante milenios reproducir este tipo de adivinación.

En el caso de la adivinación inductiva, muy común en Babilonia o Roma, se trataba de mensajes o señales enviados a través de hechos físicos brindados por la naturaleza, como el vuelo de los pájaros o un eclipse lunar. Los romanos, por ejemplo, habían establecido un sistema estatal de adivinación inductiva basado en

2 “En el sistema de Hegel por primera vez el mundo entero de la naturaleza, de la historia y del espíritu era representado como un proceso, es decir como movimiento, cambio, transformación y evolución constantes buscando demostrar el encadenamiento interno de ese movimiento y de esa evolución”, Engels Friedrich, “*Anti-Dühring*”, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1960.

3 “Lo que por el momento veo con toda claridad es que no existen ni las cosas futuras ni las pretéritas. Y pienso que no se habla con propiedad cuando se dice que los tiempos son tres, pasado, presente y futuro. Más exacto me parece hablar de un presente de lo pretérito, un presente de lo presente y un presente de lo futuro; porque estas tres modalidades las encuentro en mi mente pero por otras partes no las veo. Lo que sé es que tengo una memoria presente de lo pasado, una percepción presente de lo actual, y una expectación presente de lo venidero. Si de este modo se entiende, acepto y afirmo que los tiempos son tres, pasado, presente y futuro como se dice en el uso común.” San Agustín, “Las Confesiones”, Libro XI, Biblioteca de autores cristianos, Madrid, 1988.

4 Minois Georges, op. cit. p. 148.

5 “*De certioribus fundamentis astrologiae*”, “*Tertius interveniens*” o “*Harmonice mundi*”.

6 Bloch Raymond, “*La divination dans l’Antiquité*”, Presses Universitaires de France, París, 1984.

todo un aparato de reglas muy estrictas. También en estos casos la difícil interpretación de esas señales generaba una densa oferta de intérpretes.

Alain Découflé prefiere separar a la profecía, enfocada hacia el destino de un pueblo o de una ciudad, de la adivinación del futuro de un individuo o de un número restringido de personas. En todos esos casos y también en la futurología moderna nos encontramos ante “predicciones” que establecen la próxima o lejana llegada inexorable de un futuro determinado⁷.

Requieren una consideración especial los oráculos (sobre todo su presencia en la Grecia antigua), es decir, las respuestas de los dioses a interrogantes acerca del futuro que implicaban a organizaciones muchas veces de gran peso social y político. Los oráculos, que eran obtenidos en santuarios especiales, a través de ritos rigurosamente establecidos y sirviendo a dioses específicos, se extendieron por toda Grecia y sus zonas de influencia.

El oráculo de Zeus Amon, por ejemplo, se situaba en medio del “Desierto de Libia” zona próxima a la frontera actual entre Libia y Egipto, a casi dos semanas de viaje desde Grecia. Así fue como Alejandro Magno hizo un enorme desvío de su expedición de conquista para recibir el oráculo del dios que como no podía ser de otro modo lo confirmó como legítimo faraón de Egipto.

Pero el más importante de todos fue el Oráculo de Delfos, situado a menos de diez kilómetros del Golfo de Corinto, en el corazón de Grecia. Su origen se remonta al siglo VIII a. C. y aún seguía funcionando casi mil años después, cuando fue rehabilitado por Adriano emperador de Roma (siglo II d. C.) y todavía en pleno siglo IV el emperador Juliano el Apóstata apoyaba su funcionamiento. Finalmente fue clausurado en 394 por un edicto del emperador Teodosio cerrando un largo y accidentado ciclo de aproximadamente mil doscientos años.

El Oráculo de Delfos en su época de esplendor puede ser considerado como el centro de la diplomacia griega, algunos historiadores lo suelen describir como una suerte de Naciones Unidas del mundo helénico donde convergían las élites y grandes multitudes de fieles, una institución poseedora de un enorme poder financiero. Georges Minois lo señala como un caso único de “futurocracia” articuladora estratégica de un complejo sistema de ciudades y reinos⁸.

2.3 UTOPIA Y CIENCIA FICCIÓN

¿Cómo ubicar a la utopía y a la ciencia-ficción? La utopía no aparece como el resultado de una operación mágica, de la interpretación de fenómenos sobrenaturales o de un mensaje divino sino como una reflexión humana, seguramente audaz, acerca de mundos posibles, necesarios, perfectos, confrontados con el mundo real considerado imperfecto, injusto, irracional.

Sus constructores no han sido por lo general videntes ni profetas místicos sino filósofos, científicos, pensadores reputados. Empezando por la sociedad ideal descrita en “La República de Platón” (siglo IV a.C.), pasando por la utopía religiosa de San Agustín (“La Ciudad de Dios”, siglo V)⁹, siguiendo con Tomás Moro (siglo XVI) que inaugura el término “utopía”¹⁰. Tomás Campanella (“La Ciudad del Sol”, comienzos del siglo XVII) y hacia la misma época “La Nueva Atlántida” de Francis Bacon. Así llegamos a los utopistas del siglo XIX y la multiplicación de utopías igualitarias opuestas a las injusticias de la naciente industrialización, donde aparecen nombres como los de Saint Simon, Charles Fourier, Robert Owen o Etienne Cabet y su “Viaje a Icaria”, de gran influencia política en la Europa de esa época donde confronta al naciente capitalismo con una futura sociedad igualitaria.

Estas utopías tenían como telón de fondo científico la emergencia de una filosofía de la historia que fundamentaba la “marcha del progreso”, es decir la evolución humana hacia niveles cada vez más altos de libertad y racionalidad, identificados muchas veces con formas igualitarias, de armonía social, paz, etc. Kant afirmaba que “la Razón es el sentido oculto de la historia” y en sus textos de filosofía de la historia insistía en la dirección progresista de la evolución histórica, una de cuyas metas sería “la paz perpetua”. Por su parte, Hegel en las “Lecciones de filosofía de la historia” identificaba una ley de la historia universal donde la libertad,

7 Minois Georges, “*Histoire de l’avenir. Des prophètes à la prospective*”, p. 17, Fayard, Paris, 1996.

8 Minois Georges, op. cit.

9 El título original de la obra es “*De civitate Dei contra paganos*” (La ciudad de Dios contra los paganos), San Agustín contraponen a su mundo real el imperio romano en completa decadencia, con la “ciudad de Dios”, universo ideal regido por los principios cristianos de justicia, amor y paz. En el inicio de su texto San Agustín señala que el mismo estará consagrado a “La gloriosísima ciudad de Dios, que en el presente correr de los tiempos se encuentra peregrina entre los impíos viviendo de la fe, y espera ya ahora con paciencia la patria definitiva y eterna hasta que haya un juicio con auténtica justicia, conseguirá entonces con creces la victoria final y una paz completa... tampoco hemos de pasar por alto la ciudad terrena; en su afán de ser dueña del mundo, y aun cuando los pueblos se le rinden, ella misma se ve esclava de su propia ambición de dominio”, La ciudad de Dios, Libro I.

10 El término utopía utilizado por Tomás Moro en su obra proviene del griego οὐτοπία (où = no, τόπος = lugar) es decir no-lugar. En el prólogo de la edición española (1627) Quevedo lo traduce como “no hay tal lugar” y William Morris titula “*News from Nowhere*” (1891) a su obra de utopía-ciencia ficción inspirada a la vez por Tomás Moro y Marx. El título original del texto de Moro es “*De Optimo Republicae Statu deque Nova Insula Utopia*” referido a una isla imaginaria, “Utopía”, y a sus habitantes, “los utópicos”, viviendo en perfecta armonía anudada por relaciones fraternales en contraste con el mundo real de ese entonces atravesado por guerras, miserias y otras calamidades.

casi inexistente en las antiguas sociedades orientales, se expandía con el correr de los siglos para realizarse completamente en la era moderna.

Pero esa idea de que la Razón terminará por imponerse en un futuro más o menos lejano (en ese sentido las utopías positivas serían una suerte de anticipación racional del porvenir) se contraponen a las utopías negativas. El siglo XX ha sido un buen caldo de cultivo del pensamiento distópico; obras como "1984" de George Orwell, "Un mundo feliz" de Aldous Huxley o "Fahrenheit 451" de Ray Bradbury marcan un cambio decisivo en la visión del futuro.

Las utopías oponían al mundo injusto y desordenado del presente y del pasado conocido, otro mundo ideal posible fundado en la justicia y la armonía, por lo general, con claros rasgos igualitarios, la "armonía invisible del mundo" coincidente con el orden de la razón que describía Heráclito. Hegel señala que "un fin último domina la vida de los pueblos: la Razón está presente en la historia universal, no la razón subjetiva, particular, sino la Razón absoluta", historia que se desarrolla en la concepción hegeliana como gradual progreso de la libertad, apuntando hacia la armonía¹¹.

Frente a dicho enfoque aparece, sobre todo en el siglo XX, la distopía que proyecta hacia el futuro de manera exacerbada los peores rasgos de la historia real, dominados por una suerte de razón perversa, de razón instrumental desprovista de toda ética. Del cuestionamiento de la idea de progreso emerge una utopía negativa donde muchas veces la tecnología y la ciencia operan como instrumento decisivo en la configuración de sociedades nihilistas.

Por su parte, la ciencia ficción construye escenarios sociales imaginarios (cuentos, novelas, etc.) sobre la base de la sobredeterminación de ciertos avances científico-tecnológicos. La idea de que la tecnología presenta un despliegue autónomo, subordinando completamente las relaciones sociales, prevalece en esos relatos cuyo desarrollo coincide con el de la modernidad, sobre todo en su auge en los siglos XIX y XX¹² donde Mary Shelley realiza el despegue del tema cuando publica en 1818 "Frankenstein o el moderno prometeo", precedida por Cyrano de Bergerac y por nada menos que Johannes Kepler (siglo XVII) y el Barón de Münchhausen (siglo XVIII) con sus fantasiosos viajes a la luna¹³; y seguida por Edgar Allan Poe, Julio Verne, H. G. Wells, y ya entrado el siglo XX con John Windham, Mark Twain, Karel Čapek, Isaac Asimov, etc.

Realizando un procedimiento diferente, la ucronía no se lanza hacia un futuro imaginario sino que retrocede a un punto del pasado donde sucede un evento distinto al histórico, muchas veces contrapuesto... "¿qué hubiera ocurrido si...?"...y desde ese momento de ruptura entre el pasado-real y el otro pasado (posible), que los especialistas en el tema denominan "punto Jonbar", comienza a desarrollarse una nueva historia donde los mismos personajes visibles de la vieja historia, más otros menos visibles pero existentes a los que se suman algunos completamente imaginarios, rehacen el trayecto temporal hasta otro punto del pasado, hasta el presente o incluso hasta el futuro.

¿Qué hubiera pasado si Napoleón no era derrotado en Waterloo?, ¿qué hubiera pasado si el gobierno de la provincia X hubiera adoptado la estrategia A en lugar de la B?, ¿qué hubiera pasado si la empresa W hubiera adoptado la estrategia tecnológica M en lugar de la N?

Esta retrospectiva real-imaginaria es sumamente útil en los ejercicios prospectivos cuya elaboración concluye con un abanico de futuros posibles, pero lo hace apoyándose en un buen conocimiento del sistema estudiado, incluyendo no solo al llamado "pasado objetivo" sino también a un conjunto de pasados posibles, todos ellos formando parte de esa masa variable denominada memoria.

2.4 FUTUROLOGÍA

Futurología, previsión y prospectiva suelen ser a veces confundidas en ciertos textos de divulgación que a veces las cubren con el manto común de "estudios del futuro", y en otros casos se utiliza el nombre de un concepto para referirse a otro. Se trata de términos con historias y significados claramente diferenciados.

La futurología trata por lo general "grandes temas" como la economía mundial, el futuro del planeta, el de una sociedad nacional, el de un sector productivo amplio a escala global o regional, etc. Sus técnicas suelen limitarse a las consultas a expertos (utilizando la técnica Delphi u otras más sencillas), a la realización de algunas extrapolaciones más o menos sofisticadas y a veces al empleo de algún modelo de simulación y en ciertos casos recurre de manera limitada al análisis de sistemas. Por lo general realiza predicciones, es

¹¹ Hegel G.W.F., "La razón en la historia. Introducción a la filosofía de la historia", Union Générale d'Éditions -. 10/18, París 1965.

¹² Winner Langdon, "Tecnología autónoma. La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político", Editorial Gustavo Gili, Colección Tecnología y Sociedad, Barcelona, 1979.

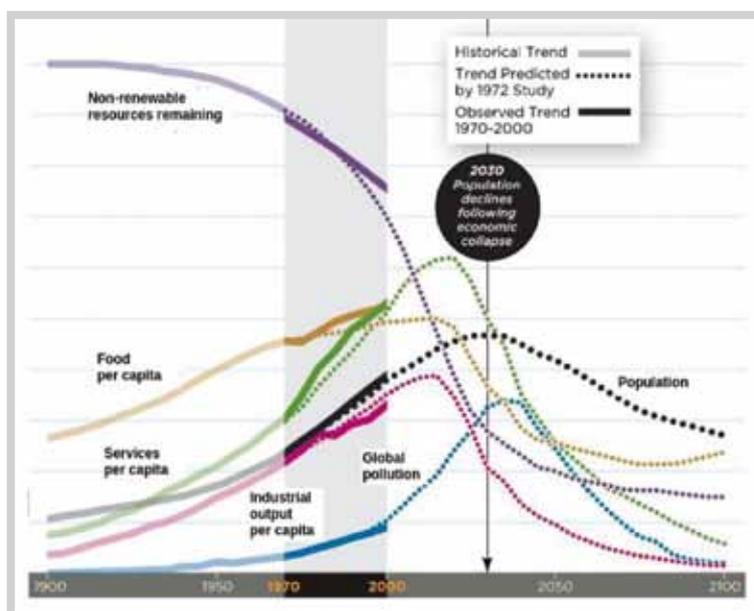
¹³ "El sueño o la astronomía de la luna" novela de ciencia-ficción del gran astrónomo y matemático Johannes Kepler escrita a comienzos del siglo XVII suele ser considerada como el primer relato de ciencia-ficción. Kepler Johannes, "El sueño o la astronomía de la luna", Universidad de Huelva, Huelva 2001.

decir, anticipaciones de evoluciones futuras que en cada caso recorren un único camino. Es el caso de los grandes estudios futuroológicos pioneros como los animados por Herman Kahn en el Hudson Institute y su célebre obra “El año 2000” (1967), el del Club de Roma¹⁴ sobre “Los límites del crecimiento” (1972), el Informe “Interfuturos” de la OCDE (1980) o “2100, relato del próximo siglo” (1990) bajo la dirección de Thierry Gaudin.

En el Hudson Institute fue elaborado el concepto de “escenarios”, el grueso de sus trabajos estaban animados por un fuerte sesgo ideológico ultraconservador característico de la era de la Guerra Fría.

Por su parte, el informe sobre “Los límites del crecimiento” del Club de Roma se basó en un modelo de simulación de dinámica de sistemas elaborado por Jay Forrester. Sus conclusiones, consideradas excesivamente pesimistas, fueron sometidas a duras críticas. Sin embargo, algo más de 30 años después, el Club publicaba la confirmación de sus pronósticos y en 2012, al cumplirse cuarenta años de la primera edición del informe, era realizado un seminario organizado por la *Smithsonian Institution* donde volvía a confirmarse el éxito de los pronósticos¹⁵.

Gráfico 2.4-1 Club de Roma [1972-2000] - pronósticos y realidad.



Fuente: “Limits to growth. The 30 Year Update”, Donatella H. Meadows, Jorgen Randers and Denis Meadows, 2004.

Actualmente, organismos internacionales como el FMI, el Banco Mundial o la Agencia Internacional de Energía suelen publicar estudios futuroológicos fuertemente sesgados por las orientaciones ideológicas de sus directivos acentuadas a veces por intereses del momento, aunque en algunos casos la contundencia predictiva es suavizada a través de la presentación de escenarios alternativos, dando así una cierta imagen prospectivista.

Aún más sesgados son los informes sobre el futuro producidos por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos como el informe “Joint Vision 2020”¹⁶ publicado en el año 2000 o el “Joint Operating Environment 2010”¹⁷ donde se combinan pronósticos energéticos, geopolíticos o demográficos y, por supuesto, militares.

2.5 PREVISIÓN

En previsión se pronostican variables: la evolución del producto bruto interno, de un precio o de un índice de precios, del ciclo de vida de un producto, de la población, etc. Sus pretensiones son en principio más modestas que las de la futurología pero la mayor precisión de sus resultados, por el hecho de que por lo general se apoya en procedimientos matemáticos, terminó por darle un perfil científico riguroso y útil para la toma de decisiones.

El fundamento de las distintas técnicas de previsión es que el desarrollo futuro de una variable está determinado por su pasado o por el pasado de algunas otras variables cuyo comportamiento inciden sobre la variable evaluada. Se trata de una predicción donde aparece una sola trayectoria futura más o menos precisa según el grado de “eficacia” de la técnica empleada.

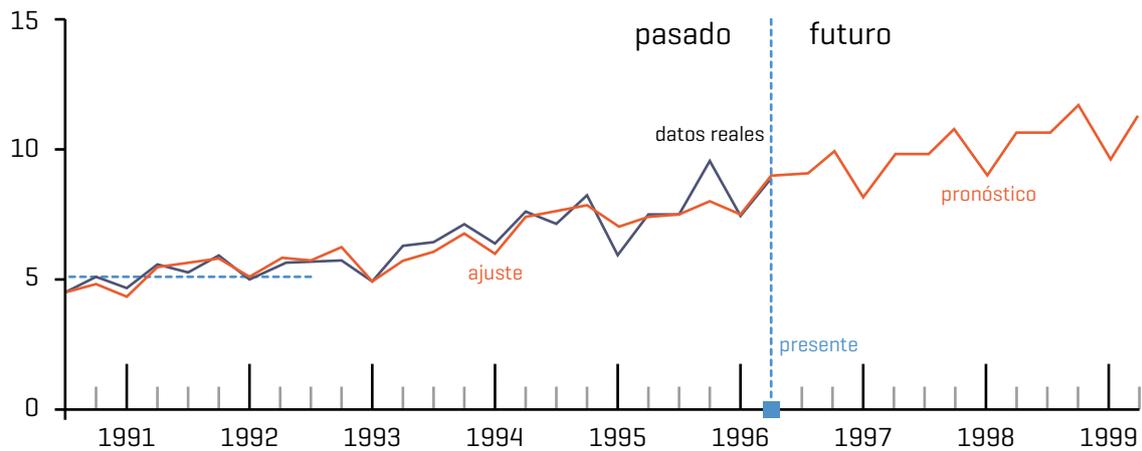
14 El “Club de Roma” fue creado en 1968 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

15 <http://www.clubofrome.org/?p=3392>

16 “Joint Vision 2020: America’s Military—Preparing for Tomorrow”, United States Government US Army, <http://www.offiziere.ch/wp-content/uploads/1225.pdf>

17 *The Joint Operating Environment (JOE) 2010*, Department of Defense, USJFCOM, February 2010. <http://fas.org/man/eprint/joe2010.pdf>.

Gráfico 2.5-3 Caso de pronóstico empleando una técnica de previsión cuantitativa.



El contexto del fenómeno suele estar ausente y para corregir esa carencia en ciertos casos el ejercicio es complementado con alguna dosis de futurología, sobre todo con consultas a expertos, previsión y futurología se reparten el trabajo.

2.6 AUGE, CRISIS Y SUPERACIÓN DE LA “PROSPECTIVA CLÁSICA”

La prospectiva apareció en la década de 1970 como una práctica significativa para la elaboración de pronósticos buscando superar al mismo tiempo la imprecisión de la futurología y el reduccionismo de la previsión pero sobre todo la visión determinista de ambas disciplinas.

A la idea de un futuro único le oponía la de un abanico de futuros-posibles (“futuribles”), a la relación causa-efecto entre pasado y futuro reducida a unas pocas variables cuantificables (previsión) o a la elaboración de “sistemas” o “visiones de la realidad” poco rigurosos, imprecisos (futurología), oponía la construcción de “sistemas de base” con componentes bien delimitados, descritos de manera rigurosa. La prospectiva aparecía a partir de sus primeros ejercicios como un instrumento científico de gran valor para los planificadores que podían así apoyarse en escenarios detallados, es decir, recorridos temporales de sistemas en transformación, para preparar planes, programas y proyectos alternativos que brindaban flexibilidad al proceso de toma de decisiones.

Pensemos que los años setenta, marcados por una crisis global con características muy novedosas no escritas en ningún manual, generaban una incertidumbre paralizante que no podía ser resuelta con pronósticos rígidos, fatalistas. Precisamente, la prospectiva aparecía oponiendo voluntarismo y flexibilidad (el futuro puede ser construido dentro de ciertas condiciones objetivas) al fatalismo de la previsión y de la futurología que proponían actitudes adaptativas basadas en el “conocimiento del futuro” (inexorable).

Cuando el futuro (ya convertido en presente o pasado) no coincidía con el pronóstico, tanto los previsionistas como los futurólogos respondían que en principio la culpa no era de sus modelos o esquemas metodológicos sino de la forma incorrecta de su aplicación, de la mala lectura de su presentación; y cuando era evidente la insuficiencia de los mismos se sugería elaborar nuevos modelos de previsión o futurología. Por ejemplo, era muy común en las décadas de 1960-1970 atribuir los errores de pronóstico (cuando se realizaban ejercicios de previsión) a la irrupción inesperada de algún “factor exógeno” al modelo.

Frente a estas limitaciones la prospectiva se presentaba como una disciplina superadora. Su práctica, inicialmente restringida a Francia, su lugar de origen, se fue extendiendo en Europa alcanzando importantes implantaciones en otras regiones. La escuela francesa había elaborado técnicas que permitían evaluar el peso relativo y las interacciones entre un gran número de variables así como las confrontaciones y alianzas estratégicas entre los llamados “actores” del sistema bajo estudio (matrices de impactos cruzados, matrices de juegos de actores). A las mismas se habían agregado otras provenientes de la futurología como las consultas a expertos, por ejemplo, la técnica Delphi¹⁸, o de manejo de alternativas para la solución de problemas como el análisis morfológico¹⁸.

¹⁸ Representativos de esa escuela fueron los manuales y otros textos de Godet Michel, como “*Crise de la prévision essor de la prospective. Exemples et méthodes*”, PUF, París, 1977 y sus publicaciones posteriores.

Sin embargo, el éxito de la nueva disciplina y la multiplicación de ejercicios prospectivos permitieron descubrir sus insuficiencias. La construcción de sistemas de base donde la separación entre variables “externas” e “internas” era demasiado tajante, al igual que entre los actores “externos” e “internos”, hacía perder de vista interdependencias, presencias que operaban al mismo tiempo desde dentro y fuera del sistema. Además, el concepto mismo de “actor” reducía la riqueza del sujeto interviniente y a veces lo diluía en “juegos de estrategias” donde los protagonismos quedaban embrollados en interacciones que ocultaban identidades, recursos de todo tipo (utilizados o no) que integraban su potencial de acción.

Por otra parte el desarrollo de numerosos ejercicios prospectivos presentaba componentes que no podían ser encasillados en la clasificación actores-variables. Se trataba de fenómenos complejos que merecían una consideración especial, por ejemplo, las crisis, las dinámicas culturales o las interacciones-interpenetraciones de ciclos de distinta edad.

También la idea de pasado único y objetivo aparecía como insuficiente para entender el comportamiento de los sujetos intervinientes en el sistema, cuya historia abría el juego al desarrollo de pasados posibles, en ciertos casos pensados aunque no realizados, o que tuvieron algún esbozo casi imperceptible de tentativa de realización. Todo ello formando parte de la memoria, componente decisiva en el proceso de toma de decisiones, aunque no una memoria rígida sino en interacción con los proyectos para el futuro atravesando el presente. Era evidente que la retrospectiva realizada por la prospectiva clásica, describiendo historias individuales, interacciones de actores y variables y visiones de conjunto, superaba a la previsión, limitada a unas cuantas trayectorias de variables cuantificables, y a la futurología, que incorporaba de manera no rigurosa algunos hechos del pasado. Sin embargo, dicha retrospectiva aparecía como demasiado pobre ante la riqueza de recursos útiles y posibles de obtener, lo que prometía un estudio más detallado y sistemático de la memoria.

Hacia fines de la década del ochenta, Jacques Antoine, en un *paper* con mucho impacto entre los especialistas, proponía pasar de la prospectiva “infantil o adolescente”, que calificaba como de “primera edad”, reduccionista, economicista, cartesiana, simplificadora, no completamente liberada de los moldes de la previsión, a la prospectiva “madura”, “de segunda edad” atenta a los matices, a la complejidad del mundo real, a los fenómenos culturales, sociopolíticos, etc. No se trataba, según Antoine, de eliminar o reducir las evaluaciones cuantitativas o el empleo de instrumentos matemáticos sino casi seguramente de incrementarlos, darles mayor alcance pero incorporando componentes sociales hasta entonces descuidados¹⁹.

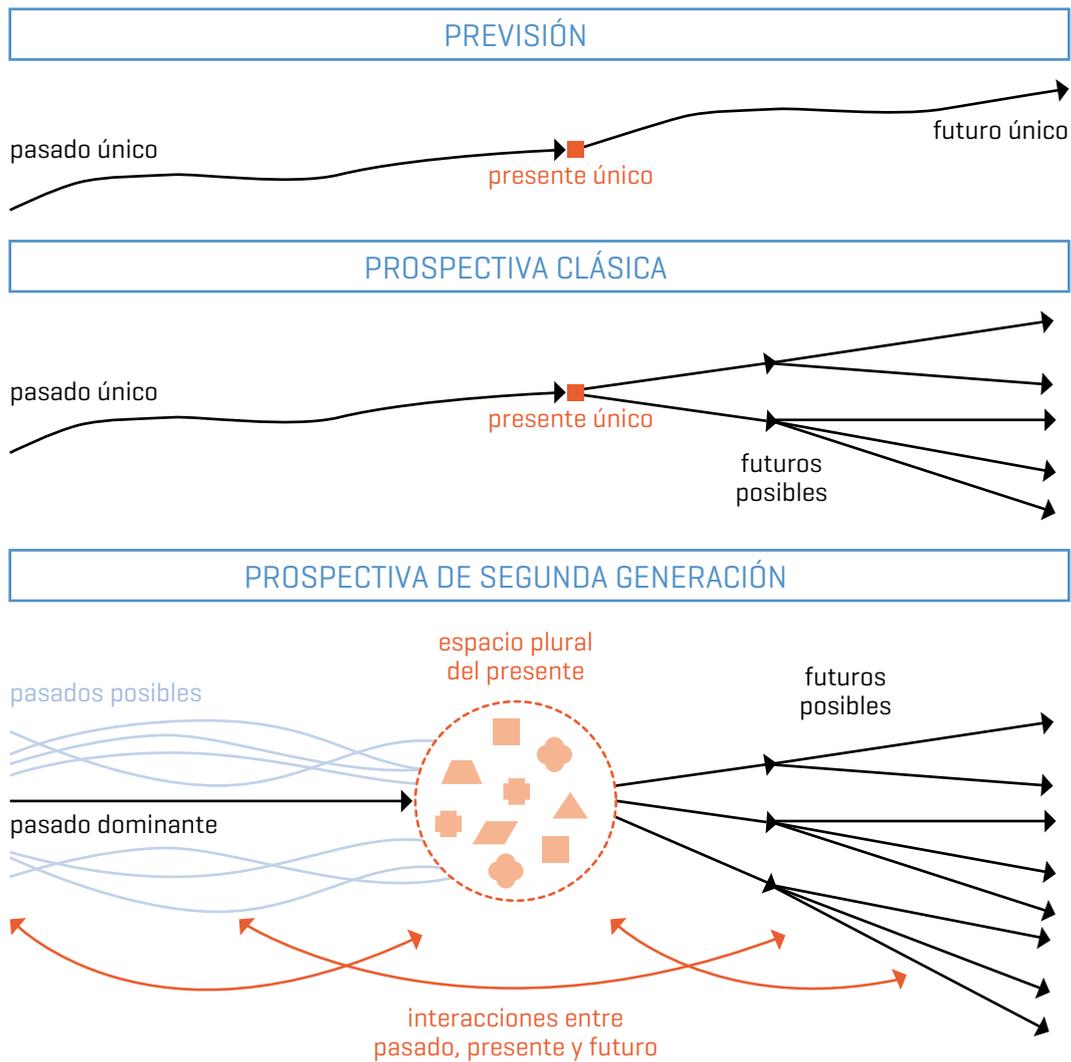
Un poco más de diez años después, Pierre Gonod, seguido por buen número de especialistas, establecía un antes y un después en la evolución de la disciplina. En primer lugar, planteaba la necesidad de afirmar su carácter sistémico colocando en su basamento al análisis de sistemas complejos, ampliando el esquema actores-variables a componentes que superaban esa clasificación, asumiendo la dialéctica compleja del devenir y de ese modo profundizando la ruptura respecto de los esquemas secuenciales rígidos heredados de la previsión, estableciendo interrelaciones dinámicas entre pasado, presente y futuro, este último alimentando, recomponiendo la memoria con proyectos, deseos, voluntarismos, a la vez impulsados, condicionados, por una memoria plural y en transformación²⁰. A la idea de pluralidad del futuro (futuribles) se agregaba la de los pasados posibles y la de pluralidad del presente, es decir, la integración de las diferentes visiones del presente según cada protagonista o grupos de protagonistas, aspecto necesario para entender sus estrategias.

Junto a estas reflexiones teóricas aparecía también la necesidad de incorporar al ejercicio prospectivo una gran variedad de técnicas practicadas en previsión y futurología, dándole un uso diferente. La prospectiva clásica se había popularizado empleando un reducido número de técnicas pero la práctica impulsaba la necesidad de desplegar un cierto pragmatismo metodológico destinado a resolver problemas concretos en la elaboración de pronósticos.

¹⁹ Antoine Jacques, “Pour une prospective de deuxième age”, revista *Futuribles*, Juillet-Août 1988.

²⁰ Gonod Pierre, “*Dynamique de la prospective*”, CPE-ADITECH, París 1990.

Gráfico 2.6-1 Previsión, prospectiva clásica y prospectiva de segunda generación.



2.7 PROSPECTIVA DE SEGUNDA GENERACIÓN

2.7.1 DIFUSIÓN DE LA PROSPECTIVA

El siglo XXI presencia una verdadera explosión de estudios prospectivos. Gobiernos nacionales, organismos internacionales, empresas, organizaciones sociales utilizan dicho instrumento. En el origen de la disciplina su práctica se limitaba a Europa Occidental y a algunas grandes empresas y organismos oficiales pero rápidamente se propagó y hacia el final del siglo XX se registraban varios centenares de estudios prospectivos en curso principalmente en los países de alto desarrollo. Actualmente, asistimos a un triple proceso, por una parte la multiplicación de estudios prospectivos tanto en los países centrales como en los periféricos, sobre todo en los emergentes a través de actividades puntuales, programas permanentes y centros especializados.

Por otro lado, los ejercicios prospectivos abarcan un abanico creciente de áreas temáticas: industriales, tecnológicas, territoriales, sociales, políticas, religiosas, agrícolas, etc. Finalmente los mismos ya no se limitan a la evaluación de grandes sectores (megaempresas, temas económicos globales, grandes desarrollos tecnológicos internacionales, sectores productivos a nivel global o regional, etc.) sino que también se extienden a sectores de dimensión media (grupos de PyME, municipios, etc.) y más recientemente a nivel micro (PyME individuales, pequeñas localidades, innovaciones a escala reducida, etc.) en algunos casos combinando evaluaciones macroprospectivas con microprospectivas, por ejemplo, en temas de desarrollo territorial, y en otros casos, en ejercicios microprospectivos sin asociaciones a nivel macro.

Desde su origen los ejercicios prospectivos han intentado apoyarse en una visión sistémica de la realidad, sin embargo, en su primera etapa, que podríamos calificar como “prospectiva clásica” (o de “primera edad” según lo señalaban autores como Gonod o Antoine), se trató de análisis de sistemas con fuertes sesgos reduccionistas-cartesianos, excesivamente simplificadores, que no daban lugar a matices, con clasificaciones excesivamente rígidas, con una visión de la temporalidad fuertemente impregnada de visiones propias de la previsión, con un paquete de técnicas muy limitado.

Esas limitaciones fueron gradualmente superadas y actualmente emerge una práctica mucho más flexible, menos esquemática.

2.7.2 SISTEMA COMPLEJOS

Un cambio decisivo ha sido el paso desde el análisis simplista de sistemas al análisis de sistemas complejos tal como aparecen en la realidad social, es decir, conjuntos heterogéneos integrados por un gran número de componentes en transformación, abiertos al contexto, con propiedades sistémicas emergentes independientes de las propiedades particulares de sus componentes pero sin sobredeterminarlos completamente. Rolando García señalaba que “un sistema complejo es un sistema en el cual los procesos que determinan su funcionamiento son el resultado de la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que el sistema no es descomponible sino semidescomponible, (por consiguiente) no puede ser descrito por la simple adición de estudios independientes sobre cada uno de sus componentes”²¹.

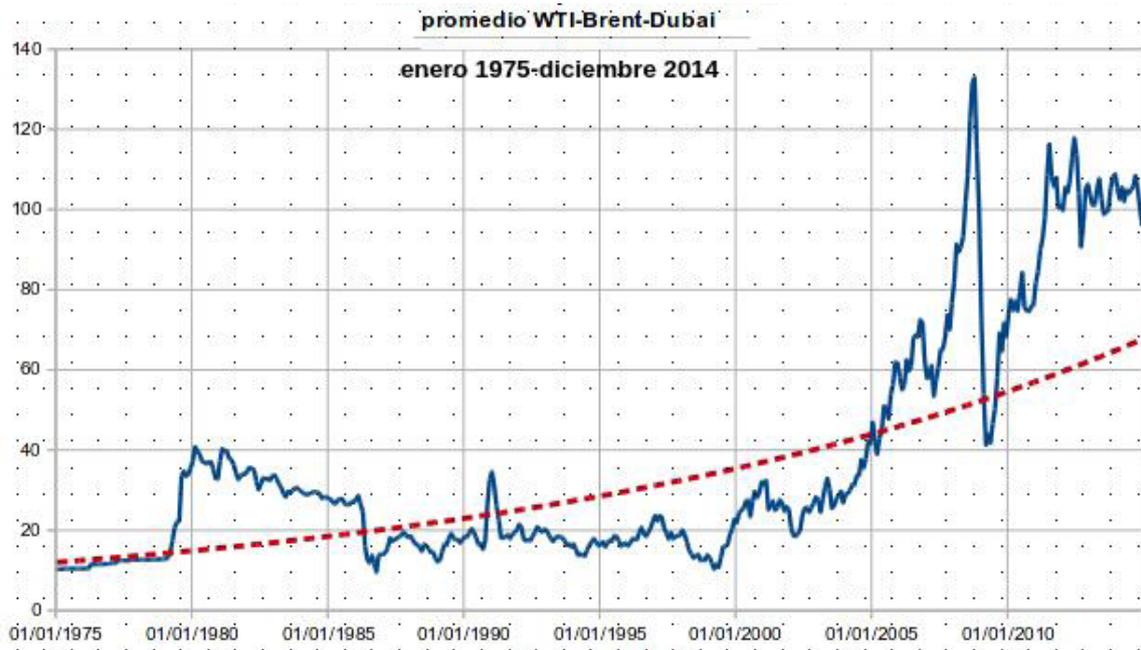
Cuando hablamos de “sistema complejo” estamos señalando:

- 1 Que el mismo posee un comportamiento global (propiedades emergentes) que es más que la suma o combinación de sus componentes.
- 2 Eso no significa que el todo, la globalidad, sobredetermina completamente a cada una de las partes, estas últimas disponen de diferentes grados de autonomía que es posible detectar, describir, pronosticar.
- 3 Cuando descomponemos al sistema en sus componentes se evaporan las propiedades emergentes, desaparece la totalidad, por consiguiente la realización de pronósticos parciales no nos permite pronosticar al conjunto. Puede ocurrir que el comportamiento de una o varias componentes o de un subsistema sean tan desordenados que sus pronósticos resulten imposibles; sin embargo un pronóstico puede llegar a ser posible cuando ampliamos la visión hacia el conjunto.
- 4 Esto no quiere decir que los pronósticos parciales sean una tarea inútil, precisamente los niveles de autonomía de los componentes o de los subsistemas permiten pronosticar comportamientos sujetos a ciertas restricciones o convenciones muy fuertes del tipo “supongamos que el resto del sistema...”. Imaginemos un estudio prospectivo sobre el mercado global del petróleo con un horizonte de diez años (2016-2025), su realización requerirá la construcción de un sistema más su contexto sumamente complejo con una gran cantidad de variables, protagonistas y fenómenos complejos y la convergencia transdisciplinaria, combinando conocimientos de economía, ciencia política, geología, etc.

Aprender la totalidad, su comportamiento global, nos llevará a deducir comportamientos parciales pero, al mismo tiempo, la evaluación reduccionista de subsistemas o grupos pequeños de variables y protagonistas nos puede ayudar para abordar el sistema. Por ejemplo, el precio del petróleo nos muestra una tendencia a largo plazo ascendente mientras que el análisis de su volatilidad nos enseña que dicho precio es crecientemente inestable con un salto significativo hacia la incertidumbre desde mediados de la primera década del siglo XXI.

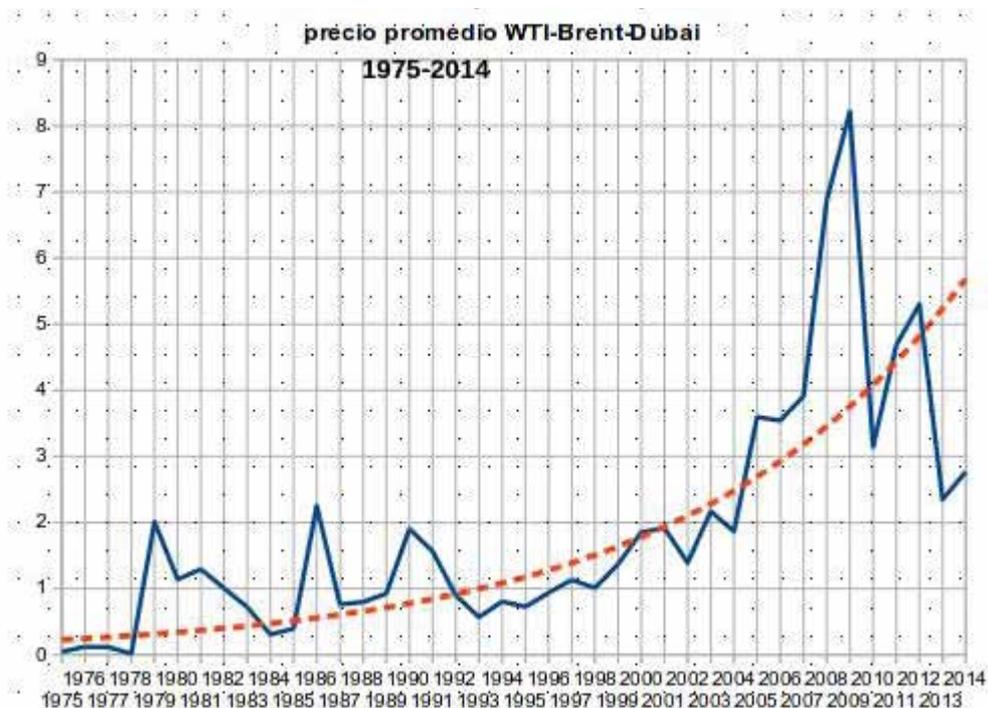
²¹ García Rolando, “Sistemas complejos”, Gedisa, Barcelona, 2008.

Gráfico 2.7.2-1 Precio del petróleo crudo



Fuente: Banco Mundial

Gráfico 2.7.2-2 Volatilidad del precio del petróleo



Fuente: elaboración propia en base a datos del Banco Mundial.

La mirada crítica sobre la evolución de esas dos variables nos sugiere extender la reflexión hacia componentes tales como la oferta de petróleo crudo, su demanda, las reservas explotables, la especulación financiera sobre *commodities*, el rol de organizaciones como la OPEP, de gobiernos como los de Arabia Saudita o de Estados Unidos; en suma, apoyándonos en el disparador precios-volatilidad extendemos la visión hacia un espacio importante del sistema y su contexto. Del mismo modo, si despegamos la evaluación desde algún protagonista, por ejemplo, los especuladores financieros o el grupo de las grandes transnacionales petroleras, extenderíamos la mirada hacia un vasto abanico de componentes del sistema.

2.7.3 PRAGMATISMO METODOLÓGICO

Esta apertura a los enfoques parciales pero también a las visiones generales provisorias amplía el patrimonio metodológico de la prospectiva de segunda generación. A las nuevas técnicas son agregadas las heredadas de la previsión, básicamente extrapolaciones más o menos sofisticadas realizadas con tratamientos de series temporales, analogías, curvas en forma de S, etc., no para pronosticar el comportamiento futuro de variables sino para evaluar mejor su recorrido pasado, sus consecuencias cuando les hacemos seguir su dinámica de manera individual, prescindiendo del (o “congelando” al) resto del sistema y su contexto.

También son incorporadas técnicas provenientes de los ejercicios futuroológicos como las diversas modalidades de consultas a expertos (Delphi, *Brainstorming*, etc.) o algunas simulaciones sencillas.

Y, por supuesto, todo el paquete de la prospectiva clásica pero quitándole su antiguo rol hegemónico, su visión excesivamente simplificadora y, sobre todo, sus inclinaciones cartesianas ante el análisis de sistemas (complejos). Esto lleva, por ejemplo, a reducir la sofisticación excesiva de técnicas como, por ejemplo, la Matriz de Análisis Estructural (ver más adelante el punto 4.2.2.e) que ahora es utilizada como un instrumento sencillo, una ayuda más entre otras para seleccionar variables significativas.

En suma, el ejercicio prospectivo retoma el objetivo inicial de la disciplina: diferenciarse de la rigidez de la previsión que establecía una vía única marcada por la secuencia pasado- presente-futuro, atrapada por una metodología que se desplegaba como una receta infalible. El término “prospectiva” busca sus raíces en el latín con el adjetivo “*prospectivus*”: visión relativa a partir del lugar de observación, y el verbo “*prospicere*”: ver tomando distancia de lo observado, observar desde distintos ángulos y de manera amplia.

Gaston Berger en sus escritos fundacionales de la disciplina²² establecía principios indispensables: ver más allá de lo inmediato, tener una buena visión general de la realidad evaluada y, al mismo tiempo, ver en profundidad, no descuidar los detalles; lo que requería, según él, una gran flexibilidad metodológica, buscando así aprehender el devenir siempre en transformación.

2.7.4 SIMULACIONES

Las simulaciones han pasado a constituir un capítulo decisivo del ejercicio prospectivo. A partir de un modelo, representación simplificada de la realidad, son simuladas relaciones y dimensiones de los componentes para llegar a comportamientos alternativos del sistema.

Suele establecerse la diferencia entre modelos de simulación deterministas, cuando las mismas entradas producen los mismos resultados sin intervención del azar, y simulaciones estocásticas cuando interviene el azar, cuando las relaciones entre variables se toman por medio de funciones probabilísticas.

Podemos trabajar con modelos de simulación sencillos, con un pequeño número de componentes y de fácil comprensión y manipulación, o bien con modelos complejos, con elevado número de componentes y relaciones de difícil comprensión. Este segundo tipo de modelos acentúa la separación entre expertos y “decididores”, entre los especialistas en prospectiva y los protagonistas (dirigentes, grupos sociales, etc.) responsables de la toma de decisiones a partir del ejercicio prospectivo.

Preferimos trabajar con modelos sencillos, transparentes, lo que permite impulsar el aspecto participativo del ejercicio. Por otra parte no es deseable apoyar la simulación en un solo modelo por más eficaz que parezca, capaz de resolver de una vez y para siempre los posibles comportamientos futuros del sistema. Preferimos emplear una batería de pequeños modelos con los que son testeados aspectos parciales y generales, generando reflexiones desde distintos ángulos de observación.

Por ejemplo, un pequeño modelo determinista nos puede permitir reflexionar acerca de cambios en un conjunto de variables inducidos por variaciones de distinta magnitud en algunas de las mismas. Por otra parte un pequeño modelo estocástico nos permitiría reflexionar acerca de las consecuencias en el comportamiento del sistema causadas por las preferencias relativas probables de un grupo de decididores.

En ambos casos, podría tratarse del mismo tema al que nos aproximaríamos con dos modelos diferentes. No resolveríamos completamente el problema del comportamiento futuro del sistema aunque enriqueceríamos nuestra reflexión al respecto con un manejo bien controlado de protagonistas y variables, lo que no es poca cosa.

Disponemos actualmente de un amplio stock de modelos de simulación de distinto nivel de complejidad que pueden ser empleados para testear sistemas y elaborar escenarios.

²² Berger Gaston, “*Phénoménologie du temps et prospective*”, Presses Universitaires de France, Paris, 1964.

Entre ellos destacamos los de redes neuronales artificiales que modelizan los sistemas neuronales reales y pueden manipular un número grande de variables estableciendo reglas de aprendizaje y arquitecturas que permiten pronosticar con gran flexibilidad. Se trata en este caso de aproximaciones parciales, reduccionistas, que posibilitan trabajar sobre interacciones relativamente complejas. La técnica viene siendo utilizada con buenos resultados desde fines de la década del noventa aunque existen algunas experiencias interesantes anteriores.

Existe la pretensión de utilizar esos modelos como reemplazo de las técnicas tradicionales de tratamiento de series temporales que extrapolan una sola variable o realizan correlaciones entre varias, en prospectiva empleamos redes neuronales artificiales entre otras técnicas de aproximación al conocimiento del sistema complejo estudiado y en consecuencia de sus comportamientos alternativos futuros.

2.7.5 TEORÍA DEL CAOS

Los procesos de globalización y aceleración del cambio tecnológico, unidos a la cada vez mayor complejidad social, a la multiplicación de turbulencias de todo tipo y de hipersensibilidad de sistemas complejos ante cambios de diferente magnitud, a veces casi insignificantes, han generado la necesidad de desplegar aplicaciones de la "teoría del caos" buscando, por ejemplo, resolver problemas de pronósticos de corto plazo condicionados por realidades muy inestables.

La raíces de la teoría se extienden hacia fines del siglo XIX con los trabajos de Henri Poincaré demostrando lo que va a constituir varias décadas después uno de los pilares de la misma: la evolución de sistemas que afectados por pequeñas perturbaciones iniciales podían evolucionar hacia situaciones impredecibles.

Pero el despegue ocurre a comienzos de la década de 1960 con las investigaciones de Edward Lorenz quien tratando de resolver problemas de pronósticos meteorológicos entró de lleno en la teoría del caos. Habiendo construido un modelo matemático simple para describir el comportamiento atmosférico descubrió que mínimos cambios en los valores iniciales de las variables llevaban a resultados muy divergentes; se trataba de un sistema caótico donde era imposible conocer de manera exacta los parámetros que fijan las condiciones iniciales (como sabemos, toda medición incluye márgenes de error aunque sean ínfimos).

En el mundo real nos encontramos con sistemas "estables" cuando tienden hacia un punto u órbita (es decir un "atractor"), "inestables" cuando escapan a todo tipo de atractor y, finalmente, "caóticos" cuando manifiestan ambos comportamientos (por un lado, existe un atractor por el cual el sistema se ve atraído, pero a la vez existen fuerzas que lo alejan del mismo). El comportamiento de los sistemas caóticos puede ser pronosticado, su desarrollo temporal puede ser prospectado en el corto plazo pero resulta impredecible en el largo plazo.

Formalmente la teoría del caos trabaja con sistemas complejos, no lineales y dinámicos. Complejos porque se componen por un gran número de elementos, no lineales porque las correspondencias entre elementos no son proporcionales y dinámicos porque va atravesando distintas fases a lo largo del tiempo. Realidades complejas, cambiantes de manera inconstante y aperiódica.

La experiencia climática fue luego trasladada a numerosos casos en una gran variedad de disciplinas científicas, la llegada de estos descubrimientos a las ciencias sociales permitió desde los años noventa desarrollos en temas tan variados como los pronósticos bursátiles, las crisis sociales y políticas, los impactos económicos de los cambios tecnológicos, etc.

La llegada de la complejidad y el caos no solo cuestionó a la previsión tradicional sino también a la prospectiva de primera generación, demasiado aferrada a un esquema que buscaba apoyarse en el análisis de sistemas pero reduciéndolo a simplificaciones excesivas, instalando de hecho una suerte de híbrido entre el análisis de sistemas y las viejas concepciones cartesianas, como ya lo señalaba Pierre Gonod en los noventa²³.

La primera reacción de los prospectivistas clásicos fue de rechazo, llegando en algunos casos a ataques virulentos como el que realizó Michel Godet en 1991 con un artículo cuyo título lo decía todo "¡Viva Descartes! Alto a la complicación de lo complejo"²⁴. Pero con el tiempo las aguas se fueron calmando y la propia realidad social, cada vez más inestable y cambiante, generó necesidades en los tomadores de decisiones que fueron modificando el perfil de la demanda de estudios del futuro a la que los especialistas tuvieron que adaptarse.

Llegamos ahora a una situación donde las técnicas de la teoría del caos van siendo incorporadas no a la velocidad con que muchos de sus difusores iniciales suponían ni como solución completa a los problemas

²³ Gonod Pierre, op. cit.

²⁴ Godet Michel, "Vive Descartes!. Halte à la complication du complexe", *Futuribles*, París, novembre 1991.

planteados por los pronósticos de corto plazo de sistemas turbulentos. Se trata de una contribución valiosa, interesante pero limitada, formando parte de la batería de instrumentos que buscan entender la dinámica de los sistemas reales a través de sucesivas aproximaciones (ninguna definitiva), todas ellas ayudando a construir una visión prospectiva flexible útil para la planificación.

2.7.6 TEORÍA DE LA REPRODUCCIÓN SOCIAL

La Teoría de la reproducción social focaliza el entrelazamiento de distintos ciclos de reproducción al interior y en el entorno de sistemas complejos. Su desarrollo se produjo a partir de los trabajos pioneros de Yves Barel²⁵ inspirados en las teorizaciones de Marx acerca de la reproducción económica como parte de un fenómeno más amplio incluyendo según el esquema de Lefebvre a las reproducciones de productos, de relaciones sociales y de culturas²⁶. Como señala Barel, se trata de detectar la combinación de cambios e invariancias que descubren la dinámica de los sistemas (complejos) y por consiguiente sus posibles recorridos futuros que abarcan a un conjunto de componentes, de parcialidades posibles de aprehender abstractamente pero que constituyen una totalidad que solo puede ser entendida como tal.

Así podemos referirnos a las reproducciones de las clases sociales, demográfica, económica, educativa, tecnológica, científica, cultural, política, religiosa, etc., es decir, cortes abstractos que informan acerca de la totalidad concreta que no evoluciona armoniosamente sino en medio de conflictos, rupturas, superaciones, involuciones. Lefebvre señala que se trata "de un proceso complejo que implica contradicciones no simplemente repitiéndolas sino desplazándolas, modificándolas, ampliándolas"²⁷.

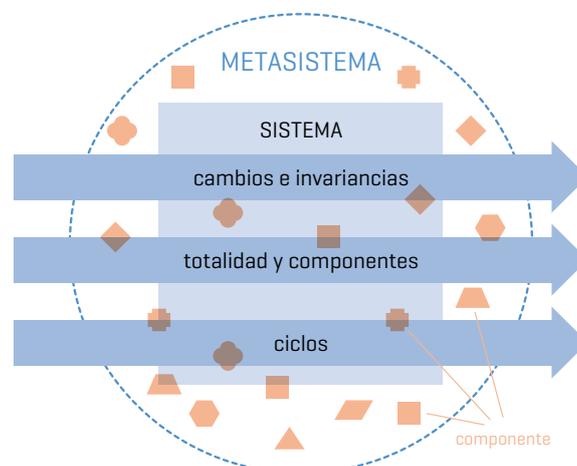
Contradicciones entre los cambios y las permanencias o invariancias (resistencias, irrupciones, rupturas, diferenciaciones, consensos...) pero también entre el todo y las partes en un juego de integraciones y autonomías, jerarquizaciones y disidencias donde, además, la reproducción del sistema es indisociable de la del metasistema que lo contiene.

La detección del devenir del sistema evaluado, la construcción de sus escenarios futuros aparece, entonces, como una sucesión de aproximaciones entre el estudio de la reproducción de sus componentes y de la totalidad sistémica que las incluye, focalizando sus diferentes "ciclos" de reproducción (cuyas longitudes no tienen por qué coincidir) que van conformando un ciclo sistémico general.

Se trata de cortes abstractos necesarios para entender la realidad en transformación. Ello es evidente cuando trabajamos sobre procesos macrosociales de gran dimensión (por ejemplo, un país) pero también cuando lo hacemos en sistemas de menor dimensión (una pequeña localidad, una cooperativa de producción, un instituto de investigación).

Por ejemplo, la introducción de una innovación tecnológica en un sistema productivo plantea problemas que pueden ser en gran parte resueltos construyendo escenarios futuros, para cuya elaboración es necesario responder sobre la evolución de las relaciones entre ese sistema y su contexto (competencia, demanda, marco legal, etc.) y entre los componentes de dicho sistema (la reproducción de jerarquías, asociaciones y rivalidades, etc.). Todo esto inscripto en una transformación compleja, contradictoria, de nodo que, a partir de allí, se pueda ascender a una visión general (aunque atenta a los detalles).

Gráfico 2.7.6-1 Reproducción social



25 Barel Yves, "La reproducción social. Systèmes vivants, invariance et changement", Éditions Anthropos, París, 1973.

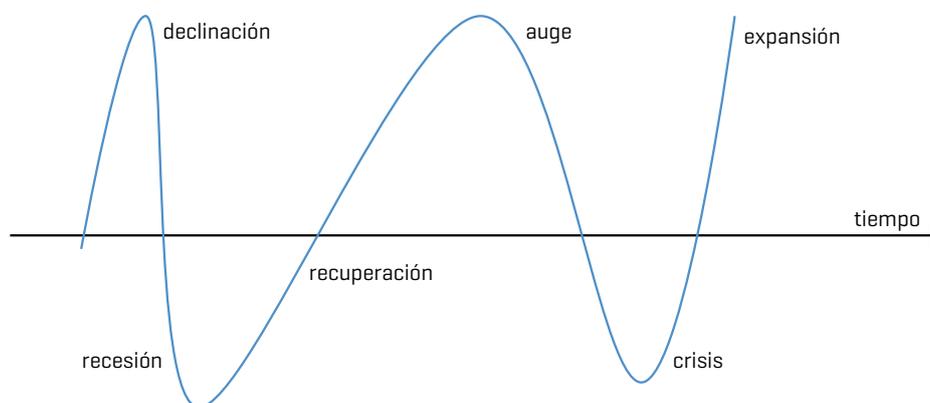
26 Lefebvre Henri, "Au delà du structuralisme", Éditions Anthropos, París 1971. "La reproduction des rapports de production", *L'Homme et la Société*, París, no 22, oct-nov-déc 1971, no 23 janvier-février, mars 1972.

27 Lefebvre Henri, "La survie du capitalisme. La re-production des rapports de production", Éditions Anthropos, París, 1973.

2.7.7 - TEORÍA DE CICLOS

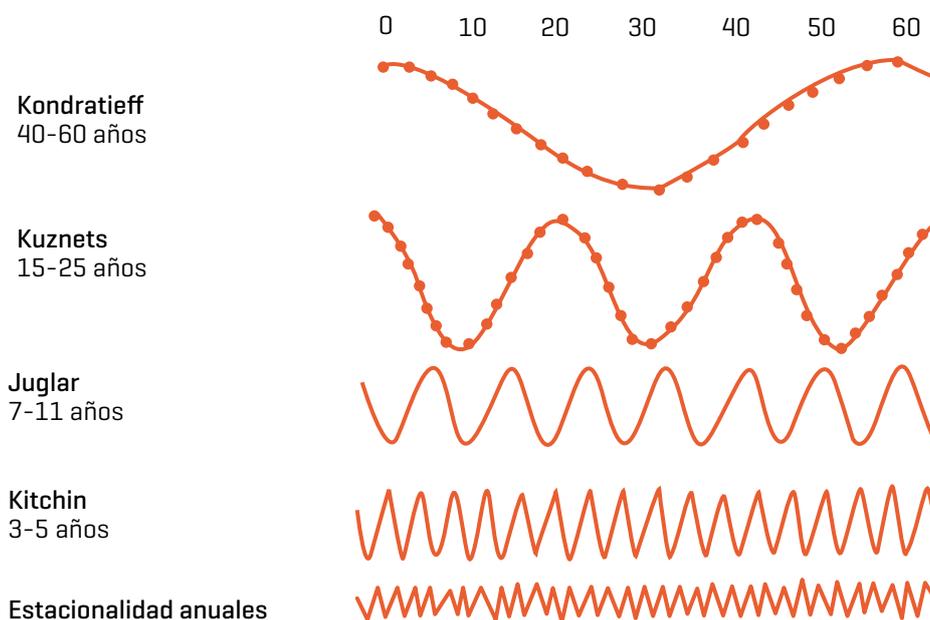
Dada una serie temporal referida a un hecho social determinado (económico, demográfico, tecnológico, político, cultural, etc.) es posible detectar fluctuaciones periódicas (de corto, mediano y largo plazo) que se expresan como sucesión de fases de expansión y contracción en torno de una tendencia lineal, exponencial, etc. pero también en torno de ciclos mayores.

Gráfico 2.7.7-1 Fases del ciclo



En los estudios macroeconómicos aparecen los ciclos clásicos siempre útiles en prospectiva.

Gráfico 2.7.7-2 Ciclos clásicos



La detección de variaciones cíclicas en el pasado no nos asegura que las mismas se repetirán en el futuro. Los modelos de previsión de ciclos se apoyan precisamente en la hipótesis conservadora de repeticiones de ese tipo pero una evaluación sistémica, donde la variable fluctuante es introducida en un amplio espacio de interacciones, asume esa realidad del pasado como una de las varias hipótesis de comportamiento futuro.

Un buen ejemplo de ello son las ondas largas de Kondratieff, ciclos que se expresan con distintos matices en las grandes economías arrastrando al conjunto, aunque los cambios globales recientes, sobre todo el proceso de "financiarización", han puesto en duda la repetición de ese ciclo en el futuro²⁸. Se trata de ciclos de entre 50 y 60 años de duración, con una etapa de ascenso (25 a 30 años) y otra de descenso (25 a 30 años). El primer ciclo detectado por Kondratieff (coincidente con el inicio del capitalismo industrial) arranca a fines del siglo XVIII y concluye su fase de caída hacia 1848-1850; el segundo comienza desde esa última fecha y cul-

mina hacia fines del siglo XIX, y el tercero cubre casi toda la primera mitad del siglo XX y concluye su etapa de descenso entre 1945 y 1950. La polémica se desata en torno del pasaje del cuarto al esperado quinto ciclo ya que el cuarto ciclo concluye su ascenso entre 1968 y 1973, siguiendo los ritmos de los ciclos anteriores, en consecuencia la fase de descenso debería haber concluido entre 1993 y 1998 (si tomamos la extensión de 25 años) y 1998-2003 (si tomamos la extensión de 30 años) pero resulta que las tasas de crecimiento real de la economía mundial vienen recorriendo una tendencia descendente desde comienzos de los años setenta y se han prolongado hasta hoy (2015).

¿Se trata del fin de este tipo de ciclos o bien de su alargamiento?

Autores como Fernand Braudel o Gaston Imbert habían integrado a los ciclos de Kondratieff en ondas mucho más largas, por ejemplo, los *"trends"* pluriseculares. Braudel señalaba en la década de 1970 que "el comienzo evidente después de 1974 pero iniciado antes de una crisis de larga duración, anormal, desconcertante, coloca el centro de la atención de los especialistas acerca de fenómenos de larga duración"²⁹: en función de ello constataba cuatro mega ciclos o *"trends"* (inicio del ascenso, cenit, fin del descenso): primer *trend* (1250-1350-1507/10), segundo *trend* (1507/10-1650-1733/43), tercer *trend* (1733/43-1817-1896), cuarto *trend* (1896-1974-...?).

El cuarto trend incluye un Kondratieff completo (1896 - 1945) y la mitad del siguiente (1945/50 - 1974 de ascenso) y Braudel pronostica una fase declinante de larga duración donde en su inicio coincidirían el comienzo de las fases descendentes del ciclo Kondratieff y del trend. Braudel sostenía lo siguiente en la segunda mitad de los años setenta: "en 1973-74 comenzó la fase declinante del Kondratieff iniciado hacia 1945, pero ¿no se habría producido además, como ocurrió en 1817, un cambio de fase del trend en una suerte de doble cambio de tendencia? Yo me siento tentado a creerlo... y si este libro cae algún día entre las manos de un lector de más allá del año 2000 tal vez se divierta al leer estas líneas"³⁰.

Si tomamos como antecedente las dos últimas declinaciones (segundo y tercer trend) podríamos anticipar una declinación prolongándose aproximadamente hasta mediados del presente siglo,... pero la historia no tiene por qué repetirse, es necesaria una evaluación más rigurosa.

Más allá de los ciclos clásicos, los *trends* y otros megaciclos, es posible detectar una muy amplia variedad de fluctuaciones específicas, desde movimientos diarios o semanales hasta pluriseculares. Recorridos temporales de precios, producciones, poblaciones, propagaciones de innovaciones, evoluciones políticas, etc.

No se trata sólo de descubrir ciclos sino de ampliar la visión integrándolos a espacios sociales más complejos tanto desde el punto de vista práctico como teórico.

2.7.8 MEMORIA PLURAL

La descripción del sistema bajo estudio plantea su retrospectiva, es decir, la memoria del pasado plenamente realizado, confirmado por datos cuantitativos, relatos consensuados, etc. y de sus "pasados posibles", a veces bien documentados y otras ocultos o subestimados, no sólo referidos al sistema sino también a su entorno, en suma el conocimiento del sistema requiere revelar una memoria plural.

Henri Bergson alertaba acerca de la ilusión del determinismo retrospectivo³¹, es decir, la idea de que lo que objetivamente ocurrió obedeció a un encadenamiento inevitable de causas y efectos que condujeron hacia una situación dada, visión fatalista del pasado que aparece como la cara opuesta de otra donde el pasado aparece como el teatro del azar.

En realidad, los procesos sociales no son el resultado de la fatalidad ni del azar, disponen de espacios de libertad relativos, condicionados por el contexto y por la historia y la capacidad innovadora de sus protagonistas. A su vez el "contexto" tampoco es una masa rígida; evoluciona, sufre rupturas, etc. Y la memoria que descubre, despliega el pasado, tampoco es un mecanismo neutro, recorre el pasado desde el presente, es decir, desde el presente del observador del pasado, en consecuencia, condicionado por diversos factores y diferenciado de otros observadores (en tiempo presente) del pasado.

La prospectiva clásica había conseguido superar la visión lineal (fatalista) del futuro abriendo el juego de los "futuros posibles", la prospectiva de segunda generación va más allá y abre otros dos espacios de libertad, el del pasado y el del presente.

²⁸ Beinstein Jorge, "Esperando inútilmente al quinto Kondratieff", Revista *El Viejo Topo*, n° 253, Barcelona, febrero de 2009.

²⁹ Braudel Fernand, *"Civilisation matérielle, Economie et Capitalisme"*, tome 3, Armand Colin, París, 1979.

³⁰ Braudel Fernand, op. cit.

³¹ Bergson Henri, *"La pensée et le mouvant"*. Les Presses Universitaires de France, París, 1969.

Tomemos el caso de los decididores de un sistema productivo a punto de elaborar una estrategia innovativa. Ellos tienen ante sí lo realizado, sus logros pero también sus insuficiencias ante cambios de contexto o sus deficiencias mostradas en la experiencia de trabajo. Seguramente necesitarán realizar un ejercicio retrospectivo que contribuirá a la construcción del balance de lo actuado, examinarán la estrategia adoptada en el pasado pero también otras alternativas posibles desechadas en su momento o que formaron parcialmente parte de la orientación desarrollada. El juego entre el pasado realizado y otros pasados posibles enriquecerá su evaluación prospectiva.

2.7.9 DIMENSIONES DEL TIEMPO

Vinculado al tema de la memoria se encuentra el de la temporalidad, la secuencia convencional medida por el calendario y la otra u otras temporalidades calificadas a veces, y según los casos, como tiempo psicológico, tiempo vivido, tiempo histórico, etc., cuya forma concreta, específica de percepción por parte de los protagonistas al ser revelada pasa a constituir un aspecto esencial cuando se trata de describir sus posibles comportamientos futuros. Las diferentes "dimensiones del tiempo" conforman una característica propia del sistema.

En la realización del ejercicio prospectivo se establece el horizonte temporal en el que se desarrollarán los escenarios así como la temporalidad vivida por los protagonistas del sistema, ello incluye factores históricos, culturales, psicológicos y otros que personalizan las visiones del presente, del pasado y del futuro.

Por otra parte, el proceso prospectivo de toma de decisiones tiene que ver con la intencionalidad, con el sentido de la oportunidad, con la memoria (presente) de un conjunto de hechos, proyectos, ilusiones, fracasos, etc., que son recordados, es decir, remodelados para incorporarlos al cuadro de situación. En ese sentido, la "secuencia-de-hechos", la cronología de "acontecimientos", es insuficiente. El tiempo cronológico, medida común, universal, de lo que fue y de lo que vendrá, no es sino una parte de la percepción total del sujeto individual o colectivo, de su aprehensión específica de la temporalidad.

La dimensión temporal única, secuencial y "objetiva", que la prospectiva clásica heredó de la previsión, debe ser ampliada. Heidegger, por ejemplo, propuso un tiempo de cuatro dimensiones: pasado, presente y futuro, más la cuarta dimensión del "tiempo genuino", unidad, acción recíproca de las otras tres³².

San Agustín subrayó la importancia de lo que muy someramente podríamos denominar "tiempo psicológico" donde se interrelacionan tres presentes, el de las cosas pasadas, que identifica como "memoria", el de las cosas presentes, "atención" o "visión" y el de las cosas futuras, donde "un futuro largo equivale a una larga espera del futuro... un pasado largo es una larga memoria del pasado"³³, presentando así un discurso sobre el tiempo humano que converge con el "tiempo genuino" de Heidegger, el "tiempo sin relojes" de Sartre³⁴ o la "segunda dimensión temporal", forjada sobre la memoria, señalada por Bergson³⁵.

Elliot Jaques plantea la "doble dimensión del tiempo": "la primera dimensión es el eje temporal de la intención, el tiempo en que nos proponemos, planeamos o tratamos de realizar algo; la segunda es el eje temporal de la sucesión, al que ajustamos nuestros calendarios y relojes". El planteo de Jaques es sencillo y sumamente útil en la práctica prospectiva, como señala el autor:

"Este análisis bidimensional resuelve uno de los grandes problemas del tiempo: cómo considerar las ideas de pasado, presente y futuro, de anterior y posterior, de antes y después, de paso y dirección, de fluir y constancia, de cambio y permanencia, de duración y atomismo, de continuidad y discontinuidad.

Nuestras ideas de pasado, presente y futuro; transcurso y dirección; flujo y cambio; duración y continuidad; se asocian exclusivamente con el eje temporal de la intención. Son expresiones de nuestro campo de experiencia en el presente que fluye. El pasado es la experiencia del fluir de la memoria, el presente lo es de la percepción y el futuro, de la expectativa y el deseo. Duración, flujo y pasaje son la experiencia de la interacción entre memoria, percepción y deseo, por su parte, dirección es la experiencia de la intención en su rasgo de perseguir metas."

En cambio, nuestra idea de anterior y posterior, antes y después, discontinuidad temporal y atomismo, constancia y permanencia, se asocian exclusivamente con el eje temporal de la sucesión. Expresan la experiencia que consiste en tomar un corte transversal, una abstracción espacial del suceder, reflejan

³² Heidegger Martin, "Etre et temps", Gallimard, París 1986.

³³ "Los tiempos son tres: presente de lo pretérito, presente de lo presente y presente de lo futuro. Estas tres clases de tiempo existen en cierto modo en el espíritu, y no veo que existan en otra parte: el presente del pasado es la memoria, el presente del presente es la visión y el presente del futuro es la expectativa", San Agustín, "Confesiones", Biblioteca de autores cristianos, Madrid, 1988.

³⁴ Sartre Jean-Paul, "On 'The Sound and Fury': Time in Work of Faulkner" en Robert Penn Warren (comp), Faulkner, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1966.

³⁵ Bergson Henri, "Essai sur les données immédiates de la conscience", PUF, Paris, 2013.

nuestra capacidad de detener mentalmente el tiempo por el momento, a la vez que registramos como en una fotografía lo acontecido en ese momento. Después podemos datar ese momento congelado en un calendario o en un reloj, diremos entonces que ocurrió tal o cual día, en este o aquel instante³⁶.

El eje temporal de la intención no es otra cosa que la interacción psicológica de pasado, presente y futuro, orientada hacia ciertas metas, donde se combinan la memoria (en permanente transformación), la decisión y la acción.

Junto a este triángulo de la temporalidad individual y social "vívida", existe otro tipo de temporalidad, el llamado "tiempo físico", real, objetivo, externo, secuencial (el tiempo de los relojes) que reconoce un "antes", un "ahora" (efímero) y un "después".

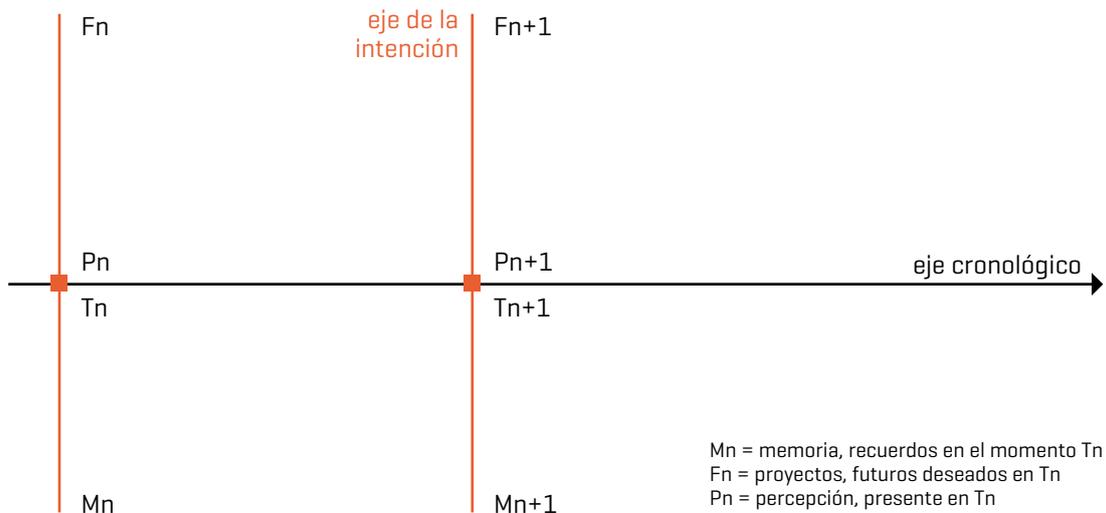
Ambos "tiempos" coexisten, la sucesión de "hechos objetivos" dentro de un flujo temporal de ritmo perfectamente regular converge con un conjunto, un espacio temporal flexible, de realidades psicológicas.

La coexistencia de las dimensiones secuencial e intencional-psicológica-cultural del tiempo permite situar las visiones de los futuros posibles de manera simultánea en sus posiciones cronológica e intencional.

Este punto de vista hunde sus raíces en la diferenciación que los griegos hacían entre "cronos" (tiempo secuencial) y "kairós" (tiempo del instante oportuno, de las intenciones y objetivos).

Por su parte, Carlos Villamor sugería ir más allá de *cronos-kairós* y profundizar otra idea de la cultura greco-oriental llena de posibilidades, se trata del "Aion", el tiempo de los tiempos, multidimensional, donde el presente es absorbido por el pasado y el futuro. Es una tentativa interesante de articulación de dimensiones, de integrarlas en una totalidad cambiante³⁷.

Gráfico 2.7.9-1 Elliot Jaques - Las dos dimensiones del tiempo



Fuente: Elliot Jaques, "La forma del tiempo", Paidós, Buenos Aires, 1984.

2.7.10 MICROPROSPECTIVA

A medida que un sistema se hace más complejo, que se multiplican las interacciones entre sus componentes, se produce el aflojamiento de sus jerarquías dando lugar a procesos de autonomización relativa en sus niveles inferiores. Este hecho ha puesto en evidencia capacidades de decisión cuya utilización abre el juego a un espacio de futuros posibles para microsistemas que en consecuencia pueden planificar sus desarrollos. Esta característica de los sistemas complejos permite el desarrollo de reflexiones y prácticas bajo el título general de **microprospectiva**.

La microprospectiva y la microplanificación rompen con la vieja idea de que lo pequeño carece de autonomía y que, en consecuencia, su futuro queda completamente sometido a fenómenos de mayor dimensión. Existen interacciones micro-macro con relaciones jerárquicas pero también con espacios de libertad en la toma de

³⁶ Elliot Jaques, "La forma del tiempo", Paidós, Buenos Aires, 1984.

³⁷ Deleuze Gilles, "Lógica del sentido", Paidós, Buenos Aires, 1989.

decisiones de subsistemas reducidos. Tanto sus cambios como sus invariencias asumen una especificidad no divorciada del conjunto que integra, puede tratarse de las relaciones entre un municipio y su distrito o provincia, entre una pequeña cooperativa industrial y el tejido productivo y social del que forma parte, etc.

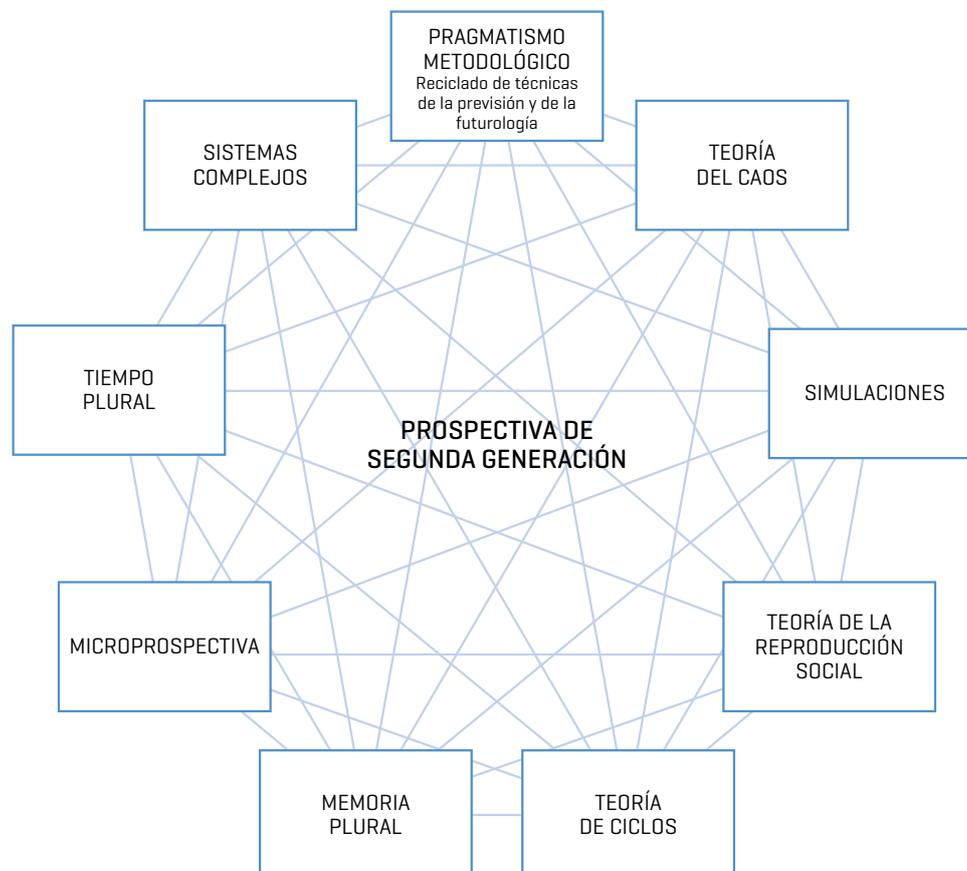
Entre los campos en desarrollo podemos señalar a la teoría de microsistemas referida a pequeños conjuntos humanos, su trama interna, sus vinculaciones externas globales y parciales, que se extiende hacia la teorización sobre formas de microrreproducción social (económica, técnica, simbólica, etc.) llegando a modelos de simulación referidos a microsistemas sociales³⁸.

Los avances en microhistoria constituyen una importante contribución al estudio de la memoria plural de esos conjuntos humanos, de su dinámica pero también de su visión concreta de sistemas sociales más extendidos. Como lo señala Giovanni Levi, uno de los fundadores de la microhistoria: "La microhistoria en cuanto práctica se basa en esencia en la reducción de la escala de observación, en un análisis microscópico y en un estudio intensivo del material documental" (oral, escrito, etc.) y en "el principio de que la observación microscópica revelará factores anteriormente no observados"³⁹.

Por otra parte, distintas líneas de investigación sobre teoría (psicológica) de grupos son de enorme utilidad en microprospectiva. En un grupo social, como señala Anzieu "se constituye un espacio interno y una temporalidad propia que incluye un pasado en el que tiene su origen y un futuro que prevé realizar"⁴⁰. Las contribuciones de Anzieu, como la idea de "imaginario de grupo", las de Kaes como, por ejemplo, la noción de "sujeto de grupo" o la más discutible de "aparato psíquico de grupo"⁴¹ y, en otra vertiente, los aportes de Kurt Lewin, creador de la "teoría de dinámica de grupos", nos ayudan a reconstruir la memoria consciente e inconsciente del microsistema social, su percepción del presente, su visión del futuro, etc.

Los procesos innovativos a nivel micro, su gestión y, como parte de ella, la construcción prospectiva de estrategias de cambio tecnológico dependen del análisis intencional que encuentra en las teorías de grupos una buena base de operaciones.

Gráfico 2.7.10-1 Prospectiva de segunda generación.



38 Squazzoni Flaminio, "The micro-macro link in social simulations", *Sociologica*, 1/2008, Società editrice il Mulino, Bologna.

39 Levi Giovanni, "Sobre microhistoria" en Peter Burke (de), "Formas de hacer la historia", Alianza Universidad, 1996.

40 Anzieu Didier, "El grupo y el inconsciente. Lo imaginario grupal", Biblioteca Nueva, Madrid, 1986.

41 Kaës René, "El grupo y el sujeto de grupo", Amorrortu Editores, Buenos Aires-Madrid, 1989.

2.8 LA HERENCIA DE LA PREVISIÓN

La superación prospectiva de la previsión no significa su rechazo sino su inclusión en una visión más amplia de la realidad atenta a su complejidad. Eso quiere decir que su denso paquete de técnicas, acumulado durante más de un siglo de esfuerzo científico⁴², es integrado por la prospectiva junto a otras técnicas que permiten conocimientos diferentes de los futuros posibles.

La visión sistémica de la prospectiva niega el reduccionismo previsionista limitado a la evaluación de unas pocas variables, ampliando el campo de estudio a una gran cantidad de variables, de numerosos protagonistas y de subsistemas llamados “fenómenos complejos” no reducibles a una suma de variables y protagonistas. Al apoyarse en el estudio de la dinámica de sistemas complejos su práctica no consiste en evaluar uno por uno a sus componentes o a grupos de ellas para luego intentar articularlas, sino en realizar ese tipo de operaciones asumiéndolas como aproximaciones parciales útiles para conocer el sistema pero insuficientes. Las mismas deberán ser incluidas en visiones de conjunto atentas a comportamientos emergentes propios de la totalidad sistémica en movimiento.

En el estudio de variables el patrimonio metodológico de la previsión pasa a formar parte del stock de técnicas prospectivas.

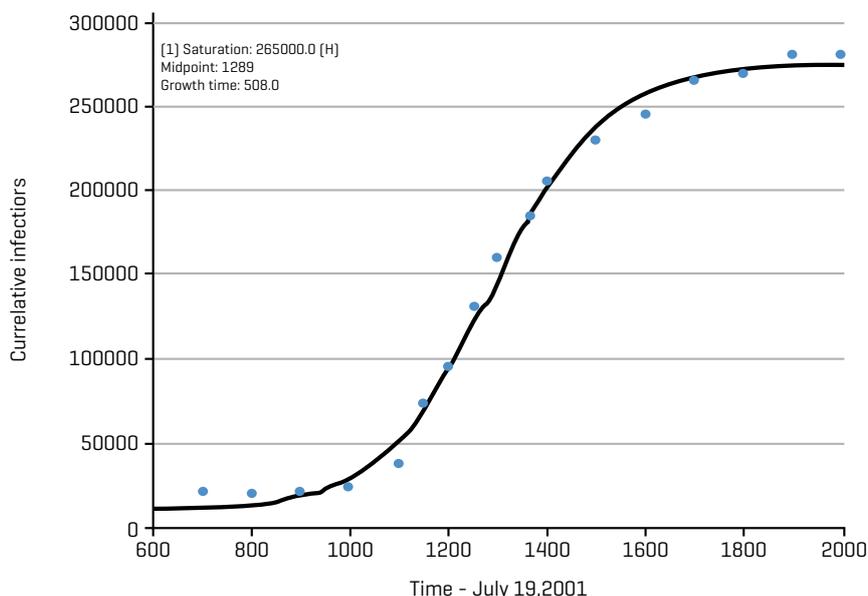
Algunos autores (por ejemplo, los clásicos manuales de previsión de Makridakis-Wheelwright-Hyndman⁴³) han preferido establecer la diferencia entre “previsión cualitativa” o “tecnológica” y “previsión cuantitativa”. La primera operando con datos cuantitativos imprecisos y brindando recorridos temporales flexibles y la segunda con insumos y resultados bien cuantificados.

Las técnicas de la “previsión cuantitativa” consisten en tratamientos de series temporales extrapolando variables individuales o por medio del establecimiento de correlaciones entre variables, todo ello gracias a la creación de polinomios que se ajustan a los datos históricos (ver el gráfico 2.5-3).

Lo que esos autores denominan “previsión cualitativa” abarca una amplia variedad de técnicas. Entre ellas desatacamos la utilización de “curvas de crecimiento” también conocidas como curvas en forma de S, muy útiles para ajustar recorridos de variables en el pasado y luego extrapolarlos. Aquí nos encontramos con toda clase de fenómenos sociales, desde el desarrollo de innovaciones tecnológicas puntuales hasta procesos históricos de gran envergadura y complejidad cuyo recorrido temporal completo, por ejemplo, puede obedecer a ciclos con sus etapas de ascenso acelerado, luego desacelerado, más adelante de saturación, tocando el nivel de máximo alcance para finalmente descender como una S invertida (primero de manera suave y después en forma acelerada).

Un ejemplo interesante es la construcción, realizada por Danyliw y Householder, de la trayectoria en S correspondiente a la propagación del virus informático Code-Red⁴⁴.

Gráfico 2.8-1 Internet “CodeRed” virus epidemic.



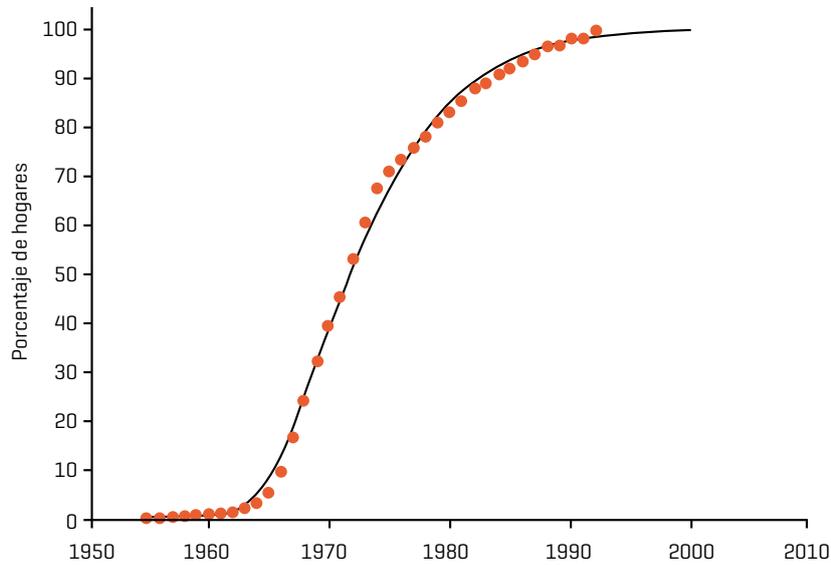
42 Desde la primeros “ciclos” económicos como los de Juglar (1862), pasando por la curvas de negocios de Adams (1907) hasta llegar al age de la previsión en los años 1950-1960 y sus desarrollos posteriores.

43 Makridakis S., Wheelwright S. C. & Hyndman R. J., “Forecasting. Methods and Aplications”, p. 611, John Wiley & Sons, 1998.

44 Moore D., Shannon C. and Brown J., “Code-Red a case study on the spread of an internet worm” in *Preceedings of the ASM/USENIX Internet Measurement Workshop, Marseille, France, November 2002*.

Otro ejemplo de trayectorias en forma de S es el del proceso de innovación correspondiente a la difusión de la TV color.

Gráfico 2.8-2 Porcentaje de hogares con TV color en los Estados Unidos.



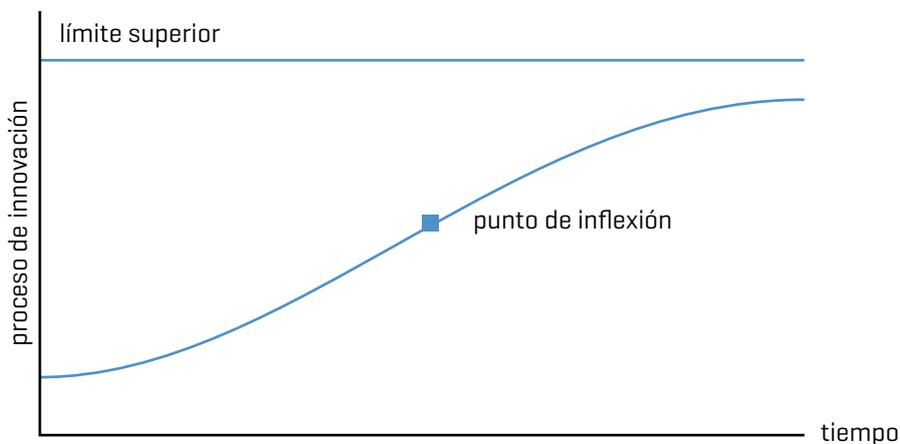
Fuente: Telektronik / Technology Futures, Inc.

El establecimiento de paralelismos entre fenómenos físicos o biológicos y procesos sociales (económicos, demográficos, tecnológicos, etc.) ha permitido utilizar modelos sumamente útiles a la hora de extrapolar trayectorias temporales de variables.

Ya hemos visto en el gráfico 2.5.1 (curva de Adams) el establecimiento del paralelismo entre un fenómeno físico sencillo: la caída de un objeto que aterriza bruscamente en el piso y procesos sociales de distinto tipo como la venta de un producto o una innovación, caracterizados por una expansión acelerada que se detiene bruscamente en el límite superior.

Ralph Lenz, uno de los pioneros de la previsión tecnológica, publicó hace medio siglo un modelo simple basado en el desarrollo de una población biológica sometida a ciertas restricciones. El resultado es una curva en forma de S perfectamente simétrica como la lograda por medio de la fórmula de Pearl (ver más adelante el punto 4.2.3.d5 "curvas de crecimiento"). Lenz estableció distintas analogías, por ejemplo, con el ciclo de reproducción de una población de moscas en un recinto cerrado o el de la reproducción celular⁴⁵.

Gráfico 2.8-3 Modelo de Lenz.



Fuente: Ralph Charles Lenz Jr., "Technological Forecasting", US Air Force, Cameron station, Alexandria, Virginia, 1962.

45 Lenz Ralph Charles Jr., "Technological Forecasting", US Air Force, Cameron station, Alexandria, Virginia, 1962.

Lenz proponía, entre otros casos, el de la analogía entre la reproducción celular y el proceso de innovación.

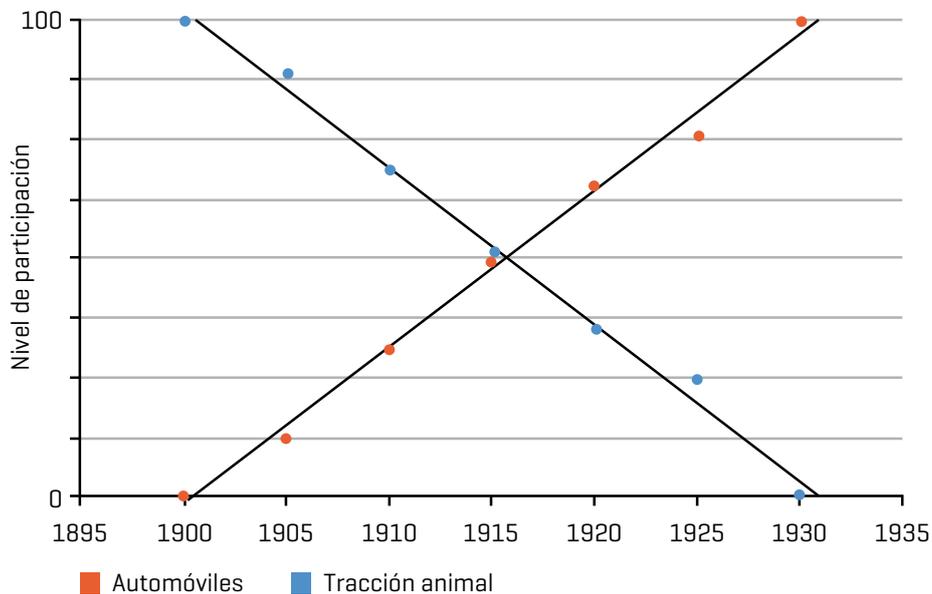
Cuadro 2.8-1 Analogía entre la producción celular y el proceso de innovación.

Célula inicial	Innovación original o idea inicial
División celular	Proceso de innovación
Célula de segunda generación	Nuevas ideas a partir de la innovación inicial
Período de división celular	Tiempo necesario para que la innovación inicial de nacimiento a una nueva innovación
Medio nutricio	Respaldo económico a la innovación
Duración de la vida de la célula	Vida útil de la innovación
Muerte normal de la célula	Obsolescencia de la innovación
Masa celular	Dominio técnico
Límites de la masa celular	Límites de la demanda económica de la innovación en un dominio técnico determinado
Importancia de la masa celular	Total de innovaciones existentes, no obsoletas, en un dominio técnico determinado
Resistencia de la masa celular	Posibilidades funcionales

Fuente: Jantsch Erich, "La *prévision technologique*", OCDE, París, 1967.

También son de gran utilidad los modelos de previsión de reemplazo de tecnologías. En la década de 1960 Fisher y Pry⁴⁶ analizaron varios centenares de reemplazos tecnológicos históricamente importantes y construyeron un modelo general que permite realizar pronósticos cualitativos, este tipo de estudios abrieron un camino seguido por numerosos expertos. Un ejemplo ilustrativo es el del reemplazo, durante un período de cuatro décadas, de vehículos a tracción animal por automóviles.

Gráfico 2.8-4 Participación en el transporte personal en los Estados Unidos - Tracción animal vs automoviles.

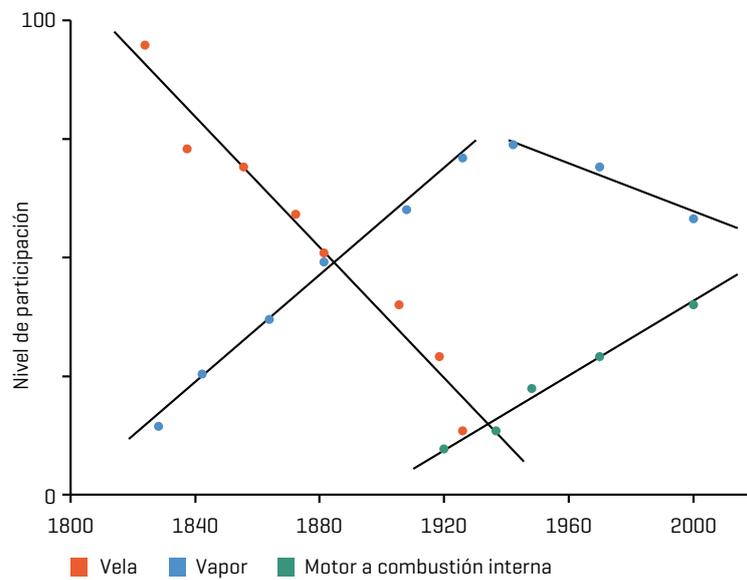


Fuente: Steve R. Walk, "Quantitative Technology Forecasting Techniques", Old Dominion University, <http://www.intechopen.com/download/pdf/35183>

⁴⁶ Fisher, J. C., & Pry, R. (1971), "A Simple Substitution Model for Technological Change", *Technology Forecasting and Social Change*, Vol.3, pp. 75-78.

Otro caso interesante es el del doble reemplazo durante dos siglos de barcos a vela por barcos a vapor y de estos por barcos con motor de combustión interna.

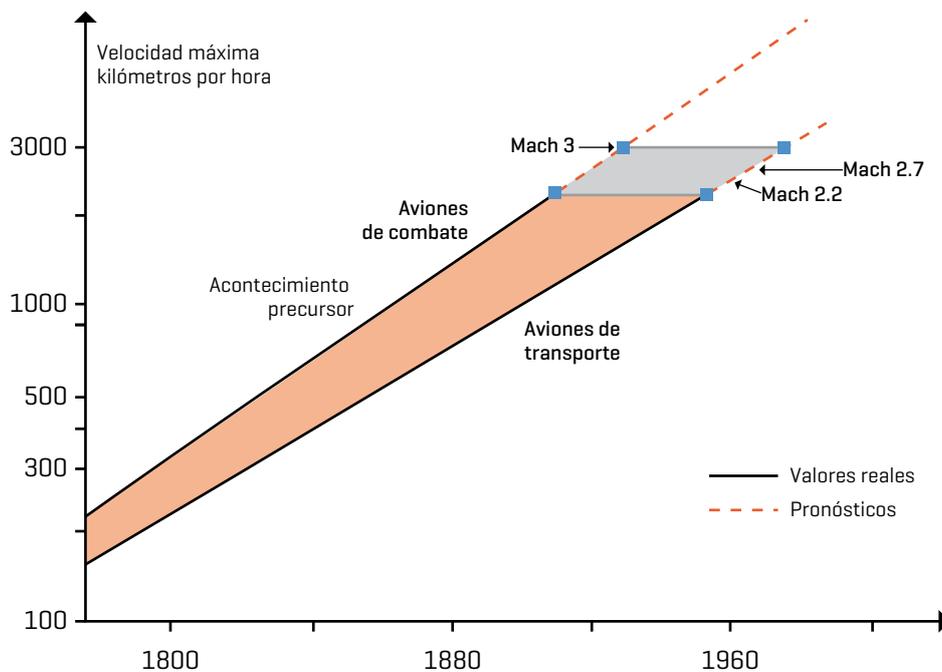
Gráfico 2.8-5 Estados Unidos: propulsión de barcos [vela, vapor, motor a combustión interna].



Fuente: Steve R. Walk, "Quantitative Technology Forecasting Techniques", Old Dominion University, <http://www.intechopen.com/download/pdf/35183>

Entre la viejas y muy útiles técnicas de la previsión encontramos la del pronóstico a través de "acontecimientos precursoros" donde los valores de la variable "precursora" anticipan valores futuros de la variable dependiente. El desfase puede ser constante, creciente o decreciente, su determinación nos permite establecer el pronóstico. En el célebre manual de Jantsch (1967)⁴⁷ aparece el ejemplo del desfase (visto desde los años sesenta) entre las velocidades máximas alcanzadas entre los aviones de combate y los aviones de transporte.

Gráfico 2.8-6 Acontecimientos precursoros.



Fuente: Jantsch Erich, "Technological Forecasting", OECD, París, 1967.

⁴⁷ Jantsch Erich, "Technological Forecasting", OECD, París, 1967.

2.9 PROSPECTIVA DE LA INNOVACIÓN

En los años noventa Christensen y Bower establecieron una diferenciación esencial en los procesos de innovación: innovaciones sostenibles e innovaciones disruptivas⁴⁸. Las primeras abarcan mejoras en las tecnologías existentes, ampliaciones de mercados ya establecidos, etc., en el segundo caso se trata de procesos radicales que desplazan paquetes tecnológicos dominantes, desarrollan nuevos mercados, etc.

De ese modo instalaban el “dilema del innovador”⁴⁹ que debe elegir entre lo aparentemente seguro, mejorándolo y lo relativamente “desconocido”, atreviéndose a lanzar rupturas, apuntando hacia mercados potenciales, cambios en el comportamiento social o modificaciones estratégicas en las correlaciones de fuerzas entre organizaciones o sistemas rivales que aparecen como una *terra incognita* con sus peligros y esperanzas.

La historia de las técnicas muestra mega innovaciones decisivas como la introducción de la agricultura y la ganadería en el nacimiento de las civilizaciones, desplazando a la caza y a la recolección y precipitando el desarrollo de un vasto abanico de innovaciones, o la introducción del ferrocarril en el siglo XIX o más recientemente la irrupción de la telefonía móvil.

No siempre se trata de un objeto o sistema técnico completamente novedoso, incluso puede tratarse de la “reinstalación” renovada de algo ya utilizado y parcialmente o completamente desplazado en el pasado que a su vez desplaza (de manera total o parcial) al sistema u objeto técnico que la había desplazado: es el caso del tren desplazado por el avión y el automóvil pero que luego retorna con grandes cambios tecnológicos (tren de alta velocidad) ganándole pasajeros al avión en la corta y mediana distancia y al automóvil (enfrentado al caos vehicular urbano), como lo demuestra la experiencia europea reciente. ¿Se trata en este último caso de una innovación realmente disruptiva o más bien de un mix disruptivo-sostenible? La diferenciación es útil pero en la práctica se presentan numerosos casos localizados en una frontera borrosa.

Poder pronosticar desarrollos futuros de innovaciones disruptivas aparece como un desafío mayor de la prospectiva. Resultan de interés los trabajos desarrollados por el “*Committee on Forecasting Future Disruptive Technologies – National Research Council*” de Estados Unidos tratando de sistematizar metodologías útiles a partir de los paquetes metodológicos tradicionales y de búsquedas más avanzadas⁵⁰.

La prospectiva, basada en el análisis de sistemas complejos, permite trabajar con un número elevado de protagonistas, variables y subsistemas de distinto tipo. De ese modo es posible aproximarse con un alto grado de realismo a la dinámica de los procesos de innovación. No sólo lo disruptivo presenta problemas de complejidad, ello también ocurre en procesos innovativos aparentemente menos novedosos. Quién o quiénes deciden innovar se encuentran sometidos a probables sorpresas, comportamientos inesperados de su propia estructura y de su contexto.

La detección de gérmenes tecnológicos u otras formas de cambio potencial, disparador de una posible innovación disruptiva, es acompañada en un ejercicio prospectivo por el despliegue de un gran número de componentes, conformando un sistema cuya dinámica nos permitirá construir escenarios de desarrollo futuro de la innovación. Es similar la línea de trabajo seguida en la evaluación prospectiva de otro tipo de innovaciones.

El trabajo prospectivo con sistemas (complejos) de innovación no brinda soluciones inapelables ni simples sino sólo aproximaciones prudentes a futuros que suelen ocultar especificidades, originalidades sorprendidas. De allí la necesidad de testear la dinámica del sistema evaluado a través de combinaciones no predeterminadas de enfoques parciales y generales.

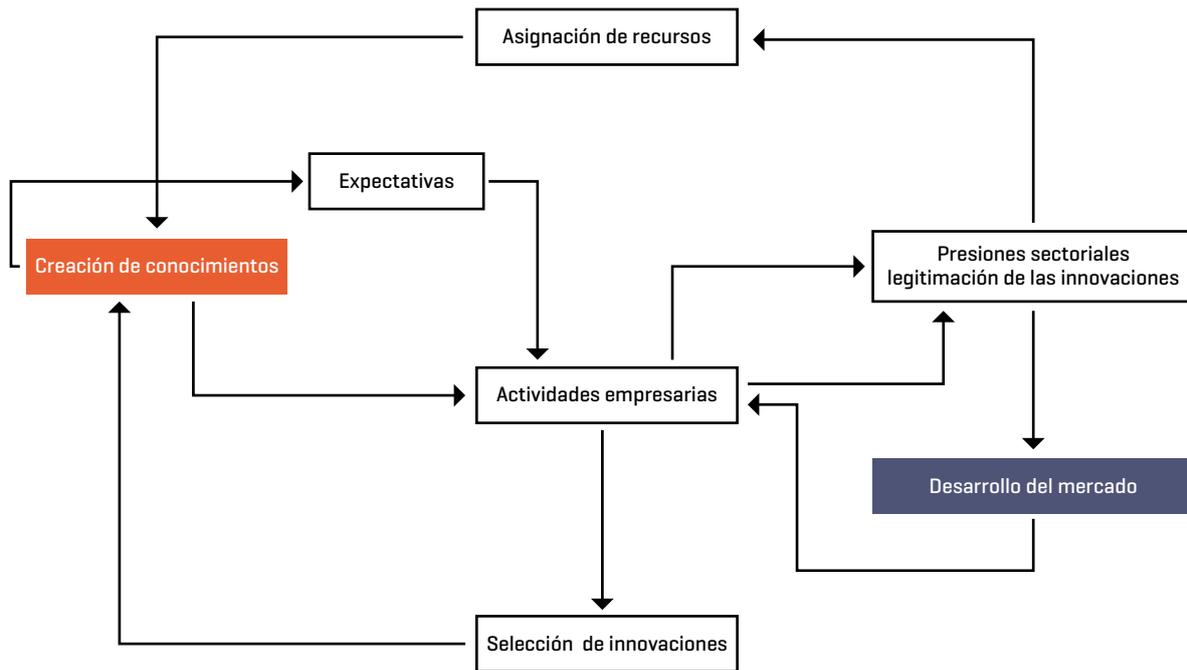
Tomemos, por ejemplo, un instrumento útil y sencillo como el del modelo de Hekkert referido a procesos de innovación (ver el siguiente gráfico 2.9-1: “Proceso de innovación – modelo de Hekkert”). Allí aparecen siete funciones que describen procesos de innovación empresarial. Si tomamos una de esas funciones, por ejemplo, “actividades empresarias” tendremos que tomar en consideración protagonistas de diversa importancia (empresa o empresas directamente involucradas en la innovación, posibles competidores, etc.), variables referidas a insumos (ofertas de insumos disponibles, precios, etc.) y productos (volúmenes, precios, etc.) lo que nos obligará a extendernos hacia la dinámica de los mercados vigentes y potenciales (capacidad de compra, culturas de consumo, etc.). Pero también a enfocar las alternativas posibles en la selección de innovaciones y de allí a la función de elaboración de conocimientos tecnológicos (conocimientos existentes y conocimientos en desarrollo), evaluando su viabilidad productiva-comercial y social en general. Estos abordajes a partir algunas funciones deben ser confrontados con visualizaciones globales del sistema y su entorno, lo que probablemente nos permitirá descubrir comportamientos globales no visibles a partir de las aproximaciones parciales.

48 Christensen Clayton M. & Bower Joseph, “Disruptive Technologies: Catching the Wave”, *Harvard Business Review*, January 1995 (<https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>).

49 Christensen Clayton M., “The Innovator’s Dilemma”, *Harvard Business School Press* – Boston, Massachusetts, 1997.

50 Committee on Forecasting Future Disruptive Technologies; National Research Council, “*Persistent Forecasting of Disruptive Technologies*”, National Academy of Sciences, 2009.

Gráfico 2.9-1 Proceso de innovación - modelo de Hekkert.



Fuente: M. P. Hekkert et. al., "Functions of innovation systems", *Technological Forecasting & Social Change* 74 (2007)

2.10 ERRORES DE PRONÓSTICO

En los modelos de previsión basados en las técnicas de tratamiento de series temporales los errores de previsión aparecen como el resultado de la diferencia entre la trayectoria real de la variable estudiada y la función de ajuste a la misma. El ajuste con el que se logra el menor error resulta ser el mejor y se lo extrapola hacia el futuro.

Existen diferentes indicadores de error, por ejemplo, el "Error Medio Absoluto (EMA)" donde si X_t es el valor real para el período t y P_t es el valor de ajuste para ese mismo período y n es el número de períodos del pasado evaluados entonces:

$$EMA = \frac{\sum |X_t - P_t|}{n}$$

El error medio porcentual absoluto EMPA es igual a:

$$EMPA = \frac{\sum \left| \frac{X_t - P_t}{X_t} \right|}{n} * 100$$

Existen tratamientos de series temporales más o menos sofisticados apoyándose en la trayectoria de una variable aislada o correlacionándola con otras variables que sobredeterminan su comportamiento. Se acepta que la trayectoria futura de la variable pronosticada no tiene por qué seguir en un 100% al pronóstico, para ello se establecen intervalos de error. ¿Pero qué ocurre cuando la realidad se aleja del pronóstico mucho más allá de esos intervalos? La respuesta de la previsión es que el modelo adoptado es insuficiente y que es necesaria una mayor sofisticación o bien que han intervenido "factores exógenos" no incluidos en el modelo, es decir una suerte de accidente, de anomalía inesperada, "imprevisible".

La combinación de diferentes métodos de previsión a través de un promedio ponderado de sus resultados puede, en ciertos casos, derivar en una reducción de errores pero no siempre ocurre eso, muchas veces la realidad futura manifiesta su rebeldía ante esas modelizaciones, en esos casos se repite la situación anterior.

Las principales causas de error en previsión son, por un lado, su dependencia de los datos del pasado y, por otra parte, su reduccionismo. La aproximación sistémica (prospectiva) permite trabajar con un conjunto mucho más amplio de componentes pero ni ella ni los caminos intermedios entre la complejidad y el reduccionismo evitan los errores.

En 1989, Steven Schnaars publicaba una obra centrada en la innovación tecnológica que marcó fuertemente el debate acerca de los errores de pronóstico⁵¹.

Entre los numerosos casos citados por el autor aparece uno muy ilustrativo. Se trata de un estudio desarrollado por TRW Inc. en 1966 titulado "Investigación sobre el futuro" difundido por *Business Week* y que prometía informar acerca de "qué es lo que el mundo querrá y necesitará en los próximos 20 años" (con extensión en algunos casos a los próximos treinta años). Aplicando una técnica de consulta a expertos de primer nivel internacional derivada del método Delphi, TRW retuvo 66 pronósticos (considerados los más probables) sobre un total de 401 propuestos por los expertos. Se trató de una iniciativa muy importante realizada con el mayor rigor posible en base a una técnica muy prestigiosa en esa época. La conclusión de Schnaars era que "casi todos los pronósticos estaban equivocados".

Según TRW, tomando como momento de despegue el año en que fue publicada la investigación (1966), algunos de los desarrollos futuros serían los diez siguientes:

- 1 La primera base humana en la luna sería establecida hacia 1977.
- 2 Hacia 1980 ya estarían funcionando los primeros cohetes de pasajeros.
- 3 Hacia 1990 ya operarían soldados-robots inteligentes.
- 4 Hacia 1977 vehículos aéreos de despegue vertical comenzarían a ser operados de manera individual.
- 5 Hacia mediados de los años 1980 ya existiría la producción a gran escala de viviendas modulares de plástico.
- 6 Hacia 1978 se podrían reproducir a domicilio periódicos por medio de máquinas de fax.
- 7 Hacia 1980 se imprimirían en forma domiciliaria periódicos según las necesidades individuales.
- 8 Hacia 1983 la mitad de la producción de electricidad del mundo sería suministrada por centrales atómicas.
- 9 Hacia 1977 ya se habría desarrollado el sistema de videoconferencias mediante aparatos de TV color 3D lo que reduciría drásticamente la necesidad de hacer viajes de negocios.
- 10 Hacia 1995 serían habituales las fábricas y hoteles submarinos.

Según Schnaars, la causa principal de esos errores sería el excesivo optimismo respecto del ritmo y el potencial de difusión de esas posibles innovaciones calificado como "mito del cambio tecnológico rápido". En parte es así, por ejemplo, en los casos de la base humana en la Luna o de las videoconferencias, pero en otros como el de la energía eléctrica basada en centrales nucleares aparece una clara subestimación de los problemas de seguridad de dicha alternativa que los accidentes de Chernobil (1986) y Fukushima (2011) pusieron al descubierto; o en el caso de los soldados-robots inteligentes, a casi medio siglo de ese pronóstico comienza a ser puesta en duda la eficacia operativa de un objeto tecnológico reciente (y muy publicitado) relativamente próximo a dicho robot: los drones militares⁵².

Frente al "optimismo tecnológico" señalado por Schnaars abundan los ejemplos en sentido contrario. Es bien conocido el pronóstico (realizado en 1943) atribuido a Thomas J. Watson, presidente de IBM: "creo que hay un mercado global para unas cinco computadoras" o la afirmación en 1899 de Charles H. Duell, titular de la Oficina de Patentes de los Estados Unidos: "todo lo que puede ser inventado ya ha sido inventado" recomendando el cierre de dicha oficina; o el punto de vista de Ken Olson, presidente de Digital Equipment Corp., expuesto en 1977: "no existe ninguna razón para que alguna persona quiera tener una computadora en su casa". Finalmente es célebre el rechazo en 1876 de Telegraph Company, que luego se convertiría en Western Union, de la compra de la patente del teléfono ofrecida por Graham Bell considerándolo un objeto inservible... en 1877 es creada la Bell Telephone Company y para 1886, más de 150 mil personas en los Estados Unidos poseían teléfonos.

La oposición entre "optimistas" y "pesimistas" puede ser también explicada como enfrentamiento entre conservadores reacios a las rupturas y renovadores apegados a los cambios: en todos esos casos se trataría de actitudes psicológicas causadas probablemente por historias de vida, contextos históricos u otro tipo de condicionantes.

La acumulación de pronósticos errados no se limita a la esfera de la innovación tecnológica, en otras áreas de las ciencias sociales se presentan casos similares. Irving Fisher, considerado por Joseph Shumpeter y Milton Friedman como el más importante economista de su tiempo, señaló unos pocos meses antes del derrumbe bursátil de 1929 que los precios de las acciones se mantendrían altos y estables durante mucho tiempo. Por su parte, Keynes había señalado dos años antes del derrumbe de 1929 que su generación no presenciaría en el futuro graves crisis financieras. Y en 1989, dos años antes del desplome de la URSS, Paul

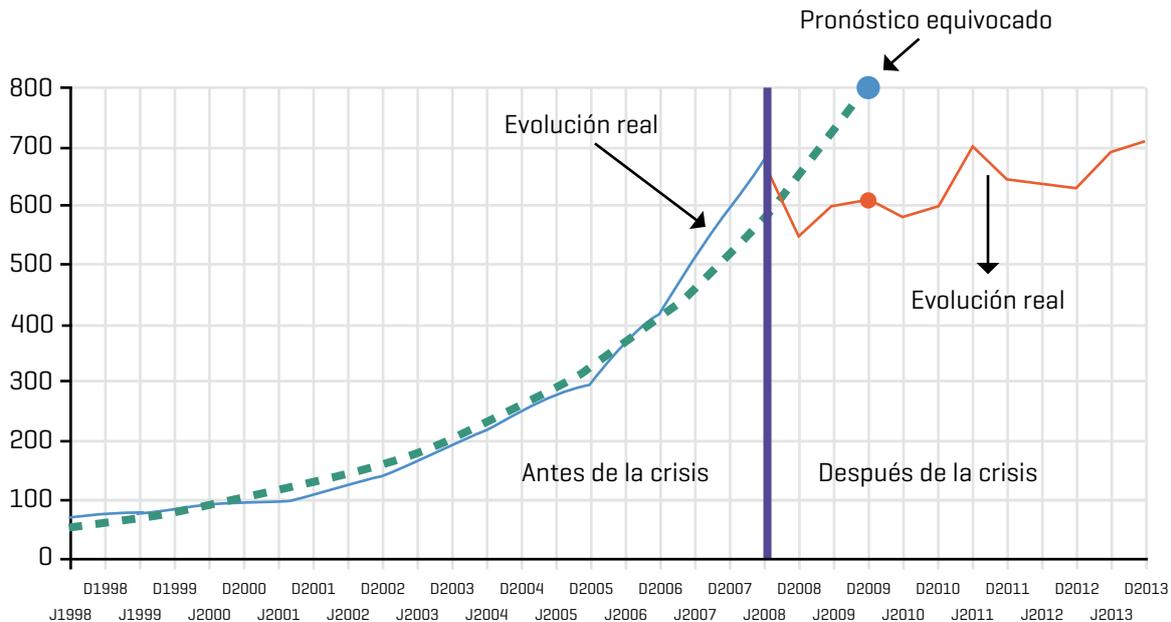
⁵¹ Schnaars Steven P., "Megamistakes. Forecasting and the Myth of Rapid Technological Change", *The Free Press*, 1989.

⁵² Cockburn Andrew "Kill Chain: The Rise of the High-Tech Assassins", *Harper's magazine*, 2015.

Samuelson, premio Nobel de economía, destacaba la capacidad de funcionamiento y las perspectivas futuras de crecimiento de la economía soviética⁵³.

Antes de la crisis financiera de 2008 abundaban los pronósticos que auguraban, por ejemplo, que los negocios globales con productos financieros derivados que venían creciendo en progresión geométrica alcanzarían los 800 billones de dólares antes del fin de la década, algunas predicciones adelantaban incluso la superación del techo de mil billones de dólares. Sin embargo, luego de llegar a los 600 billones de dólares hacia fines de 2007 y alcanzar los 700 billones a mediados de 2008 se estancaron en torno de esa última cifra. Se produjo una ruptura en la tendencia, coincidente con el estallido de la burbuja inmobiliaria en los Estados Unidos y sus consecuencias internacionales.

Gráfico 2.10-1 Productos financieros derivados [volumen global en dolares corrientes].



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco de Basilea.

Quienes pronosticaban la prolongación de la euforia financiera subestimaban los límites de la burbuja relacionados con su interacción con el conjunto de componentes de la economía mundial.

El caso del precio del petróleo es bien conocido: su descenso rápido desde mediados de 2014 aparece como una inesperada ruptura respecto de la tendencia en curso, sin embargo la ampliación del enfoque integrando a numerosas variables y protagonistas que inciden en ese mercado como la evolución de la demanda, la aparición de nuevas ofertas como la del petróleo de esquisto o la exacerbación de disputas geopolíticas globales habrían permitido la realización de pronósticos más acertados.

En síntesis, los errores de pronóstico obedecen en un elevado número de casos a evaluaciones que no toman en consideración la complejidad del sistema estudiado, ello se ha visto agravado en los últimos lustros por la creciente inestabilidad global y la acumulación de cambios culturales, geopolíticos, económicos y tecnológicos que anuncian rupturas, grandes saltos cualitativos capaces de modificar de manera decisiva tendencias habitualmente consideradas pesadas, de muy improbable modificación. En ese sentido, la disciplina prospectiva, concebida como un esfuerzo sistémico ensayando sucesivas aproximaciones a la realidad, aporta correcciones significativas a buena parte de los errores de pronóstico sin pretender dar soluciones definitivas al problema.

⁵³ Da Costa Shaun, "When Economist get it wrong. The worst economic predictions of all time", Jun 30 2013, <https://shaundacosta.wordpress.com/2013/06/30/when-economists-get-it-wrong-the-worst-economic-predictions-of-all-time/>

3. ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL

3.1 TAREAS PREPARATORIAS

3.1.1 EL EQUIPO

El equipo encargado de la realización del ejercicio prospectivo tiene que ser un grupo no demasiado grande, por ejemplo, seis personas puede ser una buena cifra; aunque este número debe ser tomado de manera flexible. En un grupo muy grande se hace difícil realizar reflexiones intensas y también sintetizar aportes más amplios, sobre todo en las consultas a expertos y las prácticas participativas que en ciertos casos incluyen a una gran cantidad de personas. Un grupo demasiado pequeño suele tener serios problemas en las tareas de recopilación y procesamiento de información que en ciertos ejercicios significa detectar, ordenar, depurar, cruzar un abultado volumen de datos.

El coordinador del grupo tiene que ser un experto en prospectiva, buen conocedor de técnicas y con experiencia en la disciplina. El conocimiento de técnicas es una condición necesaria pero no suficiente, de todos modos si se trata de un grupo que solo tiene experiencia teórica en el tema (por ejemplo, después de haber leído este Manual u otros textos similares) deberá resolver el problema empezando a trabajar y auto-desarrollando su experiencia. Seguramente los primeros resultados no serán óptimos aunque muy superiores a los obtenidos sin esos conocimientos teóricos. Todo es cuestión de empezar.

El resto del equipo debe ser configurado según el tema de trabajo. Si se trata de una evaluación prospectiva sobre la innovación tecnológica en un sector productivo determinado y en un espacio geográfico concreto (local, regional, global, etc.), el equipo podría estar compuesto por las siguientes personas:

- 1 el coordinador,
- 2 un especialista en el tema tecnológico evaluado,
- 3 un especialista en el sector que puede ser a la vez un buen conocedor del sector en su dimensión geográfica concreta (localidad, país, etc.) y en su dimensión general (nacional, global); si no se logra reunir esas dos cualidades en una sola persona será necesario optar entre incluir a dos expertos o bien un experto permanente (sectorial-local, nacional, etc.) y otro conocedor de la dimensión más amplia como consultor en temas puntuales.
- 4 dos miembros experimentados en el manejo de estadísticas y de programas informáticos. Esta cualidad suele ser satisfecha por los especialistas sectoriales o tecnológicos, de todos modos no es cuestión de sobrecargarlos de obligaciones, lo que reduciría su eficacia.
- 5 un encargado de relaciones con el medio local, con la organización que ha contratado el ejercicio, con posibles expertos externos a ser consultados oportunamente, etc. y de animar los aspectos participativos de los trabajos.

Hemos presentado a un posible equipo de prospectiva tecnológica o económica. Un caso distinto es el de la realización de un ejercicio referido a temas políticos, sociales, de ordenamiento territorial, etc., aunque también será necesario un coordinador experto en prospectiva, si es posible aplicada a esas problemáticas, especialistas específicos, estadísticos-informáticos y encargados de la animación participativa.

3.1.2 EL HORIZONTE TEMPORAL

El ejercicio prospectivo consiste en desarrollar diversos recorridos de un sistema hacia un horizonte determinado, es decir escenarios; en consecuencia la primera actividad es establecer dicho horizonte.

En apariencia nos encontramos ante un círculo vicioso: ¿cómo fijar un horizonte temporal útil si no conocemos o conocemos muy poco dicho sistema?

En algunos casos el problema se resuelve de manera autoritaria, los decididores (planificadores, funcionarios, dirigentes, etc.) que han encargado la realización del ejercicio establecen de antemano un horizonte coincidente con la duración de un plan en elaboración, el fin de un mandato institucional o alguna otra razón. Pero puede ocurrir que la fecha impuesta cause serios problemas en la realización de los trabajos. Es el caso de un horizonte temporal demasiado largo cuyo primer tramo es un período sumamente turbulento, por ejemplo, intentar establecer escenarios de precios de *commodities* a 10 años cuando en la actualidad estamos enfrentando mercados crecientemente volátiles.

Una alternativa negociada podría ser la realización de escenarios de corto-mediano plazo combinados con algunas orientaciones cualitativas de largo plazo.

Los horizontes de un siglo o más se los podemos dejar a ciertas prácticas futuroológicas poco preocupadas por las consecuencias concretas de sus hipótesis.

En síntesis, no es posible establecer cualquier horizonte temporal, el mismo tiene que estar respaldado por un conjunto riguroso de informaciones de base sobre el espacio a recorrer y sobre todo de su plataforma de despegue: la realidad actual.

Siempre será necesario un buen conocimiento del tema por parte del equipo encargado del ejercicio.

Decidido el horizonte es posible (y casi siempre necesario) cortarlo en tramos, por ejemplo, un horizonte de diez años con un primer tramo de dos años, un segundo de tres, etc. En ese caso se tratará de acotar subperíodos que se supone no incluirán en su recorrido grandes sobresaltos, si se presupone algo así, el punto de ruptura o de despegue de cambios importantes puede ser el del comienzo de un nuevo subperíodo.

Finalmente, aunque en el inicio de los trabajos se establece el horizonte, siempre será posible revisarlo, extenderlo o reducirlo según los descubrimientos que vaya realizando el equipo.

3.2 LAS TRES ETAPAS DEL EJERCICIO PROSPECTIVO

Establecido el horizonte temporal del ejercicio prospectivo el mismo se compone de tres etapas:

Etapa 1: descripción del sistema

Etapa 2: simulaciones de comportamientos del sistema

Etapa 3: construcción de escenarios alternativos de desarrollo futuro del sistema.

No se trata de tres etapas sucesivas completamente separadas sino de una articulación dinámica de interacciones entre pasado, presente y futuro.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

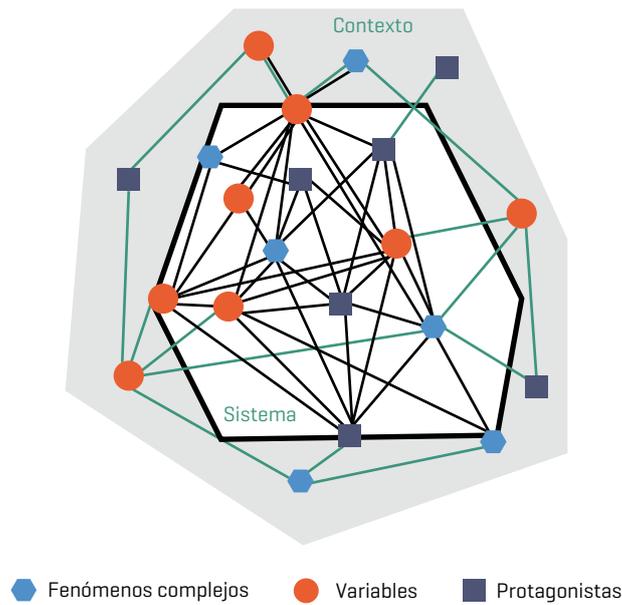
Consiste en detectar sus principales variables, protagonistas y también fenómenos complejos que no pueden ser clasificados en los dos casilleros anteriores para luego construir una visión de conjunto sin descuidar la profundización de detalles significativos.

¿Cuál es el procedimiento a seguir? En primer lugar, es necesaria su delimitación intentando separar sus componentes internos del espacio externo. Como estamos trabajando con sistemas sociales, es decir, abiertos, se trata siempre de un recorte arbitrario de la realidad compleja; quedan numerosos componentes y relaciones en zonas de frontera que deben ser tratados como tales.

Por ejemplo, una empresa transnacional con su casa matriz en la Unión Europea instalada en un país de América Latina no puede ser considerada sólo como un protagonista "interno" del país latinoamericano aunque venda a su mercado interno, ocupe personal de dicho país, etc. Tampoco se trata de un protagonista "externo": cuando se evalúa la economía nacional de esa nación latinoamericana será necesario ubicar a dicha empresa en una zona de frontera.

Otro ejemplo es el de una variable como el precio en moneda nacional de una materia prima agrícola que se comercia en el mercado local pero que también se exporta a un mercado global mucho más importante que dicho mercado local. Diversos mecanismos fiscales pueden modificar el precio local respecto de su referente internacional. Esa variable puede ser considerada interna pero con fuertes lazos con el contexto global.

Gráfico 3.3-1 Sistemas sociales complejos.



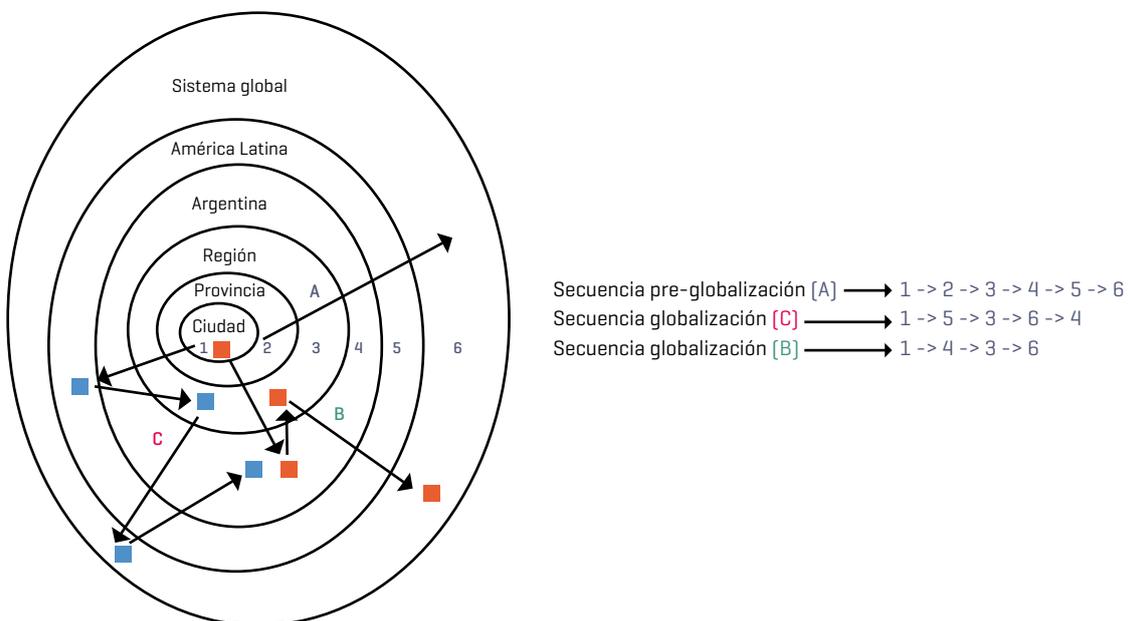
En el siguiente gráfico podemos observar la jerarquía de contextos comerciales de una empresa industrial radicada en una ciudad argentina. En otros tiempos buena parte de las empresas en esa situación geográfica operaban tomando en consideración la jerarquía **A**: la importancia de sus relaciones disminuía a medida que la distancia crecía.

Pero en los casos **B** y **C** las cosas cambian.

En **C**, por ejemplo, pone primero a su lugar de residencia pero luego ubica a la zona 5 donde existe otra empresa (en América Latina pero fuera de Argentina) con la que tiene una estrecha vinculación, a lo que le sigue la zona 3 (en otra provincia de su región) donde existe una demanda importante para sus productos, a lo que le siguen las zonas 6 y 4, respectivamente, la demanda internacional y luego la demanda nacional (fuera de su región).

En **B** aparece una demanda importante en el país pero fuera de su región, luego un grupo de proveedores de insumos en su región aunque fuera de su provincia y finalmente una demanda importante en el exterior pero menor que la que tiene en el país.

Gráfico 3.3-2 Jerarquía de contextos comerciales.



En la metodología de la prospectiva clásica luego de la delimitación del sistema se seguía la secuencia: **variables --> actores --> descripción del sistema**, es decir:

- 1 detección y evaluación de variables significativas
- 2 detección de "actores" portadores de estrategias y estudio de las mismas
- 3 descripción del sistema incluida su retrospectiva

Se trata de un esquema a la vez demasiado rígido e insuficiente. Es necesario ir a fondo en el estudio de variables y reemplazar el concepto demasiado simplista de "actores" por uno más complejo que vaya más allá de las "estrategias" y profundice las identidades, la memoria del sujeto evaluado y del conjunto social que integra, su dinámica cultural y en consecuencia su presencia como protagonista de un devenir. Además, no puede prescindirse de la existencia de realidades no descomponibles, de expresiones cualitativas sin fronteras precisas que esquemáticamente tratamos como fenómenos complejos (por ejemplo, la cultura técnica de un grupo social, las formas de agrupamiento familiar, etc.).

En principio, y siguiendo la tradición de la disciplina, es viable en numerosos casos adaptar el camino clásico a los nuevos tiempos prestando atención a un espacio más vasto y más denso con la secuencia: **variables --> protagonistas --> fenómenos complejos --> descripción del sistema**.

Sin embargo, esa secuencia debe ser relativizada, no siempre resulta ser el mejor camino a seguir. En ciertos casos el disparador puede ser la cultura técnica de un conjunto laboral determinado (un fenómeno complejo) para, desde allí, expandir el estudio hacia variables como los salarios, el nivel y tasas de crecimiento del PBI, la evolución del perfil demográfico de la población y, más adelante, hacia las políticas públicas, el comportamiento empresarial y sindical, etc., para terminar desarrollando la descripción general del sistema (**fenómeno complejo --> variables --> protagonistas --> descripción del sistema**).

O bien, se puede comenzar focalizando la evaluación en un grupo de protagonistas como, por ejemplo, un gobierno municipal y su aparato administrativo para seguir con otros protagonistas y luego con variables como los ingresos fiscales, el nivel de actividad económica del municipio, etc. Siguiendo con ciertos fenómenos culturales significativos, etc. (**protagonistas --> variables --> fenómenos complejos --> descripción del sistema**).

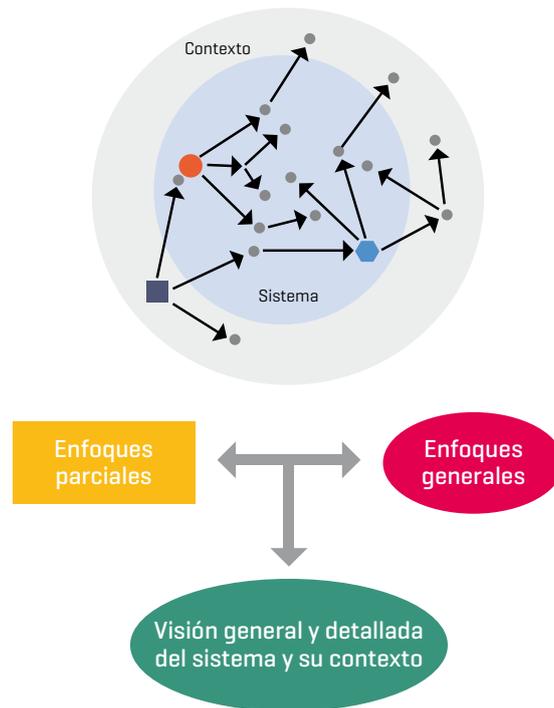
Tampoco se trata de seguir una suerte de trayectoria irreversible, la experiencia indica que es bueno abordar el ejercicio prospectivo con algunos esquemas de operaciones en la mochila pero que es malo pretender imponer el esquema previo a la realidad; lo conveniente es adaptar el plan operativo al problema a resolver, las fuentes de información disponibles, las formas específicas de participación colectiva en las actividades programadas, etc.

El trabajo de conocimiento del sistema aparece en la práctica prospectiva como una sucesión de idas y vueltas entre enfoques parciales que se van extendiendo hacia la totalidad y desde enfoques generales, detectando propiedades emergentes del conjunto que iluminan y dan sentido sistémico a los enfoques parciales. Se trata de un proceso de tanteos, de aproximaciones imperfectas entre el todo y las partes, en camino hacia la detección de la dinámica real del sistema, integración prospectiva, devenir concreto de sus propiedades emergentes generales y de sus "detalles", de los niveles específicos de autonomía de sus componentes. La práctica prospectiva es así concebida como una serie de aproximaciones sucesivas a la realidad.

Según los casos, antes, después o durante el trabajo de conocimiento interno se realiza el estudio del contexto del sistema.

La etapa concluye con una descripción detallada del sistema en su conjunto, las relaciones entre sus componentes y con el contexto, ampliándola a un recorrido temporal, (retrospectiva) que "explica" el presente y brinda pistas para el conocimiento de los futuros posibles.

Gráfico 3.3-3 Conocimiento del sistema y su contexto.



3.4 SIMULACIONES

La etapa siguiente es la realización de simulaciones de posibles comportamientos futuros del sistema como totalidad o de algunos de sus componentes.

Se trata de una etapa-puente entre la descripción del sistema y los escenarios. Por una parte, las simulaciones parciales o generales posibilitan un mejor conocimiento del sistema, una mejor aprehensión de su dinámica, lo que establece inevitablemente un conjunto de idas y vueltas entre los ensayos de comportamientos y la búsqueda de nuevas informaciones sobre los componentes y sus interacciones. Y por otro lado, dichas simulaciones conducen a la formulación de interrogantes estratégicos acerca del sistema cuyas respuestas alternativas o hipótesis conforman los disparadores para la construcción de escenarios.

Consideramos conveniente trabajar con simulaciones sencillas de estructura transparente que puedan ser fácilmente manipuladas por el equipo de prospectiva e incluso por quienes estén interesados en el ejercicio. De ese modo las simulaciones se convierten en un impulsor del proceso participativo. Las "cajas negras" suelen proliferar en el tema, muchas veces con una imagen de rigor y nivel científico "inaccesibles" para el común de la gente. Nuestra recomendación es dejar de lado esas alternativas.

El proceso culmina con la formulación de grandes interrogantes estratégicos sobre el futuro del sistema. Las diferentes respuestas a cada interrogante son luego agrupadas en una caja morfológica, lo cual, despejados los agrupamientos incoherentes, permitirá comenzar la etapa siguiente de construcción de escenarios a partir de núcleos coherentes de hipótesis.

3.5 CONSTRUCCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS

Un conjunto no demasiado grande de núcleos básicos de hipótesis servirán como disparadores de la construcción de escenarios, es decir de recorridos temporales de un sistema abierto, en transformación durante un período de tiempo determinado.

En numerosos casos será necesario establecer cortes temporales (subperíodos) con el fin de darle mayor coherencia a la descripción del fenómeno. Puede ocurrir que un subperíodo permita obtener mayores detalles que otro, por ejemplo, es posible que una *commodity* se presente con fuertes oscilaciones de su precio en el corto plazo pero con una tendencia clara en el largo plazo, o que, a la inversa, enfrentemos a un precio estable en el corto plazo pero cargado de fuertes incertidumbres en el largo plazo.

La evolución de un sistema puede llegar en el futuro a un momento de ruptura establecido con mayor o menor precisión, anticipado por factores que al expandirse y combinarse provoquen un salto cualitativo general. En ese caso tendríamos dos posibles etapas muy diferenciadas.

Es necesario pensar a los escenarios de un sistema como un conjunto de films que partiendo de una base de lanzamiento común van tomando características diferentes a partir de un momento dado. Esas diferencias pueden desatarse desde el primer minuto del futuro, en el minuto final o en algún punto intermedio.

Reiterando lo señalado respecto de las simulaciones, destacamos la posibilidad de que en algún momento de la construcción de escenarios aparezcan componentes o comportamientos del “presente” o del “pasado” ignorados o subestimados, que será necesario estudiar.

Finalmente, elaborado un conjunto de escenarios coherentes dotados de una probabilidad significativa, se pasará a jerarquizarlos en función de los criterios para la toma de decisiones de los principales protagonistas del sistema compatibles con fenómenos que sobredeterminan su comportamiento.

3.6 DESARROLLO PARTICIPATIVO

La disciplina prospectiva es concebida como un instrumento para la toma de decisiones, desde la elaboración y ejecución de planes estratégicos hasta la realización de acciones puntuales; de ello se desprende la necesidad de dotar al ejercicio de componentes participativos que involucren en las distintas etapas del mismo a quienes van a utilizar sus resultados.

El objetivo puede ser logrado a través del armado de mecanismos de consulta de carácter individual o grupal, destacamos tres caminos posibles, entre otros:

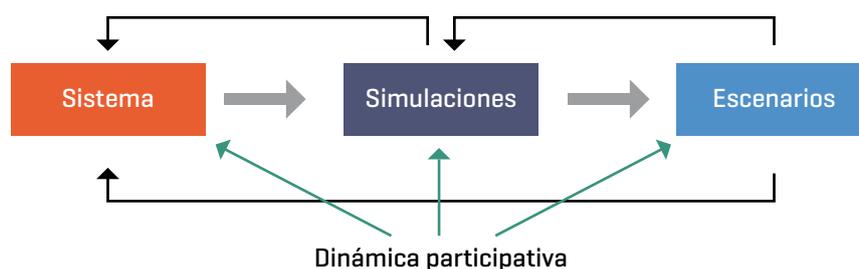
Seminarios - talleres de reflexión: una buena manera de comenzar el ejercicio prospectivo es la de reunir en un taller o seminario de reflexión a representantes o expertos capaces de esclarecer panoramas sectoriales, temas puntuales u otras cuestiones que el equipo considera importantes. Las ponencias, comentarios y debates de dicho encuentro pueden llegar a ser valiosos materiales que el equipo estudiará extrayendo informaciones, pistas de investigación, etc. También será útil para poner al equipo en contacto con posibles colaboradores con el ejercicio prospectivo.

Estos talleres o seminarios pueden repetirse en distintos momentos del ejercicio. Por ejemplo, cuando ya se disponga de un buen borrador de la primera etapa (descripción del sistema) o como apoyo para la realización de un ejercicio retrospectivo parcial o general. También puede servir de apoyo en la realización de simulaciones, en la evaluación de esbozos de escenarios o de su jerarquización.

Consultas a expertos: existe una amplia variedad de técnicas de consultas a expertos como la técnica Delphi y sus variantes, el brainstorming o consultas individuales. Todas ellas pueden ser útiles en la etapa de conocimiento del sistema (detección de temas, de variables o protagonistas importantes, etc.), en la de realización de simulaciones (por ejemplo, en el esclarecimiento acerca de posibles comportamientos de ciertos protagonistas, etc.) y en la elaboración y jerarquización de escenarios.

Integración de tomadores de decisiones al ejercicio prospectivo: el establecimiento de canales de comunicación flexibles entre el equipo y los destinatarios del ejercicio (por lo general se trata de quienes los han encargado) integrándolos a distintas actividades (participación en talleres, consultas a expertos, etc.) pero también interesándolos en los resultados parciales y generales, recibiendo sus opiniones en una suerte de ida y vuelta permanente, convierte al resultado final del ejercicio prospectivo en un producto integrado a la vida de la organización o área que posteriormente lo va a utilizar para sus planes.

Gráfico 3-1 Esquema metodológico.



4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Describir tanto su comportamiento general y su historia como sus componentes y sus interacciones, establecer un orden de importancia de las mismas y también los elementos y comportamientos decisivos de su contexto.

4.1 HORIZONTE TEMPORAL Y PRIMERA DESCRIPCIÓN

El objetivo del ejercicio prospectivo es detectar posibles reproducciones futuras de un sistema complejo durante un período determinado (escenarios). El establecimiento de dicho horizonte temporal no puede ser realizado de manera caprichosa. Probablemente quienes encargan la realización del ejercicio ya tienen en vista un plan, un programa o algunas acciones en períodos concretos, es por ello que demandarán un horizonte prospectivo coincidente con esas necesidades.

Sin embargo, un primer conocimiento somero del sistema y de sus posibles desarrollos futuros permitirá ajustar el horizonte temporal, periodizarlo (por ejemplo, dividirlo en varios tramos con diferentes niveles de detalles), etc. Este primer diálogo en torno del horizonte temporal entre el equipo de prospectiva y los demandantes del estudio puede ser el comienzo del desarrollo participativo del mismo.

Resuelto ese tema, el paso siguiente es el de la realización de una primera descripción del sistema y su contexto, señalando comportamientos generales significativos, historias, algunas variables, fenómenos complejos y protagonistas importantes. Para ello será necesario que el equipo realice un primer barrido de información disponible probablemente combinado con consultas a expertos. Uno de esos mecanismos de consulta puede ser además de las entrevistas individuales la realización de una jornada o taller de trabajo con decididores y expertos.

Los resultados pueden ser desarrollados en un texto que incluya componentes del sistema y su contexto, temas o interrogantes a dilucidar, acompañado por un mapping o mapa cognitivo preliminar. La finalidad de esos productos es contar con una descripción inicial del sistema que permita comenzar el trabajo de detección de componentes.

4.1.1 MAPPINGS

Un buen instrumento para el logro de ese objetivo es la construcción de mappings, esquemas gráficos que reúnen variables, protagonistas, fenómenos complejos detectados en esa mirada inicial y algunas relaciones entre los mismos.

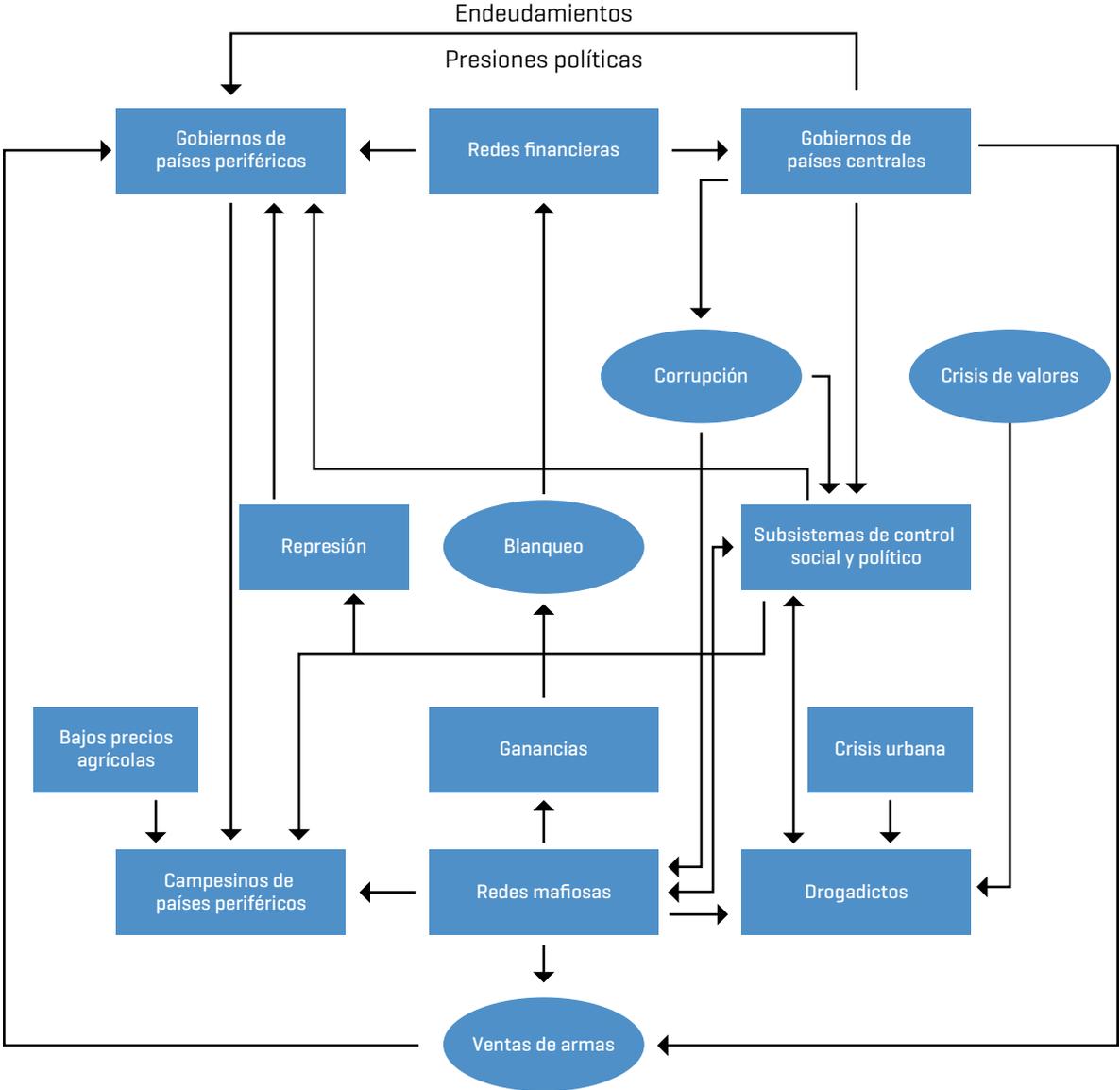
Un primer ejemplo que aquí mostramos consiste en dos mappings realizados hace casi un cuarto de siglo por el equipo de Pierre Gonod referido al “sistema de la droga” y sus posibles desarrollos futuros⁵⁴. Ambos enfoques son relativamente simples, en el primero se trata de presentar a los principales protagonistas sin entrar en mayores detalles colocando en el centro al mercado de la droga. En el segundo mapping aparecen protagonistas, variables y temas enlazados. La falta de detalles en el primer caso y de componentes en el segundo no desmerece el trabajo ya que su finalidad era la de generar el debate en el equipo y en algún taller de reflexión.

⁵⁴ Gonod Pierre, op. cit.

Gráfico 4.1-1 Sistema de la droga [primera aproximación].

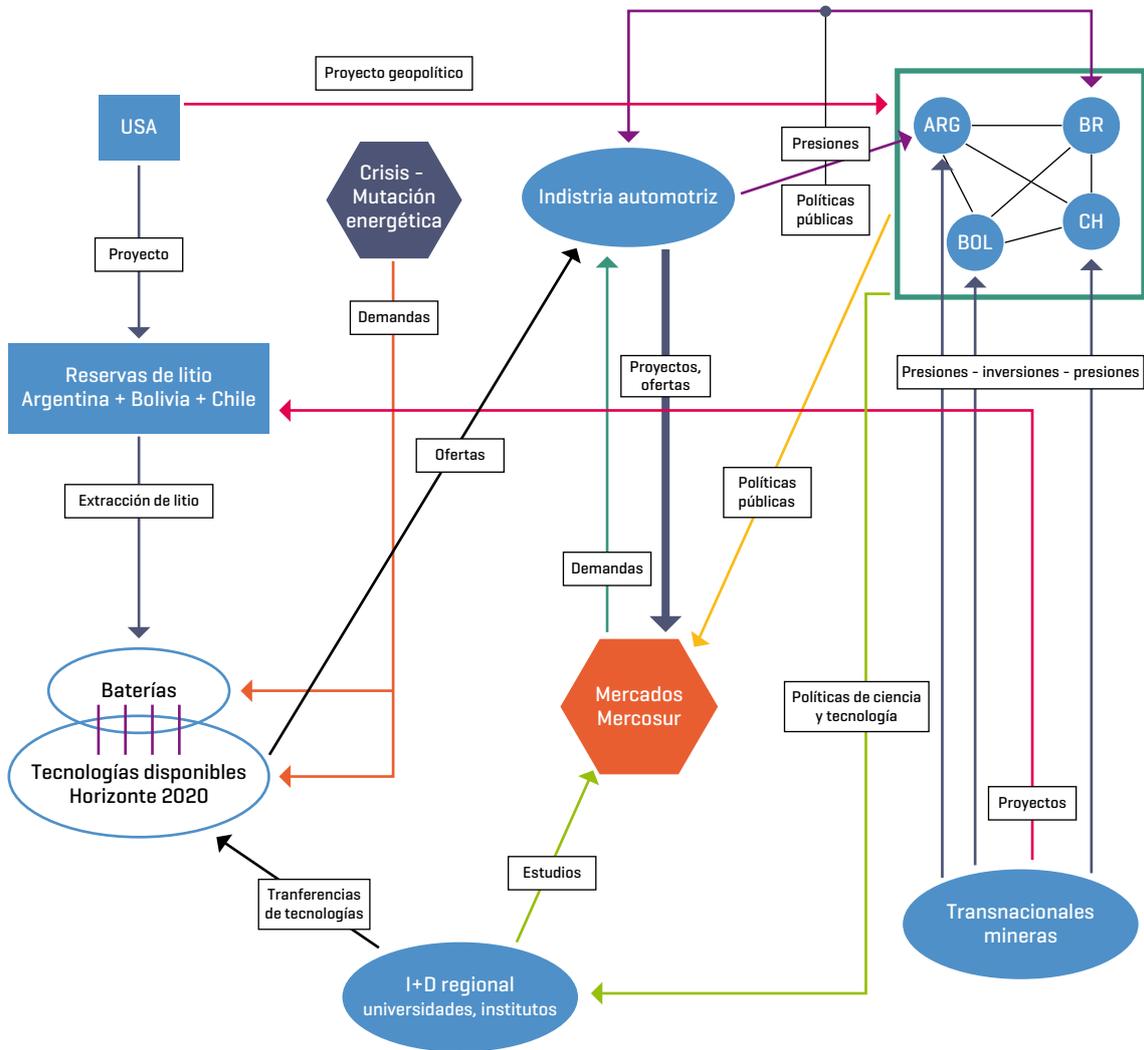


Gráfico 4.1-2 Sistema de la droga [segunda aproximación].



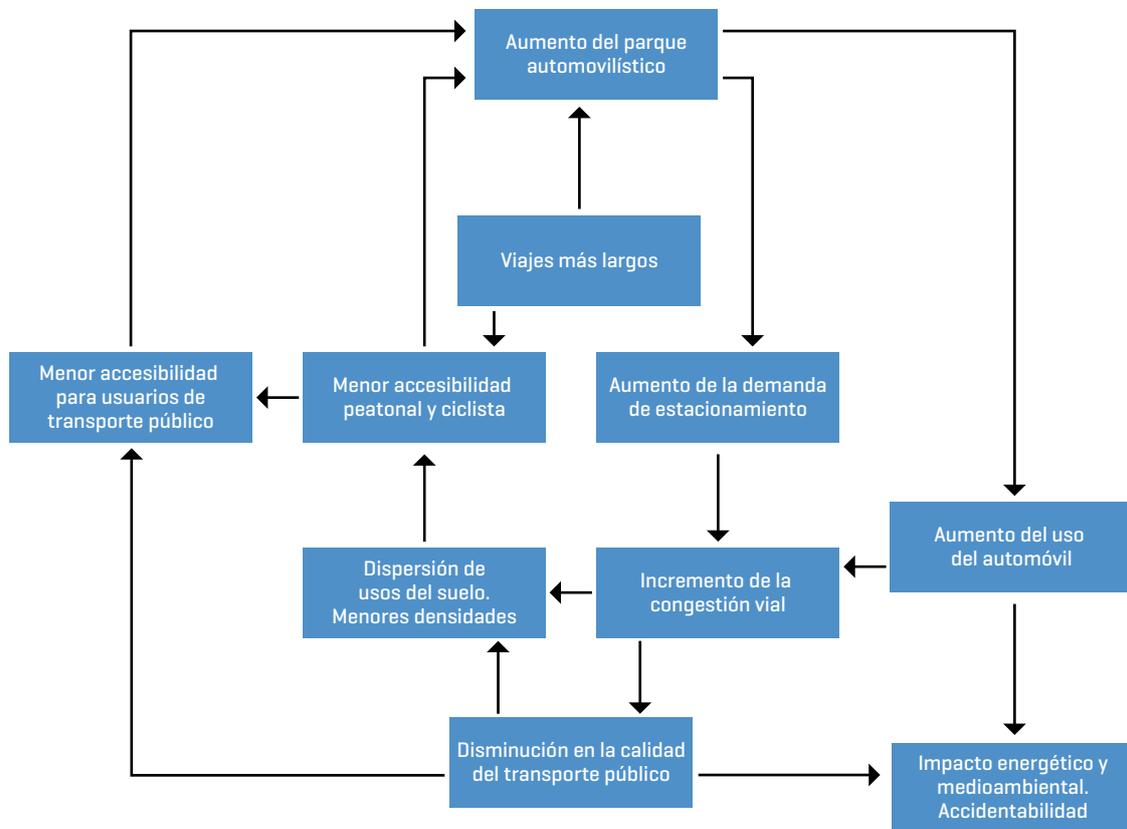
Un segundo ejemplo es un mapping muy elemental, desarrollado en 2014 como parte de los trabajos de un estudio prospectivo, referido al desarrollo futuro del sector industrial automotriz en el Mercosur. No se trataba de la descripción final del sistema sino de un borrador de apoyo a la reflexión en su etapa inicial.

Gráfico 4.1-3 Vehículos eléctricos - Mercosur - Horizonte 2025.



Otro ejemplo se refiere a un ejercicio de prospectiva territorial realizado en la provincia de Córdoba (Argentina) durante 2014 donde se elaboraron mappings y se utilizaron algunos ya elaborados, como el que mostramos a continuación, preparado por la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba, destinado a animar la reflexión sobre los problemas del sistema de transporte.

Gráfico 4.1-4 Gran Córdoba - interacciones red de transporte - uso del suelo.



4.2 VARIABLES

4.2.1 TIPOS DE VARIABLES

Es necesario diferenciar entre variables cualitativas y cuantitativas aunque existe una cierta zona intermedia donde suelen asignarse números a las variables de manera arbitraria. Es el caso de las llamadas variables cualitativas ordinales que podrían ser calificadas de semi cualitativas, por ejemplo los puestos en un torneo deportivo: 1º, 2º, 3º etc., o bien de ciertos niveles sociales-políticos: altamente inestable, inestable, estabilidad baja, alta estabilidad.

Las variables cuantitativas pueden ser discretas (no permite valores intermedios sino números exactos, por ejemplo, la cantidad de hijos) o continuas (aquellas que aceptan valores intermedios entre dos números por ejemplo las medidas de peso). En todos los casos, al seleccionarse las variables del sistema y su contexto el equipo debe recopilar y luego procesar toda la información disponible sobre cada una de ellas.

4.2.2 SELECCIÓN DE VARIABLES

Establecido el listado de variables significativas, será necesario ordenarlas y estudiarlas. Las actividades realizadas en el paso anterior permiten elaborar una primera lista, son útiles las consultas a expertos de manera individual o colectiva entre las que destacamos dos técnicas que podrán luego ser utilizadas en distintas etapas del ejercicio prospectivo: el brainstorming (tormenta de cerebros) y las encuestas o consultas Delphi en sus diversas variantes.

4.2.2.A LA “TORMENTA DE CEREBROS”

Puede ser realizada de manera sencilla bajo la forma de una o varias jornadas de trabajo con grupos de expertos en torno de un conjunto de preguntas referidas a las posibles variables significativas del sistema y su contexto. Resulta conveniente restringir todo lo posible el número de preguntas. A partir de la información obtenida en esas reuniones podrán ser desarrollados estudios puntuales sobre ciertas variables.

4.2.2.B LA “TÉCNICA DELPHI”⁵⁵⁻⁵⁶

En su versión más sencilla permite economizar esfuerzos y ganar tiempo convocando a un pequeño número de expertos realizando lo que suele llamarse un “mini-Delphi”. El mismo consiste en preguntar a expertos compartimentados entre sí (confidencialidad, anonimato de las intervenciones) a través de consultas vía internet.

Se lanza una primera consulta, por ejemplo, solicitándoles enumerar las variables decisivas del sistema bajo estudio justificando sus respuestas (si es considerado necesario puede hacerse la distinción entre variables “internas” del sistema y las variables “externas” al mismo pero significativas). Luego son clasificadas las respuestas ordenándolas en grupos según el número de preferencias logradas por las variables.

El resultado cuantitativo así como los principales argumentos que acompañan a la selección son reenviados a los participantes solicitándoles la revisión de sus preferencias a la luz de la nueva información suministrada. La operación es repetida hasta que no se produzcan cambios significativos en las respuestas.

El resultado final será no solo una selección de consenso de variables significativas sino también (principalmente) una abundante información acerca de las mismas.

4.2.2.C CONSULTAS INDIVIDUALES

La experiencia muestra que un equipo de trabajo eficaz que ha conseguido elaborar una buena lista de expertos disponibles puede combinar, y a veces reemplazar, esas técnicas de consulta colectiva por una lluvia de consultas individuales algunas de carácter presencial y otras vía internet (*email, skype, etc.*). Es necesario aclarar qué se entiende por “experto”: puede tratarse de especialistas en el tema bajo estudio pero también de decididores de distinto nivel (funcionario público, empresario, dirigente de una organización social, etc.).

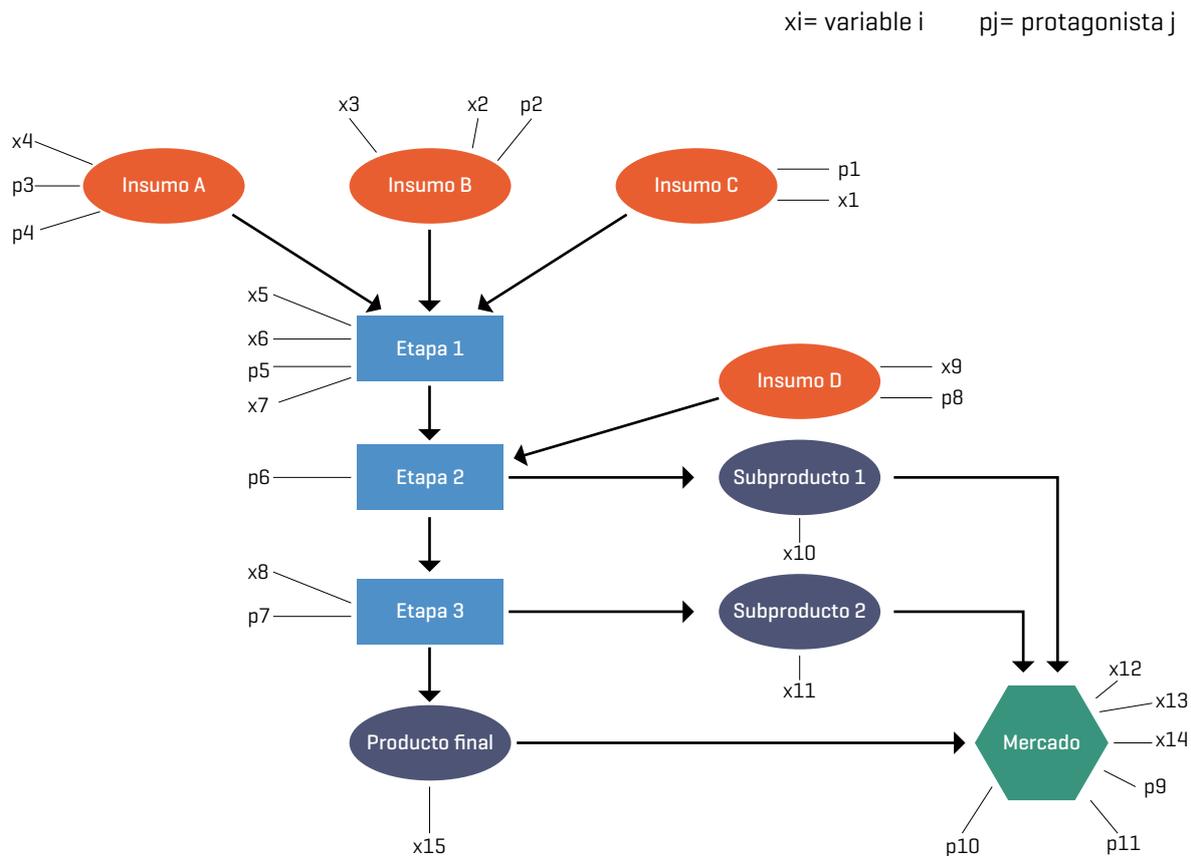
4.2.2.D ENCADENAMIENTOS TECNOLÓGICOS

Otra técnica igualmente útil es la utilización de encadenamientos propios de todo proceso productivo. Partiendo de los insumos e ingresando en las etapas de la producción, deduciendo productos y subproductos y luego las demandas respectivas, será posible detectar variables internas pero también externas y al mismo tiempo irán apareciendo protagonistas internos y externos. Esta técnica guarda un cierto parentesco con la de elaboración de *mappings* aunque está focalizada en procesos secuenciales (“productivos”) bien estructurados. Su desventaja respecto del *mapping* es que deja afuera relaciones y componentes que no se encadenan de manera rigurosa pero tiene la ventaja de cubrir de manera sistemática a todos los elementos de un proceso determinado.

⁵⁵ Helmer Olaf, “*Analysis of the Future. The Delphi Method*”, The Rand Corporation, Santa Monica, California, 1967, <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P3558.pdf>

⁵⁶ Linstone, H. A. and Turoff, M. (eds., 1975): *The Delphi Method - Techniques and Applications*, Reading: Addison-Wesley. Descarga libre desde: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>

Gráfico 4.2.2.d-1 Encadenamientos tecnológicos.



4.2.2.E MATRIZ DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Una buena técnica para la selección de variables significativas así como para el desarrollo de una rica reflexión sobre el funcionamiento del sistema es la llamada “Matriz de Análisis Estructural” (MAE) que permite evaluar impactos entre las variables del sistema.

La técnica nos da la posibilidad de descubrir variables a veces subestimadas y, sobre todo, abre la reflexión sobre el conjunto del sistema. La evaluación de las interacciones entre variables nos deja ver no sólo los impactos entre las mismas sino que también alienta la construcción de visiones más amplias abarcando dinámicas que incluyen protagonistas, variables y fenómenos complejos. Podríamos decir que existe un resultado directo de esta técnica: su ayuda para seleccionar variables significativas, pero también hay un resultado menos visible pero tal vez el más importante: la reflexión sobre el sistema en su conjunto a partir de la confrontación con “detalles” o casos puntuales del mismo (por ejemplo la motricidad de una variable sobre las otras o su grado de dependencia respecto de ellas).

El procedimiento es sencillo, se construye una matriz cuadrada donde cada fila correspondiente a una variable describe la existencia o no de impactos directos significativos de la misma sobre las demás; gracias a esa construcción cada columna nos mostrará los impactos sobre una variable de todas las otras (reiteramos que se trata de “impactos significativos” tal como los percibe el equipo de trabajo).

Esta “matriz de impactos directos” puede ser construida colocando en cada celda 1 si hay impacto significativo y 0 si no lo hay, el impacto directo de una variable sobre sí misma queda igual a 0.

La matriz puede ser sofisticada estableciendo una escala de impactos: 0 si no hay impacto directo significativo, 1 si es un impacto relativamente débil, 2 si es más fuerte y 3 si es muy fuerte. Este procedimiento es más riguroso pero puede hacer perder mucho tiempo al grupo encargado de realizar el ejercicio, pensemos que por ejemplo un sistema de innovación y su contexto puede llegar a incluir fácilmente unas cincuenta variables (a veces se supera el centenar) lo que lleva a que en caso de una matriz de 50 x 50 tendríamos 2.500 impactos sobre los que tendríamos que dictaminar.

En el ejemplo siguiente tenemos una matriz de impactos directos (0 y 1) de 10 variables, es decir de 100 interacciones entre variables. En cada celda de la última columna encabezada por el título MOT (motricidades) tendremos la suma de impactos de una variable sobre todas las otras; por ejemplo, la variable F tendrá una motricidad igual a 8, esto significa que esa variable incide de manera significativa sobre el conjunto de variables. En cada celda de la última fila encabezada por el título DEP (dependencias) encontraremos el nivel de "dependencia" de cada variable respecto de las demás, por ejemplo la variable C no es muy dependiente (3) aunque tiene una elevada motricidad (7).

La lectura rigurosa de cada fila o columna es sumamente útil para entender el funcionamiento del sistema. La experiencia nos enseña que el trabajo con matrices de impactos cruzados no solo es útil para destacar variables que probablemente en un primer enfoque habían sido subestimadas sino también, o principalmente, en numerosos casos para impulsar la reflexión grupal acerca del sistema, debatir interacciones y en ese proceso "descubrir", de paso, protagonistas y fenómenos complejos.

Gráfico 4.2.2.e-1 Matriz de análisis estructural.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MOT
A	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
B	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
C	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	7
D	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	6
E	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	4
F	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
G	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3
H	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
I	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
J	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
DEP	8	3	3	3	2	4	6	3	4	7	

Estas matrices cuadradas con diagonales compuestas por ceros tienen la característica de que, multiplicadas por sí mismas, a partir de un cierto número de operaciones la jerarquía de motricidades y dependencias se mantiene constante; ello permite evaluar los impactos indirectos entre variables. En ciertos casos esa variante ha aportado temas para la reflexión del equipo de trabajo, de todos modos recomendamos focalizar el esfuerzo en la reflexión en torno de la matriz de impactos directos.

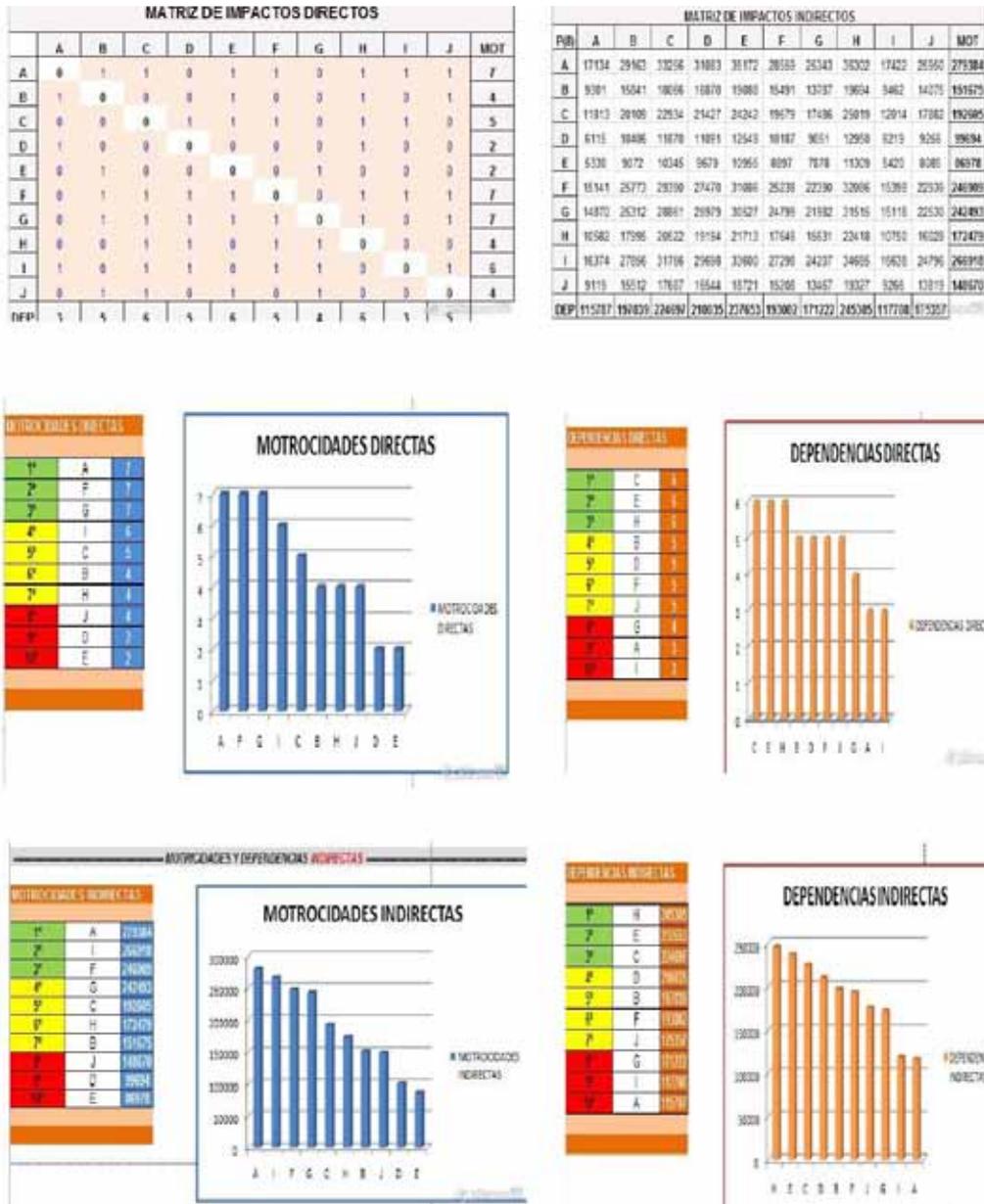
La operación puede ser realizada por medio de una hoja de cálculo (Excel u otra) aunque es mucho más sencillo trabajar con la plantilla MAE del aplicativo ProspectivAr adjunto [(**ProspectivAr --> Variables --> Matriz de Análisis Estructural (MAE)**)] o bien utilizando el programa Octave, clon no comercial de Matlab, que también incluimos (**ProspectivAr --> Software Libre --> Octave**) y que permite trabajar con un número muy grande de variables que pueden llegar a ser varios centenares en algunos ejercicios prospectivos. La limitación de MAE es que no permite trabajar con más de 100 variables, para conjuntos más extensos siempre es posible emplear Excel, aunque el trabajo resulta tedioso: es más ágil utilizar Octave u otros clones de Matlab de uso libre. Para quienes decidan trabajar prescindiendo de la plantilla MAE recomendamos en el caso de la construcción de la matriz de impactos indirectos potenciar la matriz original (M) por 10 y asegurarse el buen resultado potenciando M por 11 y observar si no han cambiado las jerarquías, si las mismas han cambiado no hay otra solución que seguir potenciando hasta llegar al buen resultado.

Veamos el siguiente ejemplo de un conjunto de 10 variables que son incluidas en una matriz de 10 por 10 donde la diagonal está compuesta por ceros y el resto de los casilleros con 0 o 1. Utilizamos la plantilla MAE, la misma ofrece una matriz de 100 por 100. Como trabajaremos en este caso con una matriz de 10 por 10 el resto de los casilleros se llenan con ceros. Procesamos y obtenemos los siguientes resultados:

En el caso de la variable A, la misma tiene impacto directo 0 sobre sí misma pero impactos directos significativos sobre B, C, E, F, H, I y J lo que le otorga un valor de motricidad sobre el sistema igual a 7. A y G son las variables de mayor motricidad directa mientras que C, E y H son las más dependientes (dependencias

iguales a 6). Por otra parte la variable A aparece como la de mayor motricidad indirecta y la H con mayor dependencia. Todo ello es finalmente ordenado jerárquicamente y graficado.

Gráfico 4.2.2.e-2 Matriz de análisis estructural - Utilización de "MAE".



El programa libre Octave es sumamente flexible y permite incorporar agregados que amplían su capacidad operativa. En ProspectivAr incluimos, además del *software*, una guía para trabajar con Octave. Por otra parte es posible encontrar en la web abundante información al respecto (<http://www.gnu.org/software/octave/support.html>), existen también otros clones de Matlab de uso libre y de buena calidad, por ejemplo Freemmat (<http://freemmat.sourceforge.net/>) o Scilab (<http://www.scilab.org/>).

Veamos un ejemplo sencillo utilizando Octave.

Trabajaremos con 5 variables: x1, x2, x3, x4 y x5 y construiremos una matriz de impactos directos con diagonal compuesta por ceros, cada fila describirá los impactos directos de una variable sobre las demás.

La fila x1 será la siguiente: x1 --> 0 1 1 0 1 0 (impactos de x1 sobre x1, de x1 sobre x2, etc.), x2 --> 1 0 1 1 0, x3 --> 1 1 0 0 1, x4 --> 1 1 0 0 0, x5 --> 0 1 0 1 0.

Para obtener las motricidades multiplicamos M por la matriz columna $c = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1)$ que fabricamos con el comando "ones (5,1)".

Haciendo $M*c$ obtenemos la secuencia (3 3 3 2 2)

Para obtener las dependencias multiplicamos la matriz fila $d = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1)$ por M, fabricamos d con el comando "ones" (1,5).

Haciendo $d*M$ obtenemos la secuencia (3 4 2 2 2)

Tabla de motricidades [MOT] y dependencias [DEP] directas		
variables	MOT	DEP
x1	3	3
x2	3	4
x3	3	2
x4	2	2
x5	2	2

La jerarquía de motricidades directas es la siguiente: $x1=x2=x3>x4>x5$. La jerarquía de dependencias directas es: $x2>x1>x3=x4=x5$

Para obtener las motricidades y dependencias indirectas empezamos por elevar M a la potencia 10 con el comando $Mi=M^{10}$, y construimos una matriz de prueba Mp igual a M a la potencia 11.

Luego obtenemos la secuencia de motricidades indirectas multiplicando Mi por c y obtenemos la secuencia: (21417 – 21949 – 21417 – 16141 - 14177)

La jerarquía de motricidades indirectas es la siguiente: $x2>x1=x3>x4>x5$

Multiplicando d por Mi obtenemos: (21801 – 25793 – 17721 – 15077 - 14709)

La jerarquía de dependencias indirectas es: $x2> x1>x3>x4>x5$.

Haciendo similares operaciones con la matriz de prueba Mp vemos que las jerarquías han permanecido constantes.

Comparando motricidades y dependencias directas e indirectas observaremos diferencias que en un caso concreto serán temas de debates en el equipo de trabajo.

MOT directas---> $x1=x2=x3>x4>x5$
 MOT indirectas---> $x2>x1=x3>x4>x5$
 DEP directas---> $x2>x1>x3=x4=x5$
 DEP indirectas---> $x2> x1>x3>x4>x5$.

Gráfico 4.2.2.e-3 Utilización de Octave.

```

>>> M=[0 1 1 0 1;1 0 1 1 0;1 1 0 0 1;1 1 0 0 0;0 1 0 1 0]
M =
    0 1 1 0 1
    1 0 1 1 0
    1 1 0 0 1
    1 1 0 0 0
    0 1 0 1 0

>>> c=ones(5,1)
c =
    1
    1
    1
    1
    1

>>> M*c
ans =
    3
    3
    3
    2
    2

>>> d=ones(1,5)
d =
    1 1 1 1 1

>>> d*M
ans =
    3 4 2 2 2

>>> Mi=M^10
Mi =
    4909 5808 3992 3396 3312
    5040 5937 4080 3476 3396
    4908 5808 3993 3396 3312
    3696 4376 3012 2561 2496
    3248 3844 2644 2248 2193

>>> Mp=M^11
Mp =
    13106 15609 10717 9120 8081
    13513 15992 10997 9353 9120
    13197 15609 10716 9120 8091
    9949 11765 8072 6872 6708
    8736 10333 7092 6037 5892

>>> Mi*c
ans =
    21417
    21949
    21417
    16141
    14177

>>> Mp*c
ans =
    57543
    58975
    57543
    43366
    38090

>>> d*Mi
ans =
    21801 25793 17721 15077 14709

>>> d*Mp
ans =
    58591 69308 47594 40502 39522

```

4.2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO. TRATAMIENTO DE SERIES TEMPORALES [TST]

4.2.3.A VISUALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Seleccionado un conjunto de variables significativas debe realizarse un estudio detallado de las mismas.

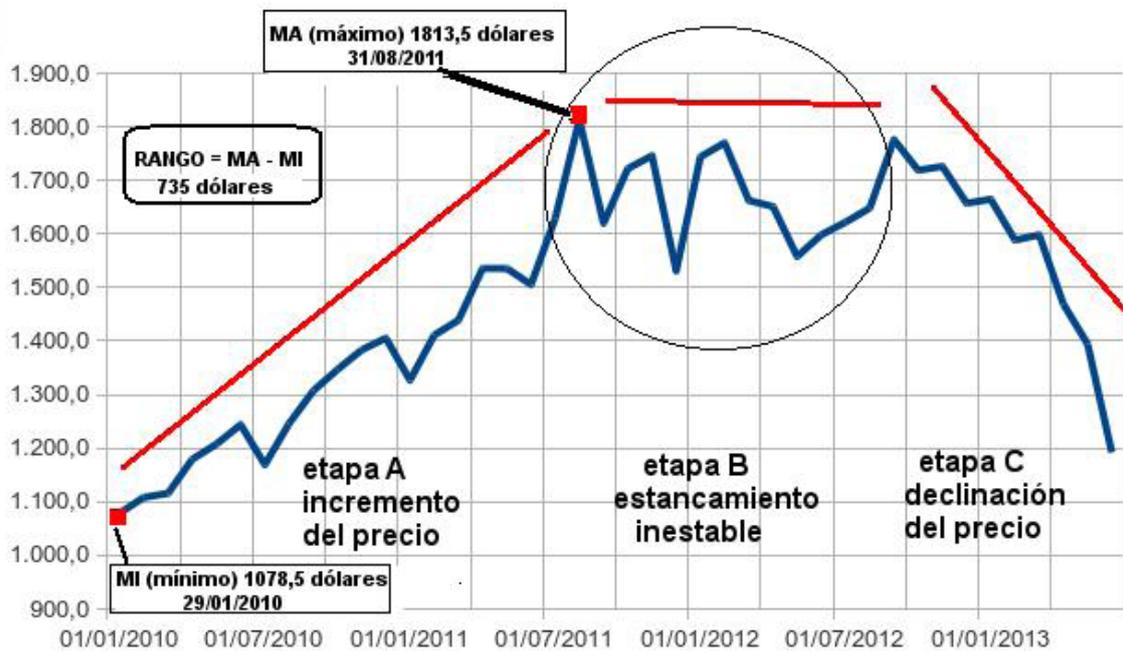
En el ejemplo siguiente se trata de una variable cuantificable: el precio del oro medido en dólares por onza entre el 29 de enero de 2010 y el 28 de junio de 2013. Una primera vista de la variable nos muestra tres tendencias sucesivas: primero una tendencia ascendente del precio entre enero de 2010 y agosto de 2011, para luego entrar en una etapa de estancamiento inestable que se prolonga hasta noviembre de 2012 a partir del cual se desarrolla una etapa de descenso. El precio máximo (1813,5 dólares) es alcanzado el 31/08/2011 y el mínimo (1078,5 dólares) el 29/01/2010, lo que nos da un rango de oscilación del precio de 735 dólares.

A partir de esas constataciones se abre una compleja reflexión sobre el tema abarcando a diversas variables vinculadas con ese precio como la producción global de oro, la evolución del Producto Bruto Mundial, el comportamiento del dólar y de su respaldo estratégico: la economía de los Estados Unidos, las estrategias de los principales bancos centrales, de los grandes especuladores financieros, etc.

Cuadro 4.2.3.a-1 Precio del oro - dolar por onza.

FECHA	PRECIO	FECHA	PRECIO
29-01-2010	1.078,5	31-10-2011	1.722,0
26-02-2010	1.108,3	30-11-2011	1.746,0
31-03-2010	1.115,5	30-12-2011	1.531,0
30-04-2010	1.179,3	31-01-2012	1.744,0
31-05-2010	1.207,5	29-02-2012	1.770,0
30-06-2010	1.244,0	30-03-2012	1.662,5
30-07-2010	1.169,0	30-04-2012	1.651,3
31-08-2010	1.246,0	31-05-2012	1.558,0
30-09-2010	1.307,0	29-06-2012	1.598,5
29-10-2010	1.346,8	31-07-2012	1.622,0
30-11-2010	1.383,5	31-08-2012	1.648,5
31-12-2010	1.405,5	28-09-2012	1.776,0
31-01-2011	1.327,0	31-10-2012	1.719,0
28-02-2011	1.411,0	30-11-2012	1.726,0
31-03-2011	1.439,0	31-12-2012	1.657,5
29-04-2011	1.535,5	31-01-2013	1.664,8
31-05-2011	1.536,5	28-02-2013	1.588,5
30-06-2011	1.505,5	29-03-2013	1.598,3
29-07-2011	1.628,5	30-04-2013	1.469,0
31-08-2011	1.813,5	31-05-2013	1.394,5
30-09-2011	1.620,0	28-06-2013	1.192,0

Gráfico 4.2.3.a-1 Evolución del precio del oro [dólares por onza, entre el 29-01-2010 al 28-06-2013].

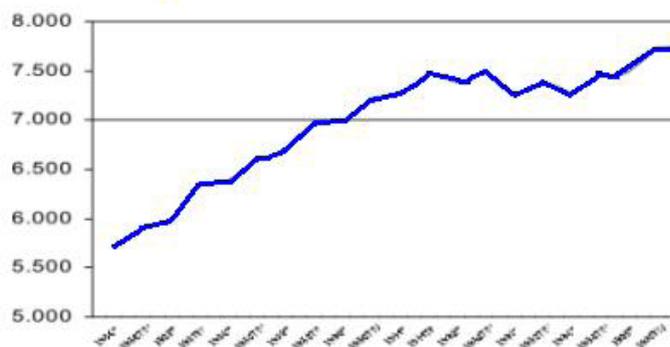


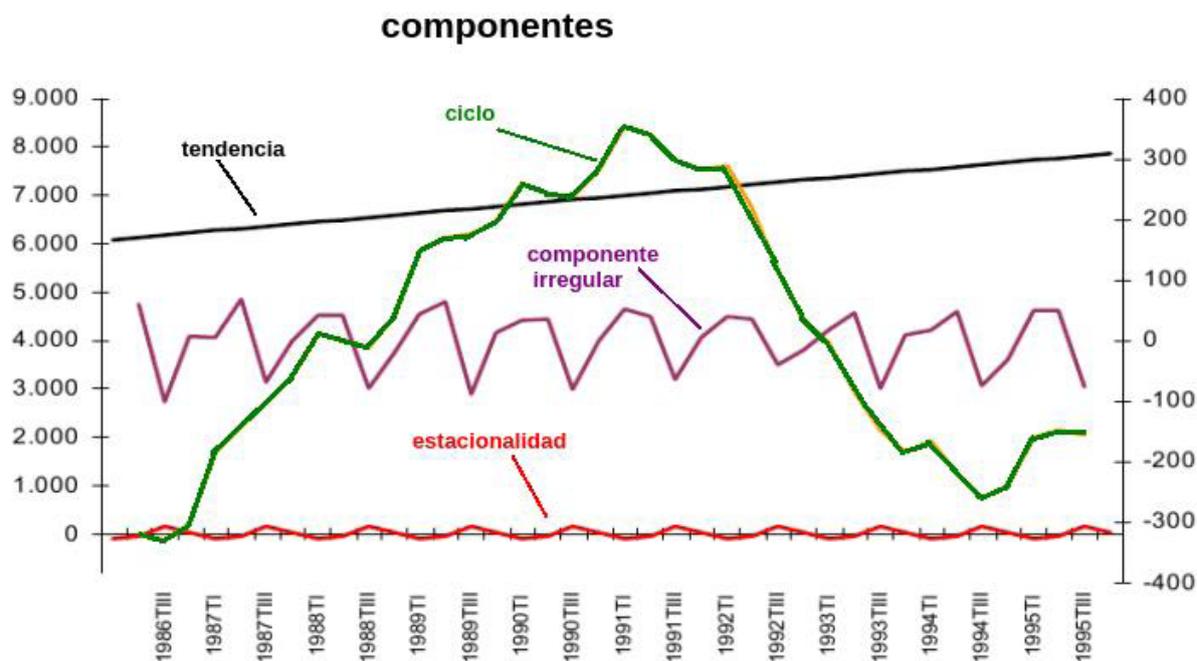
4.2.3.B COMPONENTES DE LA VARIABLE

También es útil descomponer la serie temporal en componentes que nos ilustran acerca de su trayectoria pasada, a la tendencia podemos agregar la “estacionalidad” (comportamiento que se repite a corto plazo: anual, mensual, semanal, etc.), el “ciclo” (comportamiento que se repite a mediano o largo plazo) dejando finalmente al descubierto su componente irregular. Podemos tomar como ejemplo a la variable “ocupación en el sector servicios” de una localidad imaginaria.

Gráfico 4.2.3.b-1 Ocupados en el sector servicios - componentes.

Ocupados en el sector servicios





4.2.3.C EXTRAPOLACIONES Y ERRORES

Una manera de trabajar con variables es extrapolarlas de manera más o menos sofisticada siguiendo los pasos de la previsión clásica. No se trata, en prospectiva, de pronosticar con extrapolaciones sino de utilizar esas técnicas como instrumentos de reflexión: ¿qué pasaría con la variable X si no cambian en el futuro las condiciones que determinaron su comportamiento pasado?

La respuesta está en los “tratamientos de series temporales” empleando desde una sencilla línea de tendencia hasta técnicas de manipulación más sofisticadas. De todos modos, es necesario hacer notar que aún si no cambiaran las “condiciones” que acompañaron en el pasado a la variable evaluada (supuesto extremo y muy poco realista) es posible esperar modificaciones cualitativas en el comportamiento de dicha variable debido a la acumulación de variaciones cuantitativas.

Volvamos a considerar el caso del precio del oro entre enero de 2010 y junio de 2013 (Cuadro 4.2.3.a-1) y realicemos una previsión utilizando la técnica de “promedios móviles simples”; por ejemplo, un promedio móvil de “orden tres” consiste en ir tomando de a tres valores sucesivos de la variable real, por ejemplo para los períodos 1, 2 y 3 (es decir x_1 , x_2 , x_3), promediarlos y asignar ese promedio al pronóstico para el período 4 (en este caso p_4). De ese modo, el último valor real de la serie será sucedido por un valor de pronóstico.

Por otra parte construiremos un “indicador de error” correspondiente a las diferencias entre valores reales y de ajuste, el mismo será comparado con los resultados de promedios móviles de ajuste de otro orden (2, 4, 5...) y elegiremos el pronóstico de promedio móvil con el menor índice de error.

En este caso empleamos el indicador conocido como EMPA o EPMA (Error Porcentual Medio Absoluto)

$$EMPA = \frac{\left[\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - P_t}{X_t} \right| \right] \times 100}{n}$$

Donde X_t es el dato real en la fecha t , P_t es el valor de ajuste para la misma fecha y n la cantidad de mediciones realizadas.

Realizamos promedios móviles de orden 5 y 3 pronosticando seis valores sucesivos (31/07/2013, 31/08/2013, 30/09/2013, 31/10/2013, 29/11/2013 y 30/12/2013).

Según el indicador de error (EPMA):

EPMA-PMS-3 = 5,58 %

EPMA-PMS-5 = 6,40 %

Elegimos por consiguiente el pronóstico suministrado por el promedio móvil de orden 3. Para este ejercicio no hemos utilizado ningún *software* especializado sino una hoja de cálculo (puede ser Excel, Calc de Open Office u otra). Empleando sólo los valores reales obtenemos el pronóstico para la primera fecha (31/07/2013), para el pronóstico posterior agregamos el pronóstico ya realizado a la columna de valores reales repitiendo la operación hasta completar seis pronósticos. En realidad sólo el primer pronóstico emerge naturalmente de la técnica de promedios móviles, para la obtención de los restantes hemos decidido de manera arbitraria tomar al pronóstico del 31/07/2013 como valor real para el cálculo del pronóstico de la fecha siguiente (31/08/2013), etc. Podríamos haber hecho otra elección, por ejemplo introducir como valor real ficticio a un promedio de varios valores reales (los tres últimos, etc.).

Utilizaremos ahora la técnica de “alisamiento exponencial simple” que permite ajustar los valores reales otorgándole una mayor importancia relativa a los más recientes (lo hace de manera gradual, otorgando pesos relativos decrecientes a los valores en la medida en que se van alejando del presente). Utilizando dicha técnica en el caso del oro obtendríamos un indicador de error EPMA menor que empleando promedios móviles de orden 3 (4,76 % contra 5,58 %). Si utilizamos la técnica de Brown de doble alisado exponencial⁵⁷ reducimos aún más el error (4,55%).

Eso significa que de las tres técnicas utilizadas (promedios móviles simples, alisado exponencial simple y alisado exponencial doble) deberíamos adoptar el pronóstico señalado por la técnica Brown.

Llega la decepción cuando enfrentamos la realidad, es decir comparando los pronósticos con los precios reales del oro.

Si volvemos a calcular los indicadores de error (EPMA) pero esta vez confrontando los valores pronosticados con los precios reales, observamos que el mejor pronóstico teórico (Brown) resultó ser el peor (su EPMA real es igual a 18,73 %) mientras que el Promedio Móvil Simple de orden 3 que estaba entre los dos peores desde el punto de vista teórico resultó ser el que mejor se ajustaba a la realidad (con un EPMA real de 4,84 %).

Dicho de otra manera, enfocando el pasado vemos que el EPMA del Alisamiento exponencial doble (Brown) es inferior (es decir mejor) que el del Promedio Móvil Simple de orden 3. Siguiendo el esquema de la previsión clásica deberíamos pronosticar con Brown, pero cuando registramos lo que realmente ocurrió comprobamos que construyendo indicadores de error EPMA del futuro previsto respecto del futuro real resulta más acertado el Promedio Móvil de orden 3.

Cuadro 4.2.3.c-1 Precio del oro - dolar por onza - pronóstico vs realidad.

	PRECIO REAL	PROMEDIO MÓVIL SIMPLE DE ORDEN 3	PROMEDIO MÓVIL SIMPLE DE ORDEN 5	ALISADO EXPONENCIAL SIMPLE	BROWN
Jul. - 2013	1.324,91	1.351,83	1.448,45	1.213,12	1.219,10
Ago. - 2013	1.395,21	1.303,80	1.420,44	1.213,12	1.155,92
Sep. - 2013	1.328,83	1.304,04	1.384,88	1.213,12	1.092,73
Oct. - 2013	1.322,93	1.349,65	1.368,05	1.213,12	1.029,55
Nov. - 2013	1.251,14	1.348,99	1.362,76	1.213,12	966,36
Dic. - 2013	1.196,38	1.300,97	1.396,92	1.213,12	903,18
EPMA		4,84	7,41	7,16	18,73

⁵⁷ La técnica Brown permite suavizar series temporales muy irregulares, consiste en realizar una primera suavización exponencial simple y luego volver a suavizar los valores obtenidos en la primera operación.

Gráfico 4.2.3.c-1 Precio del oro, pronóstico vs realidad



En conclusión, el pronóstico del precio del oro es un tema demasiado complejo como para resolverlo con un simple “tratamiento de series temporales” aunque el empleo de dicha técnica puede servirnos como un elemento para la reflexión prospectiva que debería, en este caso, integrar fenómenos tales como la crisis financiera global, el comportamiento estratégico de protagonistas de la talla del gobierno chino, de la Reserva Federal de los Estados Unidos, del Banco Central Europeo, etc., hasta llegar a describir un sistema y elaborar escenarios.

Una de sus técnicas más interesantes sigue siendo la de regresión, que permite visualizar la evolución futura de una variable en función de otra (regresión simple) u otras (regresión múltiple). El descubrimiento de estas interrelaciones (más allá de la validez del pronóstico) es sumamente útil para el estudio del sistema.

Como en otras técnicas de tratamiento de series temporales se tratará de explicar el pasado vinculando una o más variables independientes a la variable considerada dependiente, ello permitirá construir un polinomio de ajuste, eligiendo el que tenga un menor indicador de error. Se procederá entonces a su extrapolación hacia el horizonte temporal futuro deseado. Aquí se trata de un ajuste menos simplista que en los casos de utilización de una única variable (promedios móviles, alisamientos exponenciales, etc.), sin embargo el proceso de pronóstico no supera las limitaciones reduccionistas de la metodología.

Desde el punto de vista más amplio de un ejercicio prospectivo las regresiones pueden ser utilizadas para reflexionar sobre algunas interacciones interesantes entre variables, tanto en la etapa de conocimiento del sistema como más adelante en la construcción de escenarios.

4.2.3.D ALGUNAS TÉCNICAS ÚTILES

Aquellos interesados en profundizar el estudio del tratamiento de series temporales (TST) pueden trabajar con el manual online gratuito de J. Hyndman y George Athanasopoulos: “*Forecasting: principles and practice*” que puede ser consultado y/o descargado desde: <http://otexts.com/fpp/> y que viene acompañado de un *software* también gratuito. Se trata de uno de los mejores textos referidos al tema.

Existen numerosos *software* comerciales que realizan tratamientos de series temporales así como otros de distribución gratuita entre los que recomendamos Phicast⁵⁸ y WinQSB⁵⁹, ambos disponibles en ProspectivAr (sección “*software* libre”), además de Zaitun⁶⁰. En la sección “Variables” de ProspectivAr se encuentran varias plantillas de Excel con esas técnicas.

Reiteramos, entonces, que las técnicas de pronósticos por medio del TST, corazón de la previsión clásica, no lo son de ningún modo en prospectiva, por la sencilla razón de que esta disciplina no reduce el futuro a una prolongación del pasado, por más sofisticada que sea, y porque el comportamiento de una o varias

58 http://softpicks.com.es/software/Utilitarios/Miscelaneos/Phicast_es-309820.htm

59 <http://winqsb.waxoo.com/descargar>

60 <http://www.zaitunsoftware.com/download-zaitun-time-series>

variables no explica el comportamiento del sistema complejo del que forman parte. En consecuencia, el TST es utilizado como instrumento de reflexión, por ejemplo, extrapolando la serie temporal del crecimiento del número de utilizadores de una innovación podemos debatir acerca de qué factores son favorables a la continuidad del comportamiento observado hasta el presente y cuáles marcan rumbos diferentes.

4.2.3.D.1 TENDENCIAS

Dada una serie temporal que recorre x períodos, es posible ajustarla según distintos tipos de tendencias: lineal ($a \cdot x + b$), logarítmica ($a \cdot \ln(x) + b$), potencial ($a \cdot x^b$), exponencial ($a \cdot e^{bx}$) donde e es el número de euler 2,71728..., x el período (1, 2, 3, 4...n) y a y b valores constantes a determinar. Hojas de cálculo como Excel, Calc y otras ofrecen la posibilidad de construir esos ajustes y a partir de sus fórmulas es posible realizar las extrapolaciones correspondientes.

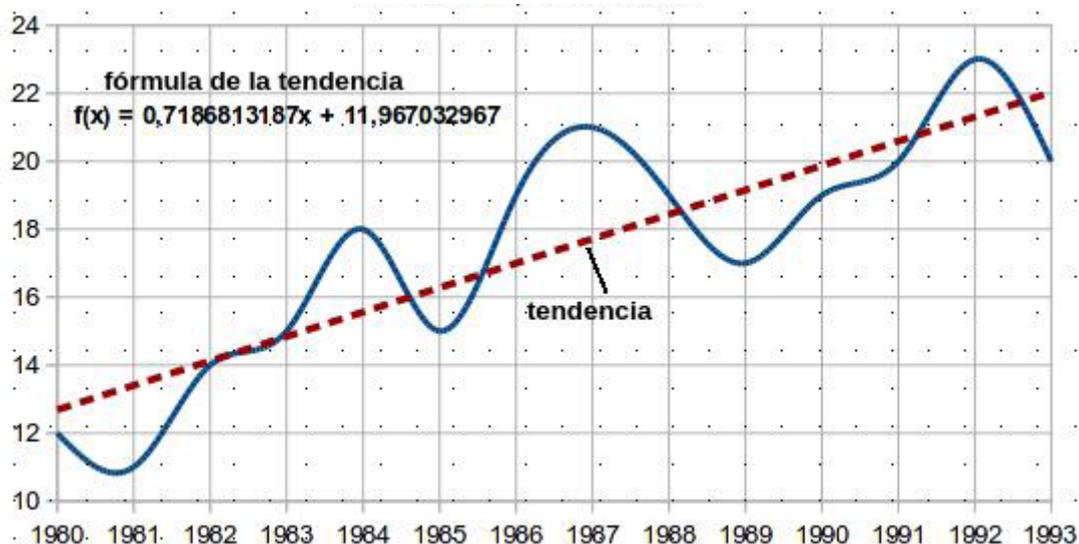
Veamos el siguiente ejemplo de pronóstico con tendencia lineal de venta de automóviles entre los años 1980 y 1993 con pronósticos para 1994, 1995 y 1996.

Tenemos primero la serie de datos a los que "marcamos" los períodos correspondientes (de 1 a 14). Luego graficamos los datos utilizando una hoja de cálculo e incluimos la fórmula de la tendencia lineal.

Cuadro 4.2.3.d1-1 Venta de automóviles - millones de pesos [de 1990].

AÑO	PERÍODO	VENTAS
1980	1	12
1981	2	11
1982	3	14
1983	4	15
1984	5	18
1985	6	15
1986	7	19
1987	8	21
1988	9	19
1989	10	17
1990	11	19
1991	12	20
1992	13	23
1993	14	20

Gráfico 4.2.3.d1-1 Venta de automóviles-tendencia [millones de pesos de 1990].



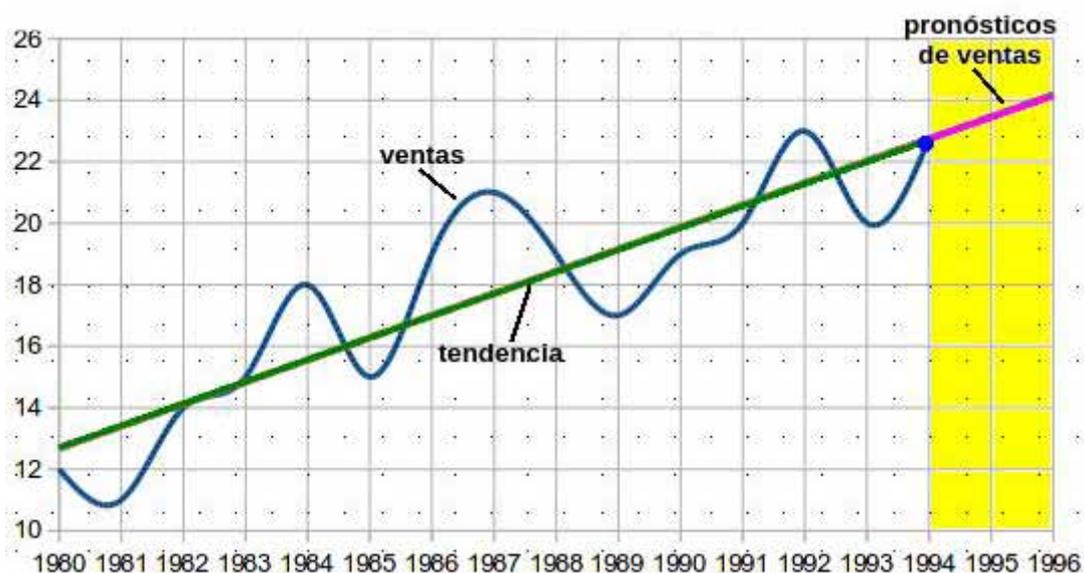
El paso siguiente es utilizar esa fórmula para calcular el pronóstico de los años 1994,1995 y 1996 (x igual a 15, 16 y 17).

Cuadro 4.2.3.d1-2 Venta de automóviles, pronósticos de tendencia - millones de pesos [de 1990].

AÑO	PERÍODO	VENTAS	TENDENCIA	PRONÓSTICO
1980	1	12	12,69	
1981	2	11	13,40	
1982	3	14	14,12	
1983	4	15	14,84	
1984	5	18	15,56	
1985	6	15	16,28	
1986	7	19	17,00	
1987	8	21	17,72	
1988	9	19	18,44	
1989	10	17	19,15	
1990	11	19	19,87	
1991	12	20	20,59	
1992	13	23	21,31	
1993	14	20	22,03	
1994	15			22,75
1995	16			23,47
1996	17			24,18

Como podemos observar en el gráfico, este "pronóstico" tendencial señala un comportamiento de largo plazo que prescinde de las fluctuaciones que aparecen en el recorrido temporal de las ventas. No es más que una contribución al debate en el equipo de prospectiva.

Gráfico 4.2.3.d1-2 Venta de automóviles, pronóstico de tendencia [millones de pesos de 1990].



4.2.3.D2 PROMEDIOS MÓVILES

Los promedios móviles simples suavizan los valores de una serie temporal, como ya lo explicamos en el ejemplo del pronóstico del precio del oro. La técnica consiste en sumar sucesivamente valores de un número fijo de periodos ($x_1+x_2+\dots+x_n$), promediarlos y atribuir el "resultado" al período siguiente (p_{n+1}), queda así conformada una serie de valores ajustados ($p_4,p_5,p_6,\dots,p_{n+1}$) donde el resultado final p_{n+1} será considerado el pronóstico para dicho período.

Se establecen diferentes promedios (de orden 3, 5, 7, etc.) y se adopta como pronóstico válido para el período $n+1$ el correspondiente a la serie de resultados que mejor ajuste a la serie real, es decir, la que se corresponda con el menor error, por ejemplo EPMA.

El siguiente ejemplo es un conjunto de pronósticos del precio promedio WTI del petróleo para el mes de enero de 2007 a través de promedios móviles simples de orden 3 (PMS-3), de orden 5 y promedios móviles simples ponderados de orden 3 (PMS_3P) y 5 (PMS_5P).

Las ponderaciones de atrás hacia adelante del PMS_3 son 1/6, 2/6 y 3/6 y las del PMS_5 son 1/15, 2/15, 2/15, 4/15 y 5/15. Calculamos los indicadores de error EPMA y observamos que el ajuste realizado con el PMS_3P es teóricamente el mejor y si aceptáramos los principios de la previsión clásica optaríamos por un precio WTI promedio de 57,69 dólares el barril de petróleo para enero de 2007.

Cuadro 4.2.3.d2-1 Pronóstico del precio WTI del petróleo con Promedios Móviles Simples.

	PRECIO	PMS-3	PMS-5	PMS-3P	PMS-5P
2005M01	37,81				
2005M02	40,94				
2005M03	45,58				
2005M04	47,10	41,44		42,74	
2005M05	45,00	44,54		45,57	
2005M06	50,98	45,89	43,29	45,80	44,65
2005M07	52,85	47,69	45,92	48,34	47,22
2005M08	56,63	49,61	48,30	50,92	49,53
2005M09	56,54	53,48	50,51	54,43	52,30
2005M10	53,67	55,34	52,40	55,96	54,32
2005M11	51,31	55,61	54,13	55,12	54,74
2005M12	53,13	53,84	54,20	52,97	53,80
2006M01	58,31	52,70	54,26	52,61	53,44
2006M02	57,58	54,25	54,59	55,42	54,79
2006M03	57,65	56,34	54,80	57,08	55,79
2006M04	64,06	57,85	55,59	57,73	56,74
2006M05	64,91	59,76	58,14	60,84	59,56
2006M06	65,08	62,20	60,50	63,41	61,81
2006M07	69,05	64,68	61,85	64,85	63,34
2006M08	68,78	66,35	64,15	67,04	65,74
2006M09	59,77	67,64	66,38	68,25	67,28
2006M10	56,50	65,87	65,52	64,32	65,08
2006M11	56,82	61,69	63,84	59,64	62,07
2006M12	58,67	57,70	62,18	57,20	59,73
2007M01	[Pronósticos]--->	57,33	60,11	57,69	58,56
	EPMA--->	7,28	8,27	6,30	6,90

PMS-3= Promedio Móvil Simple de orden 3

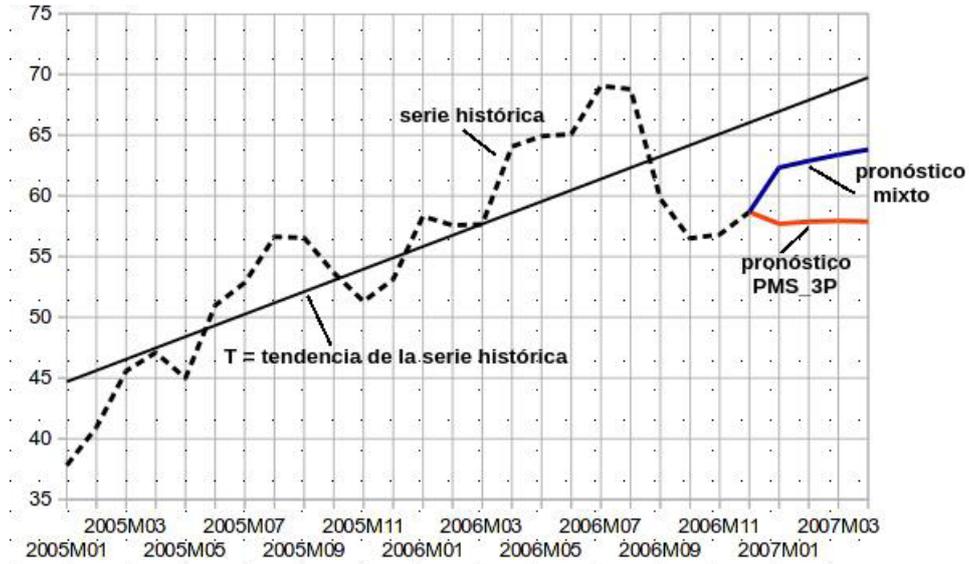
PMS-3P= Promedio Móvil Simple de orden 3 ponderado

Ponderaciones del PMS-3P ---> xt: 1/6 xt+1: 2/6 xt+2: 3/6

Ponderaciones del PMS-5P ---> xt: 1/15 xt+1: 2/15 xt+2: 3/15 xt+3: 4/15 xt+4: 5/15

Podemos tomar al PMS_3P y prolongarlo algunos períodos más, para ello se pasa al pronóstico para enero de 2007 a la columna de los precios históricos y se calcula el PMS_P3 para febrero, se repite el truco y obtenemos el dato de marzo. Llegaremos así a una extrapolación muy conservadora propia de los PMS que en este caso se apoya en el promedio ponderado de los tres valores anteriores. Es posible entre otras posibilidades promediar el pronóstico PMS_3P con los valores de la extrapolación de la línea de tendencia de la serie histórica obteniendo un "pronóstico mixto", variante que toma en consideración la tendencia alcista de largo plazo así como la reciente recuperación del precio.

Gráfico 4.2.3.d2-1 Pronóstico de precio WTI del petróleo.



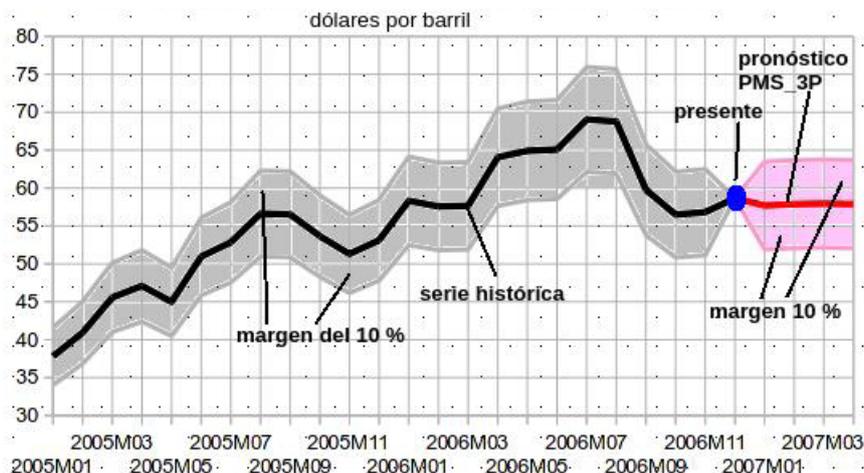
En el caso de series históricas con grandes irregularidades (ocurre a menudo con las variables financieras o con precios sumamente volátiles) suele hacerse una suavización doble. El recorrido de un promedio móvil simple puede ser demasiado inestable, su observación presenta dificultades de interpretación, una segunda suavización puede ser más interesante que la solución del problema limitándonos a la tendencia lineal o de otro tipo.

Como el objetivo no es establecer un pronóstico riguroso sino reflexionar sobre el comportamiento de la variable se puede optar entre diversas variantes de ajuste, la del promedio móvil doble o incluso triple es una de ellas, otra es la de alargar el promedio pasando por ejemplo de un promedio móvil de orden tres a otro de orden mayor.

Suele ser útil establecer márgenes de fluctuación posible de la variable evaluada no sólo hacia el futuro sino hacia el pasado, reflexionar acerca de los pasados posibles puede iluminar sobre componentes del sistema y su entorno no tomados en consideración o subestimados.

En el caso del petróleo hemos establecido márgenes de fluctuación del 10% en más y en menos.

Gráfico 4.2.3.d2-2 Precio WTI del petróleo - márgenes de fluctuación.



4.2.3.D3 ALISAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE

El alisamiento (o suavización) exponencial simple ajusta la variable real y realiza su pronóstico con una serie donde cada valor es igual a un promedio ponderado de todos los valores históricos anteriores, construido de tal manera que los pesos de los valores históricos declinan de manera geométrica cuando se retrocede en el tiempo. Esa característica lo diferencia de los promedios móviles simples donde los promedios no son el resultado de ponderaciones declinantes (todas los valores pesan igual). Se parte así del principio de que el futuro de una serie de tiempo depende más del pasado reciente que del más lejano.

El procedimiento es el siguiente:

$$P_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)P_t \text{ (I)}$$

Donde:

P_{t+1} es el pronóstico para el período t+1

α es una constante de suavización tal que $1 < \alpha < 1$

X_t es el valor real en el período t

P_t es el pronóstico para el período t

Reordenando la ecuación I tenemos:

$$P_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)P_t = \alpha X_t + P_t - \alpha P_t = P_t + \alpha(X_t - P_t) \text{ (II)}$$

Como podemos ver el pronóstico corrige los errores de pronóstico del pasado, si en el período t P_t subestimó la realidad ($P_t < X_t$), es decir $\alpha(X_t - P_t) > 0$ entonces $P_{t+1} > P_t$, si sobrestimó ($P_t > X_t$) entonces $P_{t+1} < P_t$.

Por otra parte como $P_t = \alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)P_{t-1}$ entonces $P_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)P_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)\alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)^2 P_{t-1}$

Pero como $P_{t-1} = \alpha X_{t-2} + (1 - \alpha)P_{t-2}$ entonces $P_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + (1 - \alpha)^3 P_{t-2}$

Alargando la serie llegaremos a $P_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1 - \alpha)X_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 X_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^3 X_{t-3} + \dots + (1 - \alpha)^{n+1} P_{tn}$

Como $0 < \alpha < 1$ entonces $\alpha > \alpha(1 - \alpha)^2 > \alpha(1 - \alpha)^3 > \dots > \dots > (1 - \alpha)^{n+1}$ con lo que X_i es cada vez más subestimada a medida que se aleja del presente.

Cuanto más grande sea α aproximándose a 1, mayor peso relativo tendrán los valores más recientes, cuanto más se aproxime α a cero mayor importancia tendrá el pasado más lejano.

Regulando α obtendremos diferentes pronósticos y series de ajuste hasta llegar a un valor de α que se corresponda con el mejor ajuste, es decir con el menor valor del indicador de error (EPMA u otro).

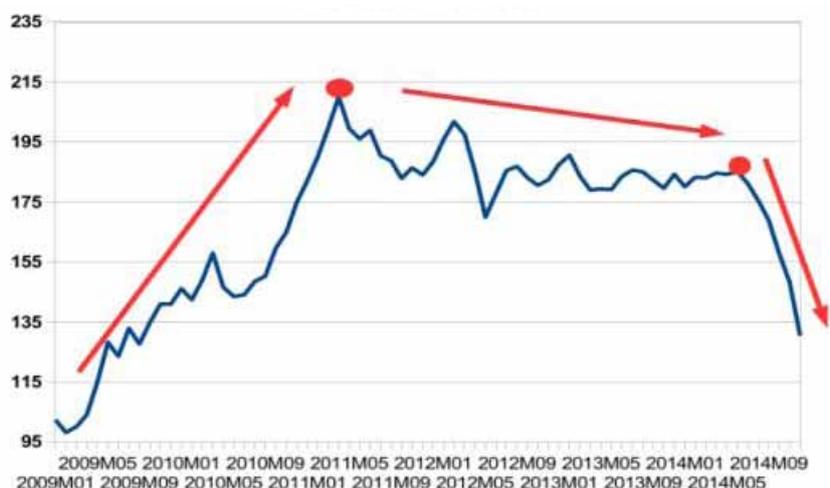
El alisamiento exponencial permite pronosticar con muy pocos valores históricos, sin embargo cuanto más larga sea la serie más confiabilidad (mayor respaldo histórico) tendrá el pronóstico.

Existen diversas variantes del alisado exponencial como la técnica de doble alisado exponencial de Brown (de la que ya hemos hecho referencia en el punto 4.2.3.c) que permite un mayor ajuste. Aquí se trata de realizar el alisado exponencial simple de los valores s_1, s_2, \dots, s_n obtenidos a partir del alisado exponencial simple de la serie original x_1, x_2, \dots, x_n . En función del objetivo buscado en este caso por el equipo de prospectiva (limitado a la construcción de ajustes y extrapolaciones que permitan detectar la orientación general de la variable aislada) solemos privilegiar el ajuste Brown.

Los seguidores de la previsión clásica utilizan también la variante Holt que se adapta a la tendencia de la serie histórica y la Winters que lo hace respecto de las estacionalidades. Algunos expertos trabajan con Holt-Winters que combina ambas alternativas.

Veamos ahora un ejemplo basado en una serie larga correspondiente al índice de precios de las *commodities* elaborado por el FMI. El ajuste Brown permite observar un índice con tres etapas muy marcadas a lo largo de los seis últimos años. En enero de 2009 el índice era de 102 puntos y fue trepando velozmente hasta llegar a 210 puntos en abril de 2012; a partir de allí recorrió una tendencia suavemente decreciente y desde mediados de 2014 cayó en picada, uno de los componentes decisivos de ese índice, el petróleo crudo, se ubicó en el centro de dicho proceso.

Gráfico 4.2.3.d3-1 Índice FMI del precio de los commodities [enero 2009 - diciembre 2014].



Para la realización del ajuste Brown y el correspondiente pronóstico hemos utilizado el aplicativo ProspectivAr activando la plantilla Excel "Alisado exponencial Brown" (ProspectivAr-->Variables-->Alisado exponencial Brown).

Cuadro 4.2.3.d3-1 Pronóstico Brown del índice FMI del precio de los *commodities*.

Datos históricos: enero - diciembre 2014
 Pronósticos: enero - junio 2015
 Técnica: alisado exponencial Brown
 Constante de suavización óptima: 0,39

PERÍODO	ÍNDICE FMI	PRONÓSTICO	PERÍODO	ÍNDICE FMI	PRONÓSTICO
2009M01	102,39		2012M01	188,40	182,59
2009M02	98,16	102,39	2012M02	195,87	185,55
2009M03	100,11	99,18	2012M03	201,81	192,77
2009M04	104,14	99,27	2012M04	197,53	200,51
2009M05	114,89	102,49	2012M05	185,14	200,42
2009M06	128,22	112,14	2012M06	169,94	190,55
2009M07	123,51	126,38	2012M07	177,92	174,43
2009M08	132,91	128,54	2012M08	185,48	173,64
2009M09	127,63	135,78	2012M09	186,91	179,71
2009M10	134,88	134,15	2012M10	183,11	183,96
2009M11	140,93	138,08	2012M11	180,58	183,13
2009M12	140,91	143,73	2012M12	182,46	180,88
2010M01	146,12	145,48	2013M01	187,55	181,41
2010M02	142,43	149,45	2013M02	190,65	185,63
2010M03	148,90	147,70	2013M03	183,73	189,89
2010M04	158,01	151,18	2013M04	179,00	186,37
2010M05	146,61	159,11	2013M05	179,40	181,05
2010M06	143,49	153,34	2013M06	179,16	179,01
2010M07	144,05	147,78	2013M07	183,55	178,10
2010M08	148,45	145,44	2013M08	185,67	181,23
2010M09	150,28	147,69	2013M09	185,06	184,38
2010M10	159,55	150,05	2013M10	182,36	185,32
2010M11	164,90	158,04	2013M11	179,64	183,59
2010M12	174,90	165,39	2013M12	184,26	180,68
2011M01	182,13	175,75	2014M01	180,16	182,93

2011M02	190,04	185,10	2014M02	183,26	180,86
2011M03	199,61	194,28	2014M03	183,07	182,32
2011M04	210,09	204,47	2014M04	184,67	182,87
2011M05	199,53	215,65	2014M05	184,24	184,33
2011M06	196,00	211,12	2014M06	185,15	184,62
2011M07	198,95	205,02	2014M07	181,29	185,36
2011M08	190,51	203,62	2014M08	175,53	182,68
2011M09	188,72	195,99	2014M09	168,94	177,08
2011M10	182,87	190,91	2014M10	157,91	169,69
2011M11	186,38	184,19	2014M11	148,16	158,36
2011M12	184,04	184,08	2014M12	130,43	146,53
			2015M01		128,74
			2015M02		120,86
			2015M03		112,99
			2015M04		105,11
			2015M05		97,23
			2015M06		89,36

4.2.3.D4 DESCOMPOSICIÓN DE SERIES TEMPORALES. TENDENCIAS, CICLOS Y ESTACIONALIDADES

El ajuste-pronóstico por “descomposición” permite trabajar con series temporales que incluyen ciclos y/o estacionalidades. También es posible incluir tendencias.

Como ya vimos en el punto 4.2.3.b (“Componentes de la variable”) una serie temporal puede ser descompuesta en tres componentes: tendencia, estacionalidad y componente irregular, en el caso de series de larga duración es posible agregar un componente cíclico.

Una primera fórmula de descomposición es $Y_t = T_t + C_t + E_t + I_t$ donde Y_t es el valor de la serie histórica en el período t , T_t es el valor de la tendencia, C_t es el valor cíclico, E_t es el valor estacional e I_t es la componente irregular. La sumatoria de componentes tiene el defecto de “aislar” a cada una respecto de las otras con el fin de incluir las interacciones preferimos trabajar con la formula multiplicativa: $Y_t = T_t * C_t * E_t * I_t$.

En ProspectivAr disponemos de instrumentos para el cálculo de pronósticos mediante el método de descomposición: una planilla Excel (ProspectivAr-->Variables-->Forecast) y en la sección “software libre” se encuentra “Phicast”.

Recomendamos también la utilización del software “BV4.1” elaborado por la Oficina Federal de Estadísticas de Alemania especialmente consagrado a la técnica de descomposición que también puede ser encontrado en ProspectivAr-->software libre, o descargado desde <https://www.destatis.de/EN/Methods/TimeSeries/SoftwareBV41.html>.

El procedimiento es sencillo y puede ser realizado con una hoja de cálculo. Tomemos el caso de una serie $Y_t = T_t * E_t * I_t$ es decir de una longitud que excluye la inclusión de ciclos:

1º: se calcula la tendencia T_t de la serie histórica Y_t

2º: se elimina la tendencia de la serie histórica (haciendo Y_t/T_t) y se obtiene $W_t = E_t * I_t$

3º: se construyen los índices de estacionalidad (ie), supongamos ciclos estacionales de n períodos (por ejemplo anuales de 12 meses, trimestrales de cuatro trimestres, etc.), en ese caso se promedian los datos correspondientes a cada período del ciclo estacional (por ejemplo todos los eneros, todos los primeros trimestres, etc.) y se obtienen los índices correspondientes (índice-enero, índice-febrero...índice-trimestre1... índice trimestre 2, etc.). Tendremos así $ie_1, ie_2, ie_3...$ etc.

4º: se extrapola la tendencia según el número de períodos que se quiera pronosticar.

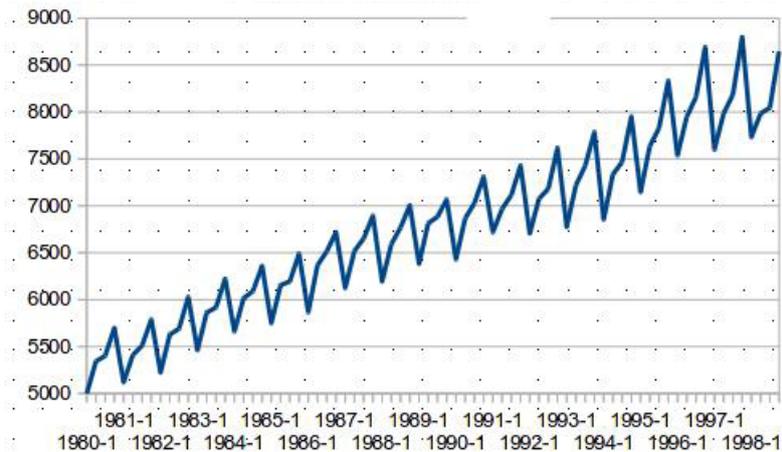
5º: se “estacionaliza” la tendencia extrapolada multiplicando cada valor de la misma por el índice correspondiente a dicho valor: $T_t * ie_t$ obteniéndose así el pronóstico $P_t = T_t * ie_t$.

Veamos el caso de la serie histórica Y_t a la que llamamos “descompo1” referida a una variable con estacionalidades bien marcadas, cada “ciclo-estacional” cubre un año (cuatro períodos trimestrales).

Cuadro 4.2.3.d4-1 Serie histórica Y_t .

TRIMESTRE	Y_t	TRIMESTRE	Y_t
1980-1	4996	1990-1	6429
2	5342	2	6865
3	5401	3	7029
4	5698	4	7310
1981-1	5120	1991-1	6718
2	5409	2	6968
3	5511	3	7115
4	5789	4	7430
1982-1	5224	1992-1	6707
2	5628	2	7077
3	5690	3	7181
4	6029	4	7617
1983-1	5463	1993-1	6776
2	5863	2	7221
3	5916	3	7426
4	6221	4	7786
1984-1	5661	1994-1	6855
2	6016	2	7335
3	6089	3	7467
4	6358	4	7952
1985-1	5749	1995-1	7147
2	6154	2	7636
3	6194	3	7829
4	6489	4	8332
1986-1	5866	1996-1	7539
2	6367	2	7948
3	6514	3	8157
4	6718	4	8691
1987-1	6123	1997-1	7601
2	6520	2	7985
3	6651	3	8186
4	6895	4	8798
1988-1	6195	1998-1	7735
2	6592	2	7984
3	6770	3	8045
4	7005	4	8646
1989-1	6383		
2	6816		
3	6882		
4	7068		

Gráfico 4.2.3.d4-1 Serie histórica Y_t .



- 1º: Calculamos la tendencia de la serie histórica T_t .
- 2º: Eliminamos la tendencia de la serie histórica dividiendo cada Y_t por su correspondiente valor de tendencia T_t y obtenemos la serie S_t .
- 3º: Calculamos los “índices de estacionalidad” ie_t donde el índice de un trimestre es igual al promedio de todos los valores de dicho trimestre a lo largo de la serie histórica, por ejemplo, ie_1 (el índice de estacionalidad para el primer trimestre) es:
 $ie_1 \rightarrow$ promedio de (s_1 de 1980 + s_1 de 1981+ s_1 de 1982.....etc. + s_1 de 1998)
Mientras que el índice del segundo trimestre es:
 $ie_2 \rightarrow$ promedio de (s_2 de 1980 + s_2 de 1981+.....+ s_2 de 1998)
- 4º: Extrapolamos la tendencia según el número de valores de pronóstico que queremos obtener, en este caso se trata de seis trimestres, los cuatro de 1999 y los dos primeros del año 2000 y obtenemos la serie Tx_t (que incluye a la tendencia histórica y a su extrapolación).
- 5º: “Re-estacionalizamos” la tendencia más su extrapolación y obtenemos $P_t = Yx_t * ie_t$ donde cada valor de Yx_t es multiplicado por su correspondiente índice de estacionalidad; por ejemplo, el valor de tendencia del segundo trimestre de 1985 es multiplicado por el índice de estacionalidad del segundo trimestre, el valor de tendencia extrapolada al primer trimestre del año 2000 es multiplicada por el índice de estacionalidad del primer trimestre. Los valores de P_t correspondientes a la serie histórica son los que la ajustan y los nuevos (extrapolados) constituyen el pronóstico *stricto sensu*.
- 6º: El componente irregular It es obtenido dividiendo cada valor de ajuste (el P_t “histórico”) por el de la serie histórica real Y_t . Lo multiplicamos por 100 y así medimos la importancia de dicho componente, en este caso la It supera el 3 % solo dos veces sobre 76, y supera el 2% solo 11 veces, se trata de una irregularidad muy pequeña.

En casos de irregularidades más importantes puede ser utilizado algún indicador de las mismas para fijar márgenes de error del pronóstico y de inestabilidad o volatilidad de la serie histórica. Por ejemplo, el promedio porcentual de inestabilidad de la serie histórica es trasladado a los valores futuros estableciéndose fronteras superiores e inferiores. Puede ser interesante en ciertos casos ver si la inestabilidad de la variable histórica tiene una tendencia creciente, estable o decreciente y debatir acerca de su posible extrapolación hacia el futuro.

Cuadro 4.2.3.d4-2 Pronóstico de la serie histórica Y_t .

	FECHA	TRI- MES- TRE	SERIE HISTORICA Y_t	TENDENCIA	$St=Y_t / Tt$ Y_t sin tendencia	ÍNDICE DE ESTACIONA- LIDAD	Pt PRONÓSTICO	COMPONENTE IRREGULAR It EN %
1	1980-1	1	4996	5279	0,946	0,943	4978	0,3657358191
2	2	2	5342	5319	1,004	0,996	5298	0,8261254787
3	3	3	5401	5359	1,008	1,008	5400	0,0133574173
4	4	4	5698	5398	1,055	1,053	5685	0,2210343921
5	1981-1	1	5120	5438	0,941	0,943	5128	0,1606877802
6	2	2	5409	5478	0,987	0,996	5457	0,8845320955
7	3	3	5511	5518	0,999	1,008	5561	0,9095467655
8	4	4	5789	5558	1,042	1,053	5853	1,1140228939
9	1982-1	1	5224	5598	0,933	0,943	5279	1,0475969995
10	2	2	5628	5638	0,998	0,996	5616	0,2163854629
11	3	3	5690	5678	1,002	1,008	5722	0,5618447498
12	4	4	6029	5718	1,054	1,053	6022	0,1231511098
13	1983-1	1	5463	5758	0,949	0,943	5429	0,6181466653
14	2	2	5863	5797	1,011	0,996	5775	1,5043139945
15	3	3	5916	5837	1,013	1,008	5883	0,561021457
16	4	4	6221	5877	1,058	1,053	6190	0,5038304062
17	1984-1	1	5661	5917	0,957	0,943	5580	1,4356019666
18	2	2	6016	5957	1,010	0,996	5934	1,366728102
19	3	3	6089	5997	1,015	1,008	6044	0,7446693078
20	4	4	6358	6037	1,053	1,053	6358	0,0040257935
21	1985-1	1	5749	6077	0,946	0,943	5730	0,3265040382
22	2	2	6154	6117	1,006	0,996	6093	0,9951588961
23	3	3	6194	6157	1,006	1,008	6205	0,1695210723
24	4	4	6489	6196	1,047	1,053	6526	0,5675912307
25	1986-1	1	5866	6236	0,941	0,943	5881	0,25107536
26	2	2	6367	6276	1,014	0,996	6252	1,8103357104
27	3	3	6514	6316	1,031	1,008	6365	2,2820398242
28	4	4	6718	6356	1,057	1,053	6694	0,358515742
29	1987-1	1	6123	6396	0,957	0,943	6031	1,4987903299
30	2	2	6520	6436	1,013	0,996	6411	1,6762153876
31	3	3	6651	6476	1,027	1,008	6526	1,8765629024
32	4	4	6895	6516	1,058	1,053	6862	0,4785766134
33	1988-1	1	6195	6556	0,945	0,943	6182	0,2141931077
34	2	2	6592	6595	0,999	0,996	6570	0,3384682084
35	3	3	6770	6635	1,020	1,008	6687	1,2254597508
36	4	4	7005	6675	1,049	1,053	7030	0,3580909116
37	1989-1	1	6383	6715	0,951	0,943	6332	0,7953845427
38	2	2	6816	6755	1,009	0,996	6729	1,2812855365
39	3	3	6882	6795	1,013	1,008	6848	0,4957458613
40	4	4	7068	6835	1,034	1,053	7198	1,8417033898
41	1990-1	1	6429	6875	0,935	0,943	6483	0,835723227
42	2	2	6865	6915	0,993	0,996	6888	0,3298913318
43	3	3	7029	6955	1,011	1,008	7009	0,2884316397
44	4	4	7310	6994	1,045	1,053	7366	0,7695952356
45	1991-1	1	6718	7034	0,955	0,943	6633	1,2618065298
46	2	2	6968	7074	0,985	0,996	7047	1,1283364138
47	3	3	7115	7114	1,000	1,008	7170	0,7669350165
48	4	4	7430	7154	1,039	1,053	7534	1,4042986124
49	1992-1	1	6707	7194	0,932	0,943	6784	1,144030058
50	2	2	7077	7234	0,978	0,996	7206	1,8172430354
51	3	3	7181	7274	0,978	1,008	7330	2,0806517025
55	4	4	7617	7314	1,041	1,053	7702	1,1215170306
53	1993-1	1	6776	7354	0,921	0,943	6934	2,3351982879
54	2	2	7221	7393	0,977	0,996	7365	1,9884136778
55	3	3	7426	7433	0,999	1,008	7491	0,8787882327
56	4	4	7786	7473	1,042	1,053	7871	1,0854878921

57	1994-1	1	6855	7513	0,912	0,943	7085	3,3513683889
58	2	2	7335	7553	0,971	0,996	7524	2,5706949053
59	3	3	7467	7593	0,983	1,008	7652	2,4789938566
60	4	4	7952	7633	1,042	1,053	8039	1,0890522474
61	1995-1	1	7147	7673	0,931	0,943	7235	1,2345696078
62	2	2	7636	7713	0,990	0,996	7683	0,609467886
63	3	3	7829	7753	1,010	1,008	7813	0,2050743238
64	4	4	8332	7792	1,069	1,053	8207	1,5040374108
65	1996-1	1	7539	7832	0,936	0,943	7386	2,0329912197
66	2	2	7948	7872	1,010	0,996	7842	1,3397715243
67	3	3	8157	7912	1,031	1,008	7974	2,2460263524
68	4	4	8691	7952	1,093	1,053	8375	3,6386369482
69	1997-1	1	7601	7992	0,951	0,943	7536	0,8520710967
70	2	2	7985	8032	0,994	0,996	8000	0,1940332255
71	3	3	8186	8072	1,014	1,008	8135	0,6274285315
72	4	4	8798	8112	1,085	1,053	8543	2,9000929255
73	1998-1	1	7735	8152	0,949	0,943	7687	0,6240295403
74	2	2	7984	8191	0,975	0,996	8159	2,1977594212
75	3	3	8045	8231	0,977	1,008	8295	3,1134708358
76	4	4	8646	8271	1,045	1,053	8711	0,751118711
77	1999-1	1		8311		0,943	7837	
78	2	2		8351		0,996	8318	
79	3	3		8391		1,008	8456	
80	4	4		8431		1,053	8879	
81	2000-1	1		8471		0,943	7988	
82	2	2		8511		0,996	8477	

Puede tratarse de series históricas de larga duración: plurianuales o pluriseculares con ciclos prolongados (por ejemplo ciclos quinquenales, decenales o los de Kondratieff de cinco a seis décadas).

Si las estacionalidades son irrelevantes entonces $Y_t = C_t * T_t * I_t$.

Si las estacionalidades son importantes entonces $Y_t = C_t * T_t * E_t * I_t$, en ese último caso será necesario:

- 1º: Calcular la tendencia histórica y luego eliminar la tendencia liberando a los ciclos y a las estacionalidades ($W_t = Y_t / T_t$).
- 2º: Eliminar los ciclos liberando a la serie estacional S_t ($S_t = W_t / IC_t$) donde IC_t es el índice cíclico calculado de manera similar a la del índice de estacionalidad en el ejemplo anterior.
- 3º: Calcular los índices de estacionalidad ie_t de S_t .
- 4º: Extrapolar la tendencia.
- 5º: Agregar los ciclos ($Tc_t = T_t * IC_t$).
- 6º: Agregar las estacionalidades ($P_t = Tc_t * ie_t$) o sea $P_t = T_t * IC_t * ie_t$.

4.2.3.D5 CURVAS DE CRECIMIENTO

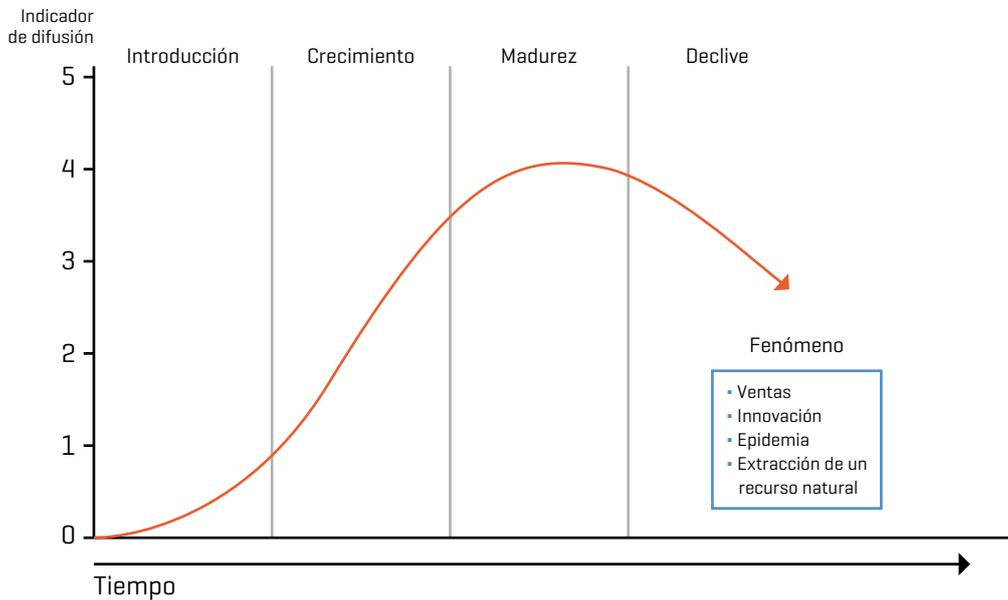
El trabajo con las llamadas "curvas-S" o "de crecimiento" resulta sumamente provechoso en la etapa de conocimiento del sistema. Numerosos fenómenos comerciales, biológicos, tecnológicos, sociales, entre otros, se desarrollan siguiendo trayectorias en forma de S.

Existen modelos matemáticos básicos para este tipo de curvas, entre los más empleados se encuentran la llamada "curva de Pearl" o "logística" y la de "Gompertz".

Distintos *software* y complementos para hojas de cálculo permiten pronosticar trayectorias a partir de un conjunto de datos iniciales, en el aplicativo ProspectivAr una hoja Excel "S-curve Forecasting" (ProspectivAr-->Variables-->S-Curve) creada por Stephen Lawrence (<http://leeds-faculty.colorado.edu/lawrence/Tools/SCurve/scurve.xls>), también recomendamos "Forecasting Tools" hoja Excel de uso libre creada por George Boretos (www.forecastingnet.com).

Una curva-S se compone teóricamente de cuatro etapas: la primera de inicio o introducción del fenómeno en el sistema (población, mercado, industria, etc.), una segunda de crecimiento fuerte, una tercera de madurez, de pérdida de ímpetu, y una cuarta y última de declinación.

Gráfico 4.2.3.d5-1 Curva de crecimiento.



Las funciones "Logística" y "Gompertz" ajustan la curva del pasado y describen sus posibles trayectorias futuras. Por lo general, cuando se pronostica con este tipo de curvas se dispone de pocos datos del pasado por lo que los niveles de ajuste son menos relevantes que en los tratamientos de series temporales. Sus trayectorias posibles pueden ser asociadas con fenómenos conocidos.

Curva de Gompertz

$$Y_t = Le^{-ae^{-bt}}$$

Curva logística (Pearl)

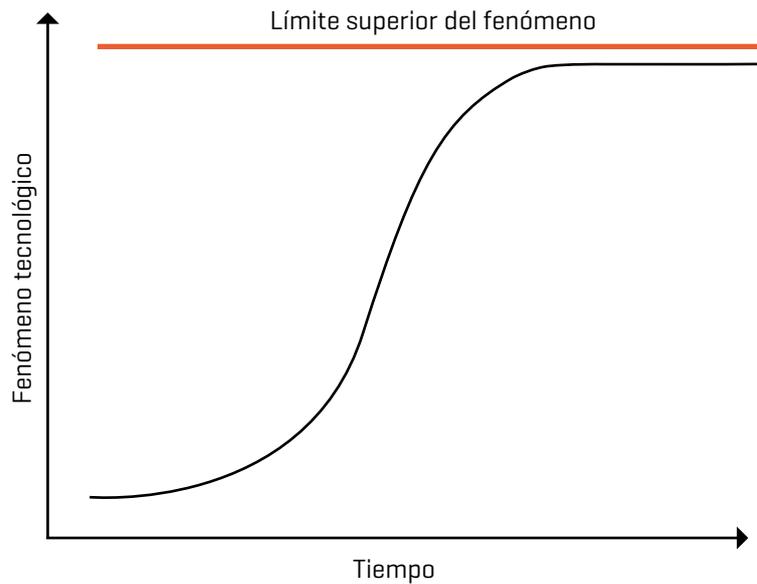
$$Y_t = \frac{L}{1+ae^{-bt}}$$

L = límite superior de **Y**, **e** = el número natural 2,718282, **a** y **b** = variables de ajuste.

Dos casos ilustrativos de curvas-S son la curva de propagación de la innovación y la célebre curva de Hubbert del "Peak Oil" (la cima de la producción petrolera).

Autores como Edwin Mansfield, Everett Rogers y otros estudiaron el fenómeno de difusión de la innovación atravesando las cuatro etapas de una curva en forma de S. Una enorme masa de evaluaciones empíricas permitieron construir generalizaciones con el aspecto gráfico de curvas logísticas, Gompertz o similares. Numerosos ciclos de vida de productos que están siendo lanzados al mercado, cambios tecnológicos en la industria, etc., asumen ese formato.

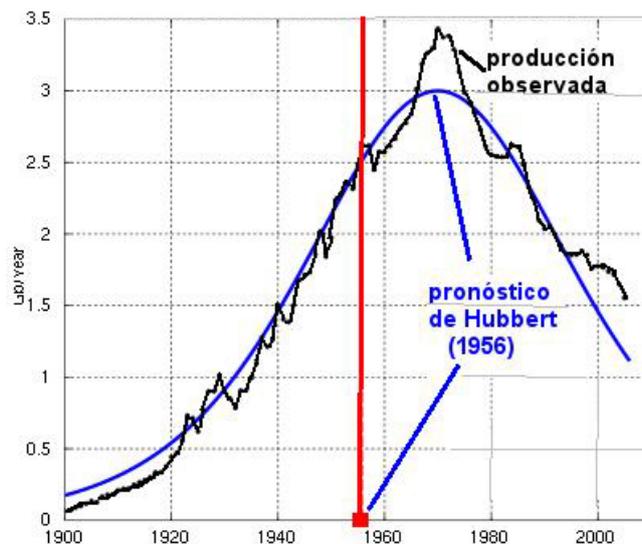
Gráfico 4.2.3.d5-2 Curva de Mansfield - Difusión de la innovación en la empresa.



Hacia 1956 el geólogo estadounidense King Hubbert (1903-1989) pronosticó que a comienzos de la década del setenta, Estados Unidos llegaría al cenit de su producción petrolera. Su pronóstico se apoyaba en una gran masa de datos empíricos del pasado y en una evaluación (que se demostró realista) de la demanda y de la evolución tecnológica del sector. Su *paper* de 1956⁶¹ fue duramente cuestionado por especialistas y por el sector de la opinión pública estadounidense interesado en el tema, ya que atacaba con argumentos muy sólidos un mito decisivo de la cultura norteamericana.

Hubbert era en ese momento un geólogo estrella contratado por Shell (lo fue durante dos décadas), la base matemática de su modelo era una curva logística adaptada a las observaciones realizadas y a supuestos respecto de factores que incidían en la oferta de ese recurso natural. Vivió más de tres décadas después del escándalo científico que protagonizó y pudo constatar cómo se cumplía su pronóstico especialmente a partir de 1970 cuando comenzó a declinar la producción petrolera de Estados Unidos.

Gráfico 4.2.3.d5-3 Producción de petróleo en los Estados Unidos.



Fuente: EIA

Podemos ver un ejemplo utilizando "Forecasting Tool" que ajusta y pronostica la variable utilizando una curva en S logística. Se trata de una variable V con un ciclo de vida estimado en aproximadamente tres décadas, con datos iniciados en el año 2000, llegando hasta 2014 con pronósticos hasta 2020.

61 "Nuclear Energy and the Fossil Fuel", Spring Meeting of the Southern District Division of Production, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, March 8, 1956, *Publication No 95*, Houston, Shell Development Company, Exploration and Production, Research Division, 1956.

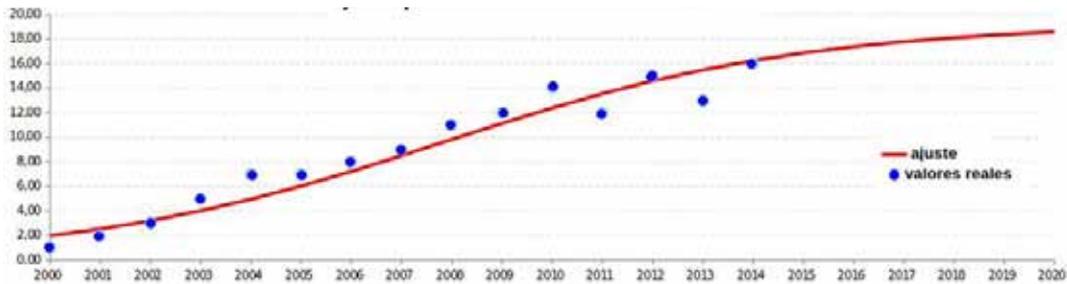
Cuadro 4.2.3.d5-1 Variable V.

AÑO	VALOR DE VARIABLE
2000	1
2001	2
2002	3
2003	5
2004	7
2005	7
2006	8
2007	9
2008	11
2009	12
2010	14
2011	12
2012	15
2013	13
2014	16

Cuadro 4.2.3.d5-2 Pronóstico de la variable V.

AA	TYPE	PERIOD	ACTUAL DATA	ESTIMATE
1	Actual	2000	1,00	1,98
2	Actual	2001	2,00	2,53
3	Actual	2002	3,00	3,20
4	Actual	2003	5,00	4,00
5	Actual	2004	7,00	4,95
6	Actual	2005	7,00	6,03
7	Actual	2006	8,00	7,22
8	Actual	2007	9,00	8,50
9	Actual	2008	11,00	9,82
10	Actual	2009	12,00	11,14
11	Actual	2010	14,00	12,39
12	Actual	2011	12,00	13,56
13	Actual	2012	15,00	14,59
14	Actual	2013	13,00	15,49
15	Actual	2014	16,00	16,25
16	Forecast	2015		16,88
17	Forecast	2016		17,39
18	Forecast	2017		17,80
19	Forecast	2018		18,13
20	Forecast	2019		18,38
21	Forecast	2020		18,58

Gráfico 4.2.3.d5-4 Ajuste-pronóstico vs valores reales.



4.2.3.D6 REGRESIONES

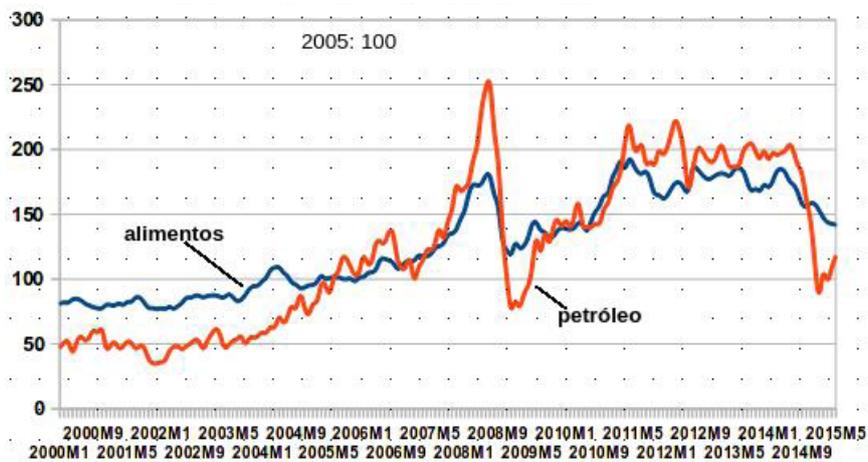
El análisis de regresión permite estudiar las relaciones entre variables y además desarrollar pronósticos limitados al grupo de variables evaluadas. Se trata de un enfoque reduccionista aunque de mayor amplitud que en los pronósticos previsionistas, basados en la trayectoria pasada de una sola variable.

Existe un gran número de aplicaciones comerciales y de uso libre, en ProspectivAr están disponibles algunos instrumentos para el desarrollo de regresiones: la plantilla de Excel "Relaciones entre variables" (ProspectivAR-->Variables--> Relaciones entre variables) y WinQSB (ProspectivAr-->Software libre-->WinQSB) y el enlace con el complemento de Excel RegressLT (ProspectivAr-->Software libre-->Regresslt).

Un primer ejemplo es el de la relación entre dos variables, basado en los índices de precios de alimentos y de petróleo, suministrados por el FMI entre los meses de enero de 2000 y mayo de 2015.

La visualización de las variables permite percibir un notable paralelismo en sus trayectorias.

Gráfico 4.2.3.d6-1 Índice de precios FMI de alimentos y petróleo.



A partir de allí y de una evaluación económica más amplia concluimos que los precios de los alimentos dependen, en buena medida, de sus costos energéticos donde el petróleo ocupa un lugar destacado afectando al transporte como a los fertilizantes (urea, fosfatos de amonio).

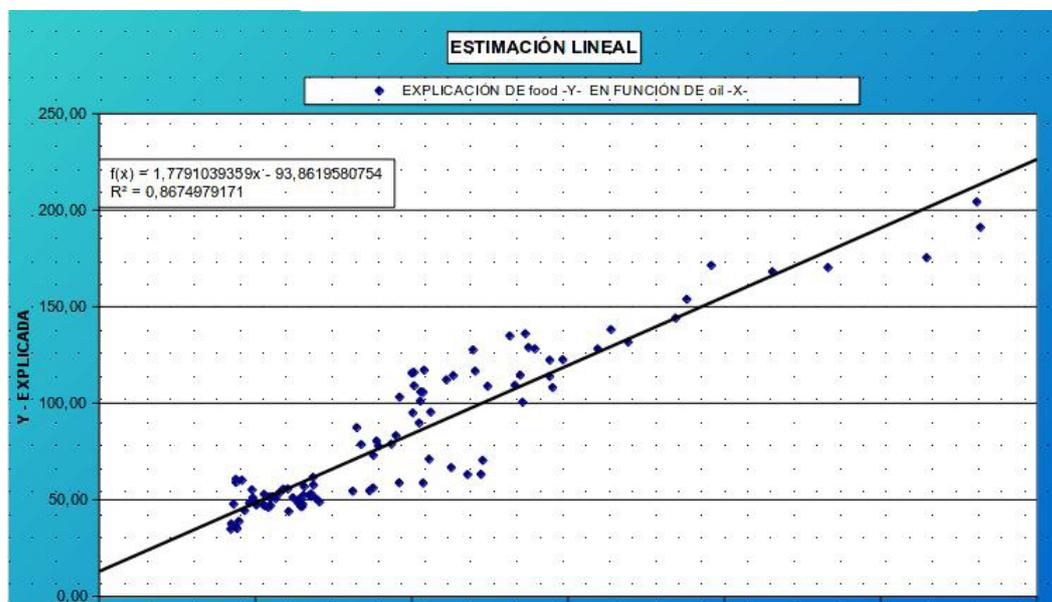
Un análisis de regresión entre ambas variables con los alimentos como variable dependiente y el petróleo como variable independiente nos permite evaluar la importancia de esa relación y más adelante pronosticar la trayectoria de los precios de los alimentos a partir del pronóstico del precio del petróleo. Es necesario aclarar (en realidad, reiterar) que se trata de una anticipación previsionista cuya utilidad es la de ser un aporte a la reflexión del equipo de prospectiva y no mucho más.

Cuadro 4.2.3.d6-1 Índice FMI de precios internacionales de alimentos y petróleo.

	Alimentos	Petróleo		Alimentos	Petróleo		Alimentos	Petróleo
2000M1	81,06	47,23	2005M3	102,44	95,37	2010M5	141,55	142,15
2000M2	81,94	50,85	2005M4	100,16	94,94	2010M6	137,35	140,45
2000M3	81,85	51,48	2005M5	100,97	89,71	2010M7	144,62	139,96
2000M4	84,28	43,95	2005M6	101,13	101,10	2010M8	152,05	142,57
2000M5	84,83	51,06	2005M7	101,47	105,71	2010M9	156,80	143,08
2000M6	83,60	55,50	2005M8	100,31	115,97	2010M10	164,32	153,57
2000M7	81,14	52,78	2005M9	100,03	115,58	2010M11	166,38	158,91
2000M8	79,58	55,12	2005M10	100,32	109,02	2010M12	177,92	169,33
2000M9	78,31	60,14	2005M11	98,46	103,18	2011M1	184,63	174,28
2000M10	77,54	58,93	2005M12	101,16	105,83	2011M2	190,78	184,10
2000M11	77,53	60,60	2006M1	101,61	117,10	2011M3	185,77	204,42
2000M12	80,13	47,27	2006M2	104,46	112,09	2011M4	192,35	218,82
2001M1	80,05	48,51	2006M3	105,34	114,32	2011M5	188,42	203,62
2001M2	79,70	51,01	2006M4	107,87	127,60	2011M6	182,95	199,35
2001M3	81,25	46,90	2006M5	114,95	128,85	2011M7	181,35	203,23
2001M4	80,08	48,11	2006M6	115,78	128,15	2011M8	182,90	189,50
2001M5	82,26	51,65	2006M7	114,56	135,97	2011M9	176,13	190,27
2001M6	82,60	50,60	2006M8	112,57	134,81	2011M10	166,20	188,44
2001M7	85,82	46,52	2006M9	108,14	116,62	2011M11	164,97	198,51
2001M8	85,60	48,40	2006M10	109,73	108,78	2011M12	162,28	196,31
2001M9	81,95	46,98	2006M11	113,23	109,22	2012M1	164,28	201,32
2001M10	77,92	38,88	2006M12	113,89	114,52	2012M2	169,75	212,38
2001M11	77,68	35,04	2007M1	114,20	100,52	2012M3	174,15	222,03
2001M12	76,87	34,74	2007M2	118,04	108,08	2012M4	174,37	214,36
2002M1	77,50	35,95	2007M3	117,65	113,85	2012M5	170,00	196,28
2002M2	76,95	37,47	2007M4	117,67	122,28	2012M6	168,74	171,02
2002M3	78,64	44,39	2007M5	119,35	122,52	2012M7	184,33	182,28
2002M4	77,23	47,74	2007M6	123,82	128,08	2012M8	185,57	198,42
2002M5	79,25	48,20	2007M7	125,51	138,12	2012M9	181,73	200,48
2002M6	81,67	45,99	2007M8	127,70	131,63	2012M10	178,34	195,06
2002M7	85,48	48,32	2007M9	133,78	144,05	2012M11	177,14	190,93
2002M8	85,60	50,22	2007M10	135,21	153,84	2012M12	178,99	190,81
2002M9	87,16	53,05	2007M11	138,34	171,38	2013M1	180,89	197,91
2002M10	87,14	51,64	2007M12	146,17	168,05	2013M2	181,72	202,94
2002M11	85,99	46,49	2008M1	153,28	170,25	2013M3	180,56	193,35
2002M12	86,94	52,27	2008M2	165,91	175,34	2013M4	180,09	186,21
2003M1	87,45	57,64	2008M3	172,77	191,10	2013M5	184,72	186,98
2003M2	87,39	61,60	2008M4	172,32	204,24	2013M6	185,37	187,68
2003M3	86,25	56,83	2008M5	173,77	230,52	2013M7	183,58	197,73
2003M4	86,06	47,75	2008M6	179,82	247,01	2013M8	175,00	203,14
2003M5	88,21	48,85	2008M7	178,97	249,66	2013M9	168,30	204,58
2003M6	86,18	52,26	2008M8	165,67	215,30	2013M10	169,65	198,47
2003M7	83,12	53,59	2008M9	154,45	187,06	2013M11	168,12	193,30
2003M8	84,16	55,63	2008M10	130,05	136,34	2013M12	172,72	198,69
2003M9	87,83	50,42	2008M11	122,50	101,24	2014M1	171,04	192,56
2003M10	92,48	54,41	2008M12	119,26	77,71	2014M2	175,45	197,20
2003M11	94,61	54,61	2009M1	127,28	82,58	2014M3	182,96	195,72
2003M12	95,08	56,14	2009M2	124,03	78,83	2014M4	185,07	197,39
2004M1	98,41	58,74	2009M3	125,55	87,89	2014M5	182,27	198,88
2004M2	101,48	58,65	2009M4	131,74	94,55	2014M6	175,92	203,83
2004M3	107,17	63,02	2009M5	141,99	109,28	2014M7	172,61	197,94
2004M4	108,88	63,16	2009M6	143,63	129,99	2014M8	166,68	188,34
2004M5	109,10	70,37	2009M7	137,75	121,64	2014M9	158,02	180,44
2004M6	105,07	66,64	2009M8	136,17	134,68	2014M10	156,12	162,03
2004M7	102,25	70,96	2009M9	131,89	128,47	2014M11	158,38	144,72
2004M8	97,41	78,83	2009M10	132,87	139,21	2014M12	157,95	113,88
2004M9	95,78	77,73	2009M11	137,31	145,82	2015M1	153,35	89,15
2004M10	92,99	87,38	2009M12	139,48	140,86	2015M2	147,71	103,47
2004M11	93,56	78,61	2010M1	138,79	144,95	2015M3	143,93	99,58
2004M12	95,11	73,02	2010M2	138,28	140,40	2015M4	142,83	108,12
2005M1	95,53	80,38	2010M3	139,61	148,94	2015M5	141,79	117,67
2005M2	98,01	83,20	2010M4	143,42	158,13			

A continuación, cargamos los datos en la plantilla “Relaciones entre variables” (Prospectivar-->Variables-->Relaciones entre variables) con “petróleo” como variable independiente y “alimentos” como variable dependiente y obtenemos el siguiente resultado:

Gráfico 4.2.3.d6-2 Regresión alimentos - petróleo.



R^2 igual a 0,869 está señalando un alto nivel de correlación entre ambas variables (cuando R^2 se acerca a 0 la correlación se debilita y cuando se acerca a 1 se fortalece).

Por otra parte, la fórmula $f(x) = 1,7791039359x - 93,8619580754$ nos permitirá establecer índices de precios futuros de alimentos en función de los índices futuros del precio del petróleo.

Algunos de los instrumentos informáticos arriba señalados facilitan la tarea aunque los pronósticos pueden ser obtenidos de manera manual extrapolando el índice del petróleo con alguna de las técnicas previsionistas conocidas (promedios móviles, suavización exponencial, etc.) o combinar esas técnicas con una consulta a expertos para luego aplicar la fórmula.

Así como la regresión simple queda expresada por la fórmula $z = a + bx$, la de regresión múltiple -que pone en juego más de dos variables- es descrita como $z = a + bx_1 + cx_2 + \dots + wx_n$ donde z es la variable dependiente, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ son las variables independientes, a es la intersección con el eje de ordenadas cuando $z = 0$ y b, c, \dots, n son los coeficientes del ajuste.

Siguiendo con los índices de precios de *commodities* del FMI tomamos tres variables, una dependiente referida al índice C de todas las *commodities* registradas por el FMI, y otras dos independientes referidas respectivamente a E, las *commodities* energéticas (petróleo, gas natural y carbón) y a N, las no-energéticas (alimentos y bebidas e insumos industriales).

Cuadro 4.2.3.d6-2 Índices FMI de precios de las *commodities* (2005=100).

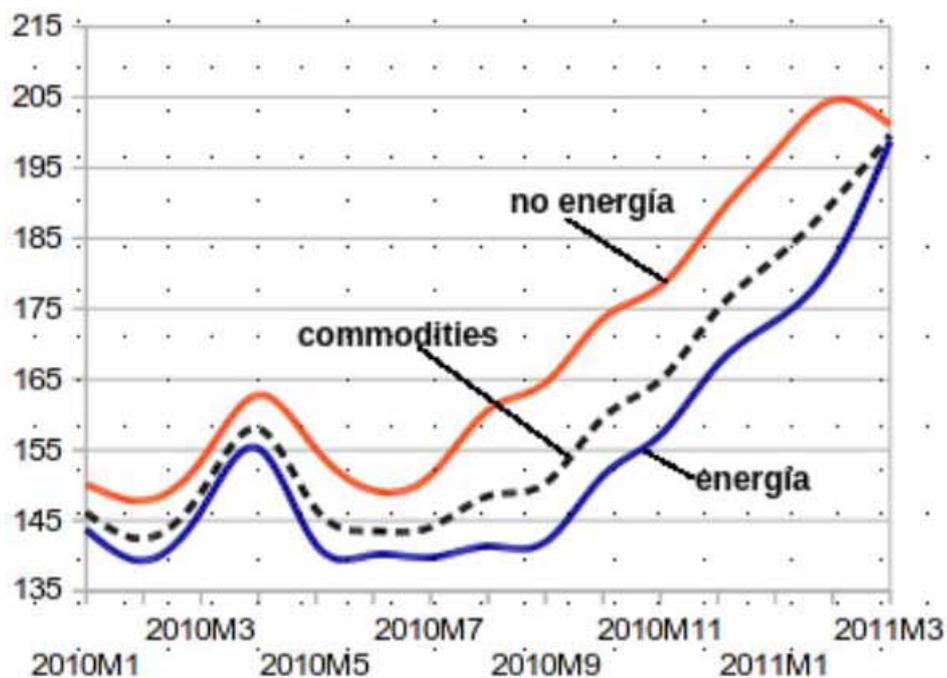
	COMMODITIES	NO-ENERGÍA	ENERGÍA
2010M1	146	150	144
2010M2	142	148	139
2010M3	149	153	146
2010M4	158	163	155
2010M5	147	155	142
2010M6	143	149	140
2010M7	144	151	140
2010M8	148	161	141
2010M9	150	165	142
2010M10	160	174	151
2010M11	165	178	157
2010M12	175	188	167
2011M1	182	197	173
2011M2	190	205	182
2011M3	200	201	199

Commodities: todas las commodities registradas por el FMI

No-energía: alimentos y bebidas e insumos industriales

Energía: petróleo, gas natural y carbón

Gráfico 4.2.3.d6-3 Índices FMI de precios de las *commodities*.



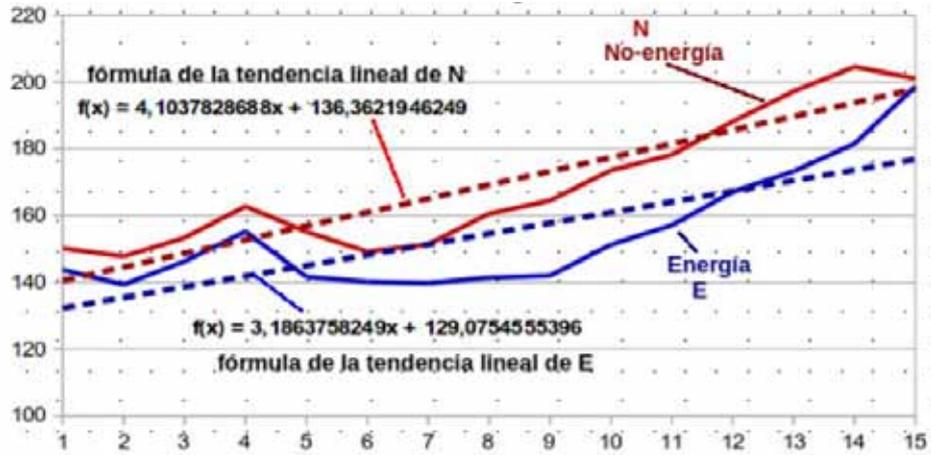
Fuente: FMI

Utilizamos WinQSB (ProspectivAr-->Software libre-->WinQSB) y obtenemos la fórmula de regresión múltiple $C_t = 5,530622 + 0,309415*N_t + 0,6165448*E_t$.

Luego utilizando una hoja de cálculo (Excel, Calc de OpenOffice o LibreOffice, etc.) ajustamos E y N con tendencias lineales. Podríamos haber hecho el ajuste con otro tipo de tendencia (exponencial, parabólica,

logarítmica) pero la visualización de las curvas nos sugiere esa decisión, en casos más complicados se pueden hacer varios ajustes de tendencia y elegir el que se corresponda con el menor indicador de error (EPMA u otro).

Gráfico 4.2.3.d6-4 Tendencias de E y N.



Llegamos así a la fórmula que nos permitirá obtener valor “futuros” de C:

$$C_t = k_1 + k_2 * N_t + k_3 * E_t \text{ con } k_1, k_2 \text{ y } k_3 \text{ constantes}$$

$$N_t = m_1 * x + m_2 \text{ con } m_1 \text{ y } m_2 \text{ constantes}$$

$$E_t = f_1 * x + f_2 \text{ con } f_1 \text{ y } f_2 \text{ constantes}$$

$$C_t = k_1 + k_2 * m_1 * x + k_2 * m_2 + k_3 * f_1 * x + k_3 * f_2$$

$$C_t = (k_1 + k_2 * m_2 + k_3 * f_2) + (k_2 * m_1 + k_3 * f_1) * x$$

Entonces:

$$C_t = 5,530622 + 0,309415 * N_t + 0,6165448 * E_t$$

$$N_t = 4,1037828688 * x + 136,3621946249$$

$$E_t = 3,1863758249 * x + 129,0754555396$$

$$\text{Por consiguiente } C_t = 127,30393137 + 3,230820605 * x$$

Gráfico 4.2.3.d6-5 Pronóstico del índice FMI de precios de commodities.



4.2.4 ANÁLISIS CUALITATIVO

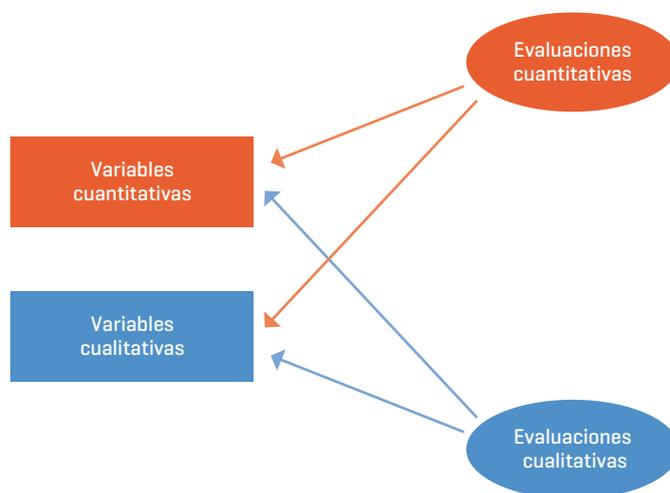
Las variables cuantificables pueden ser objeto de evaluaciones cuantitativas, sin embargo las mismas ofrecen una información parcial que es necesario ampliar hacia sus características cualitativas así como a otros datos referidos a su entorno, es decir, al sistema del que forma parte.

Las consultas a expertos, la recopilación y procesamiento más extendido de datos cuantitativos y cualitativos tienen que converger con los tratamientos cuantitativos limitados a la variable y tal vez a algunas pocas más para conformar la base de la reflexión que será explicitada en un informe específico.

Por su parte, las variables no cuantificables (culturales, políticas, psicológicas, etc.) deben ser tratadas enlazando informaciones cualitativas que constituyen el corazón de dicho estudio con datos cuantificables que complementan el panorama.

Por ejemplo, un informe sobre la variable "precio internacional del petróleo" no puede prescindir de informaciones de carácter estratégico referidas al juego de poderes que incide sobre el precio y un informe sobre el nivel de conflictividad social no podrá ignorar datos estadísticos sobre el número de huelgas.

Gráfico 4.2.4-1 Evaluaciones de variables cualitativas y cuantitativas.



4.3 PROTAGONISTAS

4.3.1 PROTAGONISTAS, TRAMPAS Y CONFUSIONES

El tratamiento de variables permite descubrir sujetos que inciden en la evolución del sistema. Son mucho más que simples actores que despliegan estrategias, se trata de protagonistas con complejas historias propias o heredadas, arrastrando éxitos y frustraciones de manera consciente o no, portando una cultura multiforme, guardando desde rincones poco visibles del pasado formas culturales latentes que pueden reaparecer⁶², pensando y desarrollando acciones, tácticas y estrategias, proclamando o disfrazando sus verdaderas intenciones, realizando prácticas que apuntan realmente hacia sus objetivos o que marchan objetivamente (más allá de sus ilusiones) por vías diferentes de las que creen transitar.

La variable, especialmente la cuantitativa, suele esconder una trampa que deforma el resultado de su estudio. Un precio, por ejemplo, aparenta tener una dinámica propia independiente de la influencia humana, incluso ciertos medios de comunicación señalan a veces que "el precio del producto X ha ingresado en una etapa pesimista" o que "el dólar se comporta de manera cada vez más agresiva" o que "el índice bursátil Nasdaq luego de caer rebotará recuperando el optimismo y comenzará a subir", etc.

Las variables parecen tener vida propia cuando en realidad no son otra cosa que la expresión de actividades humanas. Es bien conocida la demistificación de Marx de lo que él llamaba "el fetichismo de la mercancía" que parece tener vida propia cuando en realidad es simplemente el producto del trabajo concreto que no se presenta de manera directa sino bajo una forma abstracta, como una referencia al pasado de dicha mercancía (su proceso humano de producción).

⁶² Aplicándolo a un gran hecho histórico Freud se refiere al "fenómeno de la latencia, es decir a la aparición incomprensible de fenómenos y condiciones pertenecientes a sucesos muy lejanos, más tarde olvidados" que según él constituye un tema propio de la "psicología de masas" y que puede ser utilizado en las evaluaciones retrospectivas de grupos sociales de distinta magnitud e inserción social. Sigmund Freud, "Moisés y la religión monoteísta", Editorial Losada-Editorial La Página, Buenos Aires, 2004.

Marx señalaba que “el carácter misterioso de la forma mercancía estriba pura y simplemente en que proyecta ante los hombres el carácter social del trabajo de éstos como si fuese un carácter material de los propios productos de su trabajo, un don natural social de estos objetos y como si, por tanto, la relación social que media entre los productores y el trabajo colectivo de la sociedad fuese una relación social establecida entre los mismos objetos al margen de sus productores”⁶³.

Un buen ejemplo es el caso de la “tecnología autónoma”, es decir la idea de que la tecnología sobredetermina el comportamiento social convirtiendo a seres humanos en objetos de un sujeto misterioso. Incluso admitiendo que ha sido producida por científicos y tecnólogos, parecería como que al salir del laboratorio se independiza de sus progenitores y comienza a dictar su ley al resto del mundo.

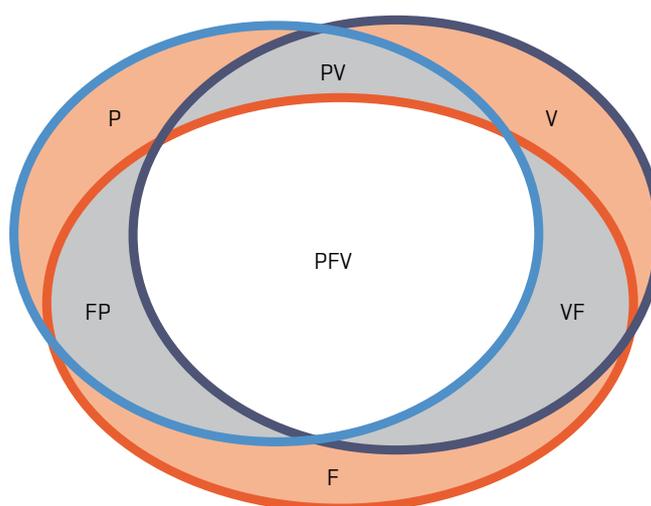
Como lo señaló Langdon Winner “un síntoma de la tensión profunda que afecta al pensamiento moderno es la frecuente aparición de la idea de tecnología autónoma; la creencia de que, de algún modo, la tecnología no está controlada por el hombre y sigue por su propia cuenta, sin dirección”⁶⁴.

La desmitificación (humanización) de objetos e ideas técnicas permite ver cómo por debajo de las variables se desarrollan dinámicas sociales concretas, sus protagonistas, historias, conflictos, asociaciones, etc. Aunque esta operación racional puede precipitarnos hacia una segunda trampa que podría ser calificada muy someramente como “visión conspirativa de la realidad”: las variables desaparecen o pasan a un segundo plano muy diluido y todo se convierte en juegos de poderes, disputas y acuerdos entre individuos o grupos más o menos encumbrados que deciden caprichosamente si un precio sube o baja, si una tecnología es producida o no, etc.

De ese modo es exacerbada una expresión humana, la acción voluntarista de un individuo o grupo y se borra o subestiman otras expresiones bajo apariencia despersonalizada que se manifiestan como variables o fenómenos complejos. En fin, existe la tercera trampa que privilegia la sobredeterminación social de algún fenómeno complejo, por ejemplo una inercia cultural o un fenómeno político de gran intensidad.

Pero la totalidad social no es separada abstractamente en esas tres imágenes porque sí. Existen áreas de actividad social, circunstancias históricas, etc., donde el voluntarismo de los protagonistas es sobredeterminante, también se presentan sobredeterminaciones culturales o de variables y, más que nada, espacios comunes donde esos factores interactúan combinándose con diferentes dosis de poder relativo. De manera muy esquemática (ignorando matices y graduaciones) podríamos pensar al sistema como la interacción de tres conjuntos cubriendo vastas zonas de inter-determinación compleja y otras de sobredeterminación de uno o dos factores sobre el resto.

Gráfico 4.3.1-1 Espacios del sistema.



- P: sobredeterminación de protagonistas
- F: sobredeterminación de fenómenos complejos
- V: sobredeterminación de variables
- FP: sobredeterminación combinada de fenómenos complejos y protagonistas
- VF: sobredeterminación combinada de variables y fenómenos complejos
- PV: sobredeterminación combinada de protagonistas y variables
- PFV: espacios de interdependencias de fenómenos complejos, variables y protagonistas

63 Marx Karl, “El Capital”, Tomo I, sección primera, “El fetichismo de la mercancía y su secreto”, Fondo de Cultura Económica, México, 1966.

64 Winner Langdon, “Tecnología autónoma” Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1979.

4.3.2 TRABAJO CON PROTAGONISTAS

4.3.2.A DETECCIÓN Y SELECCIÓN

Ante todo es necesario detectar y seleccionar a los protagonistas del sistema. Las consultas a expertos pueden ser valiosas, ellos pueden ayudar a describir protagonistas, detectar sus “estrategias” explícitas o implícitas, visibles o subterráneas, sus reservas estratégicas latentes, etc. Si previamente fueron realizados estudios sobre variables o fenómenos complejos, seguramente de ahí saldrán los protagonistas.

Un primer listado de protagonistas debe incluir tanto a aquellos considerados internos o próximos al sistema, como a otros considerados como externos cuyas acciones impactan sobre el mismo. La depuración de dicha lista requiere un denso trabajo de equipo, no existe una técnica rigurosa desde el punto de vista sistémico que resuelva el tema, solo es posible realizar una sucesión de aproximaciones al final de la cual por lo general, subsisten dudas respecto de algunos protagonistas relativamente secundarios o lejanos cuya inclusión complica la operatoria pero cuya exclusión puede llegar a provocar vacíos perjudiciales, finalmente será necesario tomar decisiones.

4.3.2.B MATRIZ DE ESTRATEGIAS E IDENTIDADES

Depurada la lista, un buen instrumento de trabajo es la “Matriz de Estrategias e Identidades” (MEI), matriz cuadrada en cuya diagonal (relación de un protagonista consigo mismo) son descritas las principales características de cada protagonista, su historia y sus orientaciones hasta llegar a una descripción detallada de su identidad.

A lo largo de cada fila aparecerán las estrategias, acciones posibles, prejuicios, simpatías o enemistades de un protagonista con respecto a cada uno de los demás. La lectura de una columna nos indicará las acciones, estrategias, a las que un protagonista se ve sometido por parte de los otros. De esa manera, son presentados antagonismos, contradicciones, alianzas, solidaridades, indiferencias, etc.

Las consultas a expertos combinadas con intensos trabajos de recopilación, depuración y procesamiento de información permitirán una buena construcción de la matriz.

En realidad, cada celda establece un enlace con un informe detallado del tema respectivo.

Por ejemplo, la celda **BB** conduce a un informe que esboza la identidad del protagonista **B** y la celda **cd** nos lleva al informe acerca de las acciones, estrategias, etc. que **c** despliega hacia **d**.

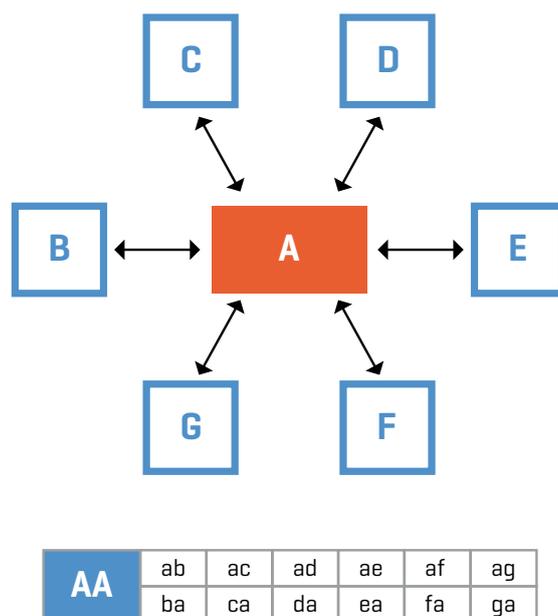
Es útil concluir el informe de celda con una síntesis que permita fijar temas decisivos. Incluso, es posible introducir en cada celda una palabra o frase reducida que oriente sobre el informe existente detrás del enlace.

Será posible, finalmente, elaborar informes parciales sobre cada protagonista significativo conteniendo su historia, sus principales características y orientaciones, las estrategias en curso de cada uno sobre el resto y las presiones sufridas por el mismo provenientes de los demás. En ese sentido, podemos distinguir entre estrategias explícitas (declaradas por el protagonista), ocultas (escondidas) o implícitas (ni declaradas, ni ocultas pero que se desarrollan más allá de la conciencia del protagonista). Con foco en el esbozo de identidad del protagonista (por ejemplo AA) se realiza el barrido fila-columna correspondiente.

Gráfico 4.3.2.b-1 Matriz de estrategias e identidades.

	A	B	C	D	E	F	G
A	AA	ab	ac	ad	ae	af	ag
B	ba	BB	bc	bd	be	bf	bg
C	ca	cb	CC	cd	ce	cf	cg
D	da	db	dc	DD	de	df	dg
E	ea	eb	ec	ed	EE	ef	eg
F	fa	fb	fc	fd	fe	FF	fg
G	ga	gb	gc	gd	ge	gf	GG

Gráfico 4.3.2.b-2 El protagonista, su identidad y estrategia.



4.3.2.C MAPAS DE RECORRIDOS ESTRATÉGICOS

Es necesario aclarar que de la suma y combinación de todos los informes sobre protagonistas deducidos de la MEI no se desprende la dinámica general del sistema, en primer lugar porque tratándose de sistemas complejos (fundamento del ejercicio prospectivo) su realidad no equivale a (es más que) la suma y/o combinación de sus componentes, posee propiedades emergentes propias de su naturaleza sistémica. Y luego porque es necesario hacer lugar a otros grupos de componentes como las variables y los fenómenos complejos. Tampoco la MEI agota el estudio de protagonistas, será necesario incorporar otras aproximaciones.

La evaluación de estrategias requiere de visiones que incluyan acciones directas e indirectas entre protagonistas, estableciéndose así recorridos muchas veces intrincados pero también las apariciones en dicho recorrido de expresiones de diversos tipos, variables o fenómenos complejos, que posibilitan entender cambios de ritmo, desviaciones, retrocesos, cambios tácticos y estratégicos, etc.

Un buen instrumento para ello es la construcción de “Mapas de Recorridos Estratégicos” (MRE) donde paso a paso van apareciendo protagonistas del sistema (y sus reacciones ante el disparador lanzado por el primer protagonista).

El protagonista **A** actúa sobre el protagonista **B**, que puede reaccionar con una contraestrategia direccionada hacia **A** pero también hacia algún/os otro/s protagonista/s que, a su vez, actúan contra **A** u otros protagonistas algunos de los actuales se asocian estableciendo convergencias estratégicas, otros soportan pasivamente los cambios, etc.

Pero las acciones entre protagonistas requieren de la utilización de variables y fenómenos complejos, lo que va convirtiendo al MRE en un mapping parcial del sistema que deriva finalmente en un *mapping* general.

todos completamente descomponibles y cuyos comportamientos emergentes sólo pueden ser entendidos desde la totalidad del subsistema. El informe sobre un fenómeno complejo deberá articular datos cuantitativos y cualitativos, relatos históricos, etc.

Aquí nos encontramos ante un subsistema que desborda, de manera evidente, las tentativas reduccionistas de modelizaciones matemáticas. En su crítica desde la prospectiva al reduccionismo matemático del análisis de sistemas, Pierre Gonod alertaba a comienzos de los años noventa que “el éxito del análisis de sistemas en la modelización de ciertos fenómenos ha provocado una evolución hacia lo cuantitativo en detrimento de la identificación de relaciones cualitativas esenciales para entender los sistemas sociales.”

Esta invasión abusiva de las matemáticas provoca un reduccionismo del entendimiento. Dicha deformación tiene como resultado que, en Estados Unidos, la concepción dominante haga del análisis de sistemas una rama de la investigación operativa como lo muestra la siguiente definición de la *Concise Encyclopedia of Science and Technology, Mc Graw-Hill; Second Edition, 1989*: “El análisis de sistemas es la aplicación de las matemáticas al estudio de sistemas (...) la idea de base es que el análisis del modelo matemático del sistema construido es aplicado al sistema original (...) la diferencia entre dicho análisis y las matemáticas convencionales aplicadas es que el sistema estudiado incluye a menudo a seres humanos. La presencia de seres humanos y la aplicación de los resultados a seres humanos introduce una gran complicación”. Resulta evidente el problema planteado por ese tipo de modelización⁶⁵ (no podemos dejar de subrayar esa última afirmación de la enciclopedia).

Ejemplos de fenómenos complejos son la marginalidad urbana juvenil en un espacio geográfico concreto; la renovación y reconquista de identidad cultural por parte de pueblos originarios de América Latina; la crisis global; la reproducción de identidades culturales que condicionan procesos innovativos, alentándolos, frenándolos, incorporando características especiales; la seguridad ciudadana; la percepción social de la temporalidad (tiempo rural tradicional en conflicto con el tiempo urbano moderno); el caos vehicular urbano en una ciudad determinada; una cultura empresaria específica; culturas institucionales concretas; las crisis de representatividad institucional. Estos fenómenos incluyen numerosos componentes que deben ser detectados y evaluados pero también, principalmente, es necesario detectar y estudiar dinámicas, características, ciclos, rutinas específicas del fenómeno en su conjunto.

La convergencia entre la teoría de la reproducción social y la teoría de ciclos permite construir descripciones donde se hacen presentes e interaccionan ciclos de distinta duración, por ejemplo, ciclos culturales de larga duración con ciclos de corta duración (modas pasajeras, etc.). Detectar y describir estos ciclos así como sus interrelaciones constituye un buen instrumento para entender el fenómeno. La evaluación de grandes tendencias forma parte de esa tarea.

Otro instrumento importante sobre todo cuando son focalizadas poblaciones reducidas (una localidad, una empresa, una pequeña universidad, etc.) es la teoría (psicología) de grupos. Su aporte puede servirnos para entender comportamientos y proyectos.

El empleo de modelos de simulación puede ser aprovechado a partir de la detección de componentes decisivos del fenómeno, más adelante explicaremos con mayor detalle este tema.

Las consultas a expertos pueden aportar abundante información que enriquece la reflexión del equipo de prospectiva. Desde consultas individuales hasta grupales (entrevistas, jornadas de reflexión, etc.).

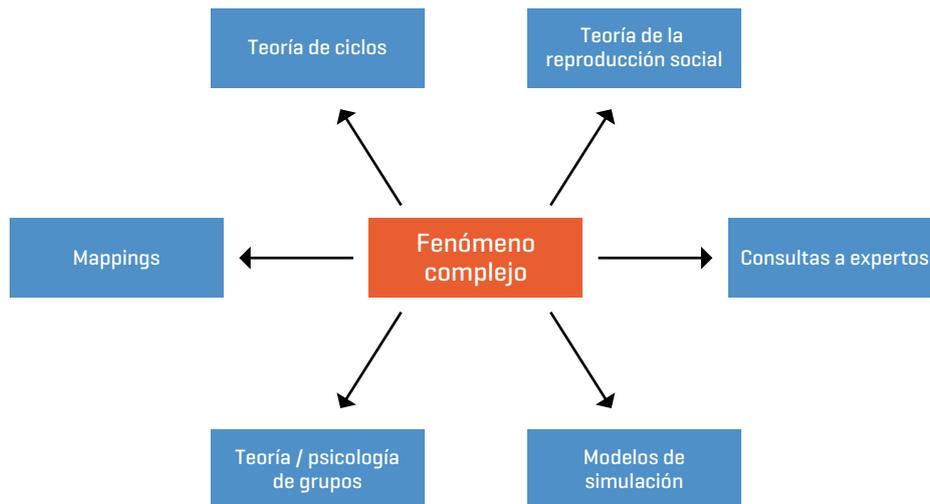
La utilización de analogías históricas desarrolladas teniendo presente las diferencias de contexto es un viejo y eficaz instrumento de pronóstico.

La elaboración de *mappings* permite graficar presencias e interacciones muy variadas: comportamientos generales y grupales, protagonistas, variables, factores institucionales, fenómenos sociales de distinta magnitud y complejidad.

El resultado de estos estudios debe ser la elaboración de un informe detallado sobre el fenómeno complejo mostrando su penetración en el comportamiento general del sistema así como de ciertos protagonistas y variables.

⁶⁵ Gonod Pierre, op. cit.

Gráfico 4.4-1 Fenómeno complejo.



4.5 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Las actividades desarrolladas permiten ahora realizar una descripción detallada de la dinámica del sistema. Cada caso tiene variantes específicas aunque es posible presentar un esquema general de trabajo dividido en tres fases:

Primera fase: re-elaboración del *mapping* global del sistema y su contexto desarrollado de manera rudimentaria al iniciarse el ejercicio prospectivo. Dicha reelaboración debe abundar en detalles aunque de manera equilibrada, para lograr un término medio entre la carencia de detalles necesarios y el exceso de detalles que hace incomprendible al *mapping*.

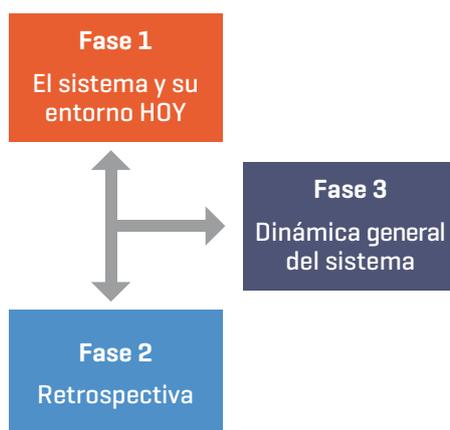
No existe una fórmula mágica, sólo la experiencia y el sentido común pueden conducir al objetivo buscado. La finalidad de ese *mapping* es brindar una fotografía del sistema actual, o incluso un *film* de muy corta duración, que nos ilustre sobre su estructura insinuando algunos rasgos decisivos de su dinámica.

La segunda fase: consiste en un ejercicio retrospectivo capaz de mostrar la evolución del sistema y su contexto en un período lo suficientemente significativo como para presentar su dinámica pasada. No se trata de ir hasta el origen del sistema (basta con algunas referencias decisivas) sino de describir una trayectoria que permita visualizar el proceso que conduce hasta el *mapping* desarrollado en la fase anterior.

El análisis de la trayectoria pasada de variables importantes puede ser de suma utilidad al igual que las historias de protagonistas y fenómenos complejos. Pero todo ello tiene que formar parte de un enfoque más amplio centrado en los aspectos generales de la estructura del sistema y sus propiedades emergentes. Presentado ese panorama será necesario luego enriquecerlo con detalles referidos a variables, protagonistas y fenómenos complejos en un entramado de hechos objetivos y posibles.

La tercera fase es la de elaboración de un informe completo sobre el sistema y su entorno, el mismo deberá incluir lo obtenido en las dos fases anteriores bajo la forma de una visión de conjunto superadora de las mismas. Mostrando la dinámica general del sistema con todo lujo de detalles. **Normalmente este es el primer informe de avance del ejercicio prospectivo.**

Gráfico 4.5-1 Construcción del sistema.



5. SIMULACIONES

5.1 SIMULACIONES PARCIALES Y GENERALES

La “construcción del sistema” no es suficiente, es necesario profundizar el conocimiento de su dinámica, de detalles que pudieron haber sido subestimados y de relaciones entre componentes que no siempre emergen de las evaluaciones descritas en los puntos anteriores.

Simular comportamientos puede aproximarnos mejor a nuestro objetivo. Podemos trabajar con simulaciones parciales recortando un subespacio del sistema y manipulando componentes al estilo: ¿qué pasaría con **a**, **b**, y **d** si **e** cambia su comportamiento de tal o cual manera? o bien ¿qué peso relativo tienen en una decisión determinada los factores **f1**, **f2** y **f3**? Se trata de simulaciones parciales, en consecuencia insuficientes, aunque útiles, generadoras de reflexiones. Aquí presentamos cuatro simulaciones parciales que han demostrado su eficacia en numerosos estudios prospectivos, son modelos sencillos fácilmente manipulables: KSIM, APPA, Redes Neuronales Artificiales y Cadenas de Markov.

Luego desarrollamos una simulación general basada en el análisis morfológico, que tiene en su haber varias décadas de utilización con muy buenos resultados, la misma es el paso ineludible para la posterior construcción de escenarios.

5.2 SIMULACIONES PARCIALES

5.2.1 MODELO KSIM

El KSIM (*Kane Simulation*) es un modelo de simulación creado por Julius Kane y que permite hacer evolucionar conjuntamente a un grupo de variables interrelacionadas, algunas de ellas pueden estar bien cuantificadas (un precio o un volumen de producción) y otras ser claramente cualitativas (el riesgo de guerra en una región determinada, el grado de entusiasmo de un grupo ante un innovación, etc.) y son cuantificadas de manera arbitraria con el fin de introducir las en el modelo.

Se trata de un esquema sencillo (ver: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/ch5d.pdf>) que puede ser desarrollado a través de una hoja de cálculo. En ProspectivAr suministramos una hoja de utilización sencilla (ProspectivAr-->Simulaciones-->KSIM).

Son establecidos los valores iniciales de las variables (normalizados entre 0 y 1) donde 0 es el mínimo valor al que puede llegar la variable a lo largo del período futuro considerado y 1 es el valor máximo.

Valores iniciales ==> (0,1 0,3 0,2... 0,n)

Luego se construye una matriz de impactos entre las variables (positivos, negativos o nulos). En el ejemplo que sigue, los valores están entre -3 y +3, y se incluye la posibilidad de auto impulsos (los impactos de una variable sobre si misma son positivos, negativos o nulos). Por ejemplo **bc** es el impacto de **B** sobre **C**.

Gráfico 5.2.1-1 KSIM Matriz de impactos.

	A	B	C	D	E
A	aa	ba	ca	da	ea
B	ba	bb	cb	db	eb
C	ac	bc	cc	dc	ec
D	ad	bd	cd	dd	ed
E	ae	be	ce	de	ee

A partir de esa matriz se le aplica el algoritmo de Kane donde el valor futuro de una variable X_i es determinado en función de la suma de los impactos negativos sobre esa variable, dividida por la suma de los impactos positivos sobre la misma.

$$X_i [t + dt] = X_i [t]^{pi} \quad \text{donde } pi = \frac{1+dt | \text{ suma de impactos negativos sobre } X_i |}{1+dt | \text{ suma de impactos positivos sobre } X_i |}$$

$X_i (t)$ es el valor de X_i en el período t y $X_i (t+dt)$ es el valor de X_i dt períodos después. Se considera el valor absoluto de la suma de impactos.

Siguiendo con el caso del precio del oro desarrollamos ahora un ejemplo donde utilizamos cinco variables fuertemente interrelacionadas con los siguientes valores iniciales:

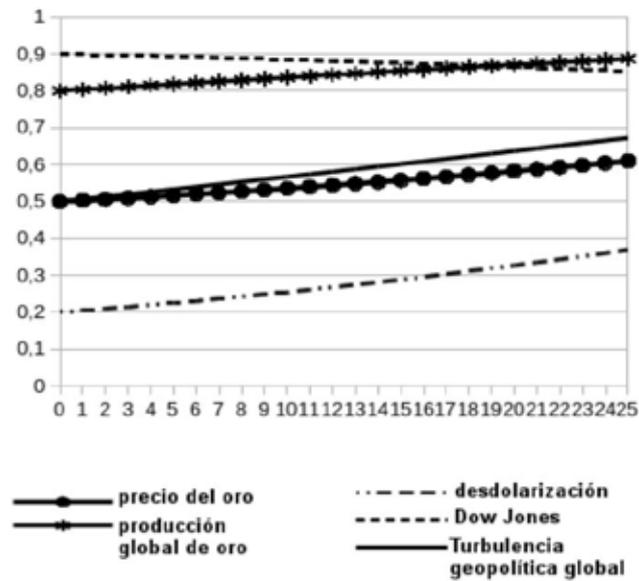
VALORES INICIALES ENTRE 0 Y 1 --- t=0	
VALORES TRIMESTRALES	
Precio del oro - dolares por onza	0,5
Producción global de oro	0,8
Desdolarización del comercio global	0,2
Índice Dow Jones	0,9
Turbulencia geopolítica global	0,5

Utilizamos la hoja de Excel antes señalada. Preparamos la alternativa 1 con la siguiente matriz de interacciones:

	Precio del oro	Producción global de oro	Desdolarización del comercio global	Índice Dow Jones	Turbulencia geopolítica global
Precio del oro - dolares por onza	1	-1	3	-1	3
Producción global de oro	1	0	3	0	2
Desdolarización del comercio global	1	0	2	-1	3
Índice Dow Jones	-1	0	-2	0	-1
Turbulencia geopolítica global	1	0	2	0	2

Y obtenemos el siguiente resultado gráfico:

Gráfico 5.2.1-2 KSIM - Alternativa 1.



En este caso, al final del período 25 el precio del oro aumentó cerca de un 20%.

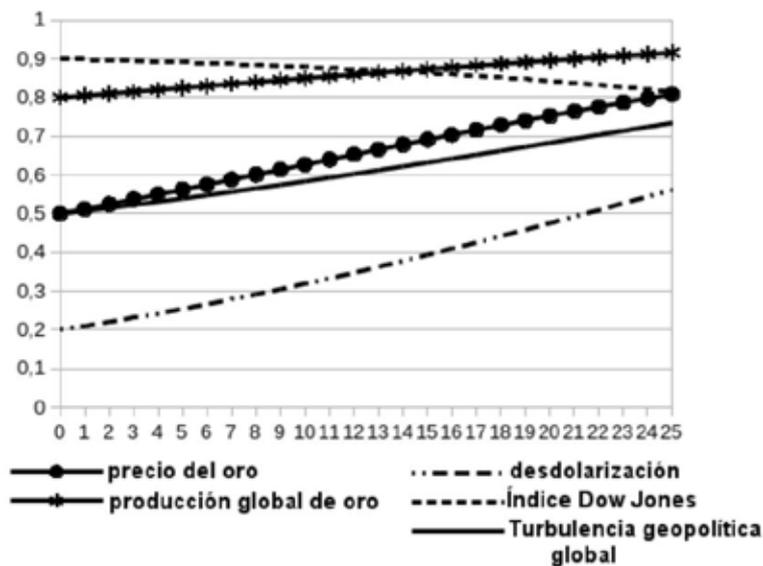
Consideramos luego una **alternativa 2** cambiando en la matriz de interacciones el valor de algunos impactos, por ejemplo la “Turbulencia geopolítica global” tenía un impacto igual a -1 sobre el índice Dow Jones en la alternativa 1 y pasa en la alternativa 2 a un impacto igual a -2, por su parte la desdolarización pasa de impacto sobre el índice Dow Jones de -2 a -3.

Alternativa 2

	Precio del oro	Producción global de oro	Desdolarización del comercio global	Índice Dow Jones	Turbulencia geopolítica global
Precio del oro - dolares por onza	3	0	3	0	3
Producción global de oro	1	1	3	0	2
Desdolarización del comercio global	2	0	3	0	3
Índice Dow Jones	-2	0	-3	1	-2
Turbulencia geopolítica global	2	0	3	-1	3

Y de ese modo obtenemos el siguiente resultado donde el precio del oro sube cerca del 60%.

Gráfico 5.2.1-3 KSIM - Alternativa 2.



5.2.2 MODELO APPA

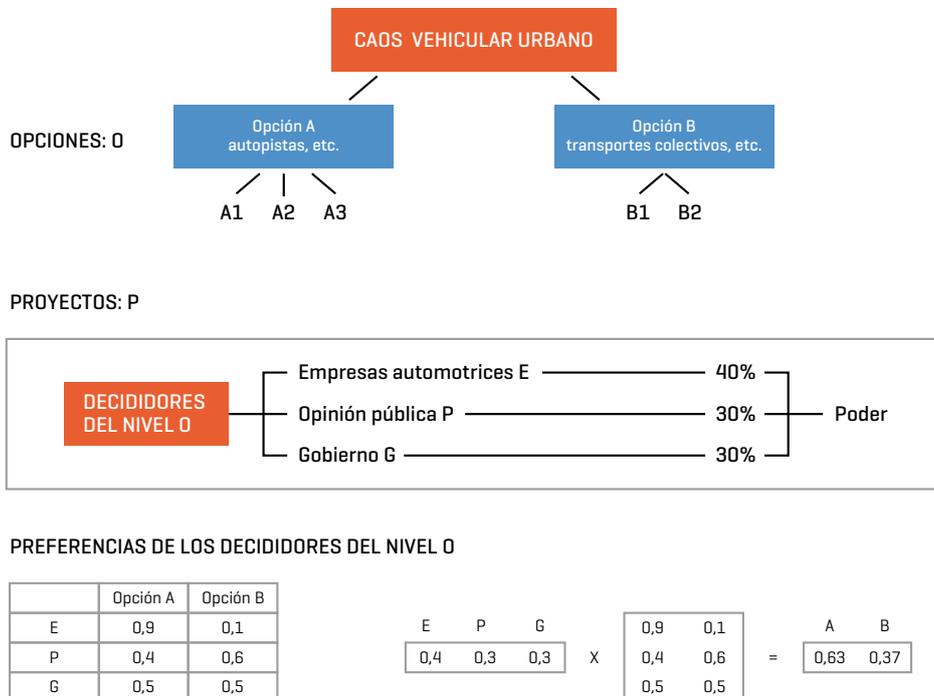
APPA (Árbol de Pertinencia de Protagonistas y Alternativas) es un modelo de simulación basado en la construcción de un árbol de pertinencia (o de decisiones), en este caso utilizado para evaluar posibles orientaciones estratégicas de protagonistas en torno de fenómenos complejos. Todo el desarrollo de APPA puede ser realizado fácilmente por medio de una hoja de cálculo (ProspectivAr -> Simulaciones->APPA).

En el siguiente ejemplo se trata una situación muy embrollada como es el caos vehicular urbano. Desarrollamos el ejercicio de manera sencilla (tal vez demasiado esquemática) para la mejor comprensión de la técnica.

Suponemos dos grandes opciones posibles: la opción A consistente en adaptar la ciudad a la avalancha vehicular (más autopistas, ampliación de calles, etc.) y la B que busca adaptar los transportes a la ciudad (más transporte público, bicisendas, etc.). Los decididores en ese nivel son las empresas automotrices (E) con un 40% de poder relativo, la opinión pública (P) con 30% de poder y el gobierno (G) con 30%.

A continuación construimos una matriz de preferencias de cada decididor por cada una de las opciones y multiplicamos la matriz fila de pesos relativos de cada protagonista por la matriz 3x2 de preferencias.

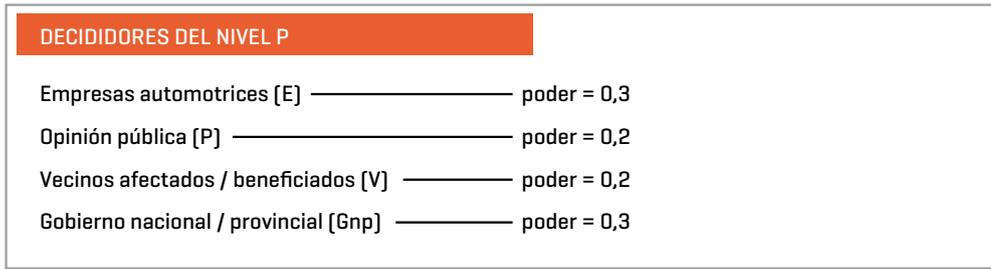
Gráfico 5.2.2-1 APPA, primer nivel.



Pasamos ahora al segundo nivel de proyectos concretos, allí el abanico de decididores se amplía ya que por ejemplo intervienen los vecinos de las zonas afectadas por esos proyectos, así como el sistema institucional correspondiente.

Los proyectos incluyen matices, zonas intermedias entre ambas opciones estratégicas, concesiones a distintos sectores, etc., tenemos por consiguiente una nueva configuración de protagonistas que ejercerán presión para que se imponga un proyecto u otro.

Gráfico 5.2.2-2 APPA, segundo nivel.



PREFERENCIAS

	A1	A2	A3	B1	B2
E	0,4	0,3	0,2	0,1	0
P	0,2	0,1	0	0,4	0,3
V	0,1	0,1	0	0,5	0,3
Gnp	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2

$$\begin{bmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,1 & 0 \\ 0,2 & 0,1 & 0 & 0,4 & 0,3 \\ 0,1 & 0,1 & 0 & 0,5 & 0,3 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 & 0,3 & 0,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,24 & 0,19 & 0,09 & 0,3 & 0,18 \end{bmatrix}$$

Luego jerarquizamos los proyectos en función de la combinación de presiones en ambos niveles, a cada proyecto le otorgamos un valor equivalente al producto del peso de cada opción estratégica por el peso del proyecto en su nivel, por ejemplo $vA1 = \text{valor de A (0,63)} \times \text{valor de A1 (0,24)} = 15,12$.

Gráfico 5.2.2-3 APPA, resultado - Caos vehicular urbano.

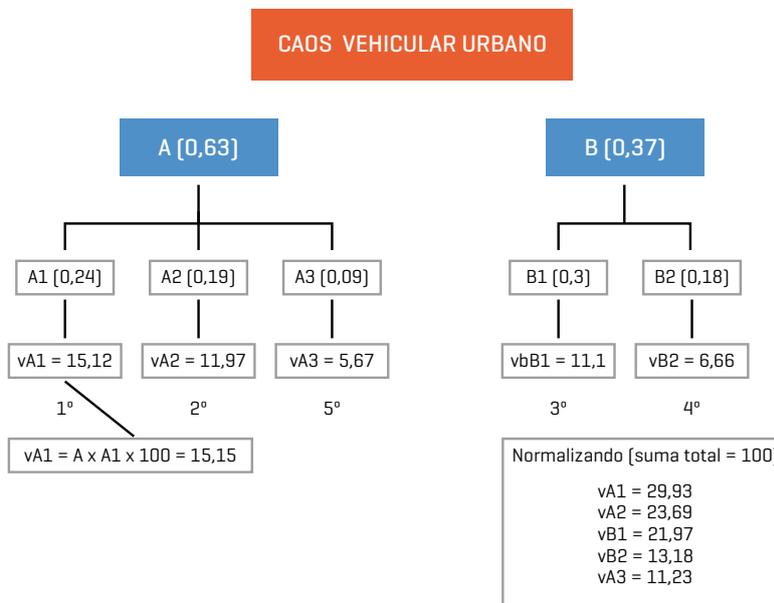
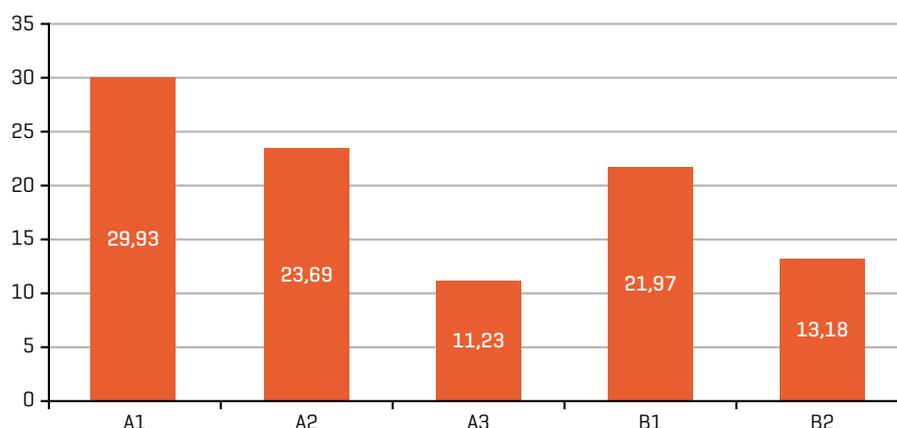


Gráfico 5.2.2-4 APPA, orientaciones.



5.2.3 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las redes neuronales artificiales (RNA) son modelos de simulación que imitan a las redes neuronales reales. Esta técnica permite utilizar unidades de procesamiento que reciben, procesan y transmiten datos. Existe un cierto parentesco entre las RNA y las regresiones múltiples, la diferencia es que en el caso de estas últimas se opera con un modelo rígido del tipo $Y_t = aX1t+bX2t+cX3t\dots+NXnt$ con a, b, c, \dots, n constantes y en las RNA las series temporales introducidas en el modelo son sometidas a una serie de manipulaciones de aprendizaje dándole una mayor flexibilidad al proceso de pronóstico.

La red neuronal se compone de tres sectores: las entradas, las capas ocultas o intermedias y las salidas, en consecuencia a partir de datos históricos (entradas) se realiza su procesamiento para llegar a los pronósticos (salidas).

Un modelo neuronal consiste entonces en las entradas $X1, X2, X3\dots Xn$, la salida o salidas y a través de su procesamiento, mediante un modelo $Y = F(X1, X2, X3, X4\dots Xn)$. La transformación de entradas en salidas se realiza por medio de una función de activación, por ejemplo, la función logística $f(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$.

Uno de los modelos más utilizados es el de retropropagación donde cada vez que se introduce información en la red la misma se propaga entre las diferentes capas desde la capa de entrada a la de salida, pasando por las capas intermedias u ocultas, luego calculados los errores entre las salidas y la realidad (equivalente a los errores de ajuste en el tratamiento de series temporales) los mismos se propagan hacia atrás y son utilizados para introducir modificaciones en las capas ocultas, se repite la operación lográndose un nuevo grupo de salidas y se van así reduciendo los errores hasta llegar a valores (o pronósticos) óptimos.

Gráfico 5.2.3-1 Ejemplo de red neuronal artificial.

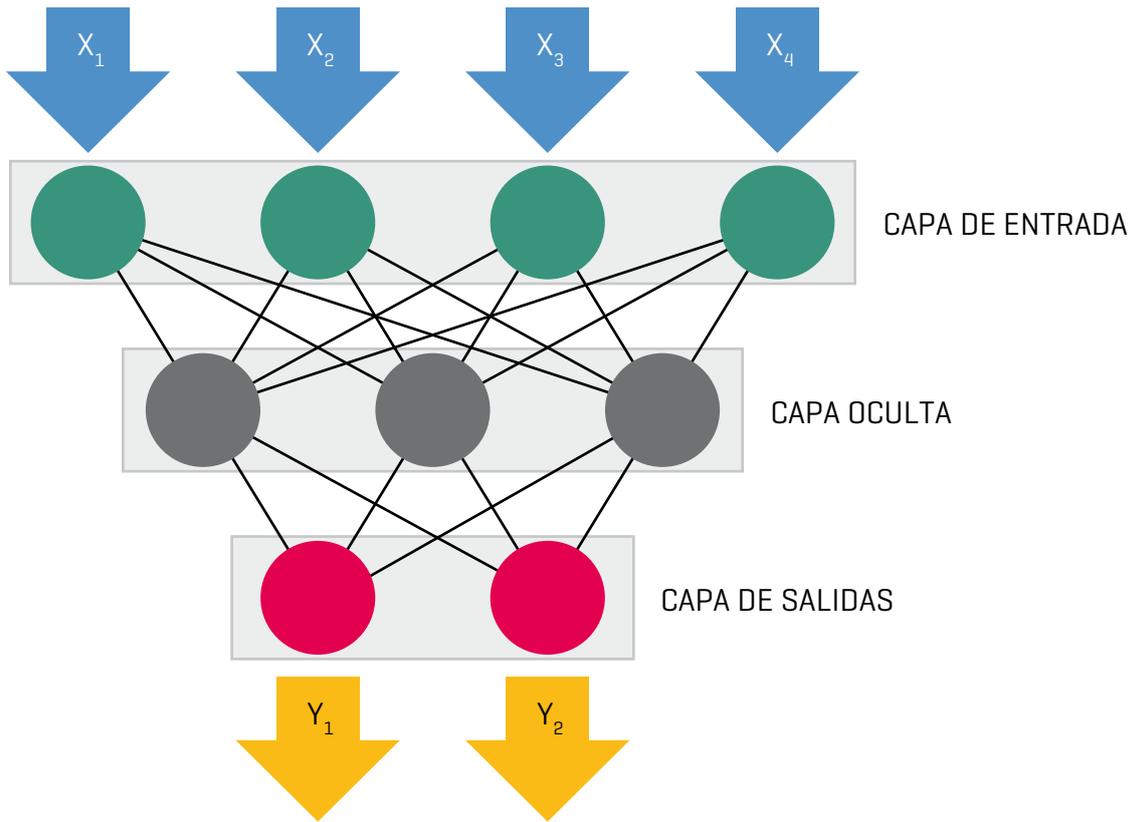
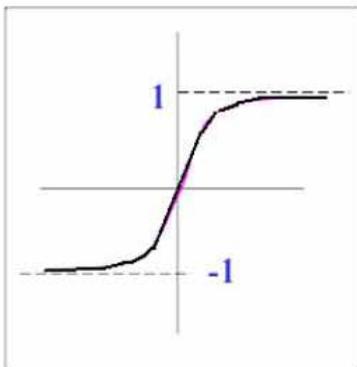
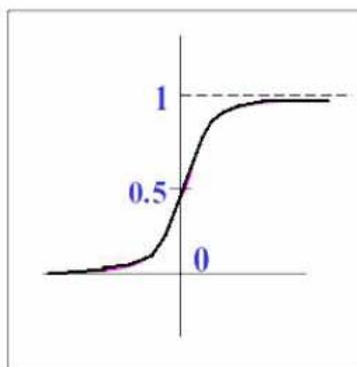


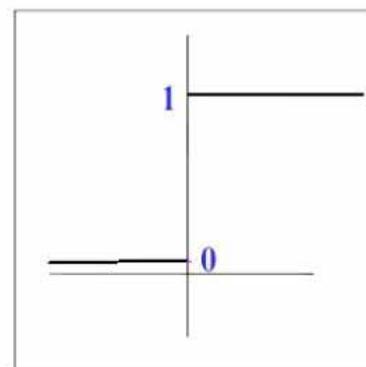
Gráfico 5.2.3-2 Ejemplos de funciones de activación.



$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

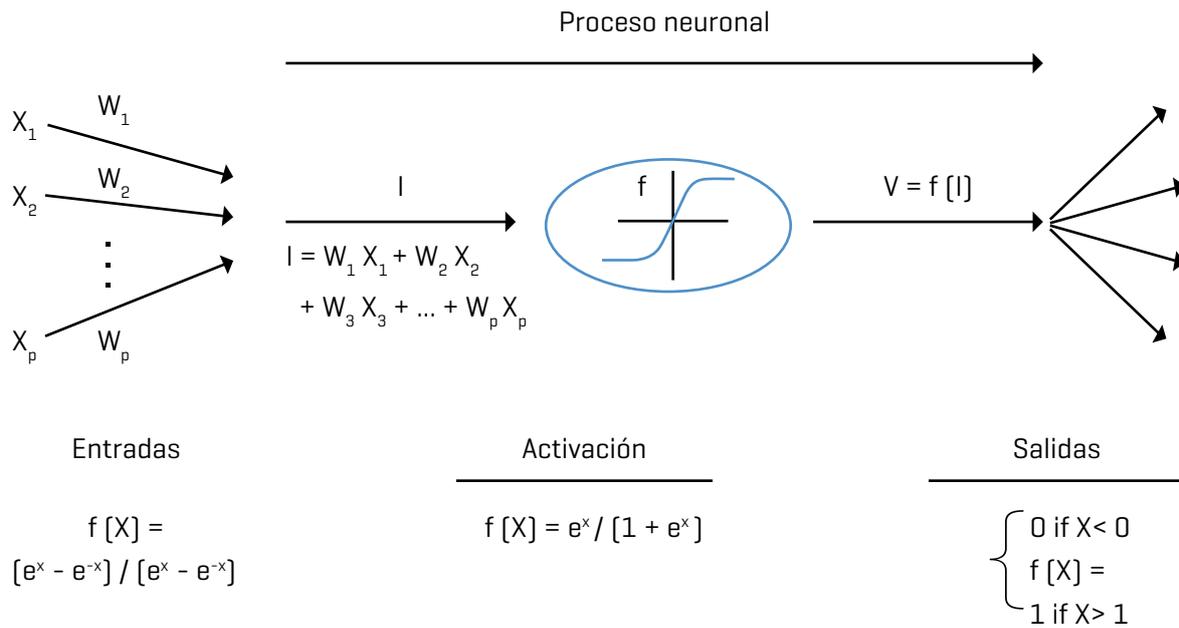


$$f(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$$



$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ 1 & \text{if } x \geq 0 \end{cases}$$

Gráfico 5.2.3-3 Proceso neuronal.



Podemos describir de manera más detallada el procedimiento de pronóstico:

- 1º Se seleccionan las series de datos y se eligen cuál o cuáles se van a pronosticar.
- 2º Son procesadas las series (se les quitan irregularidades extremas mediante alisamientos).
- 3º Son establecidos "máximos" y "mínimos" a los que pueden llegar las series en el período de pronóstico, como se hace en otros modelos de simulación como el KSIM.
- 4º Son extraídos dos grupos, uno para entrenar y otro para testeo.
- 5º Es elegida la arquitectura de la red (cuántas neuronas en la capa de entrada, cuántas en las capas ocultas o intermedias, cuántas capas ocultas).
- 6º Es elegido el algoritmo o método de entrenamiento.
- 7º Es entrenada la red y se testea el resultado óptimo.
- 8º Se realiza el pronóstico.

Existen numerosos *software* que realizan el trabajo, algunos de carácter comercial y otros de distribución gratuita (cada vez más numerosos) por ejemplo Pythia es suministrada en ProspectivAr-->*Software*-->Pythia, también puede ser descargado desde varias páginas web (<http://www.softpedia.es/programa-Pythia-28033.html>) y circulan algunas guías sencillas de libre acceso (<http://www.slideshare.net/Zorro29/pythia-the-neural-network-designer>).

También recomendamos el *software* de libre uso SNSS (*Stuttgart Neural Network Simulator*) de las universidades de Stuttgart y Tübingen, *software* y manuales pueden ser descargados desde: <http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/SNNS/>. Por otra parte, puede ser útil el *software* libre Zaitum (<http://www.zaitunsoftware.com/>) y el portal dedicado a *software* de redes neuronales artificiales: <http://www.neural-forecasting.com/software.htm>.

Veamos ahora un ejemplo simple empleando el modelo de retropropagación y una función de activación logística⁶⁶.

Tenemos tres entradas $X_1=1$, $X_2=-1$ y $X_3=2$ que son ingresadas y conducidas hasta dos lugares de activación (mediante una agregación del tipo $ax_1+bx_2+cx_3$ con a , b y c constantes) para pasar a un tercero que le da salida.

⁶⁶ Saha Angshuman, "Introduction to Artificial Neural Network Models", www.geocities.com/adotsaha/NNinExcel.html

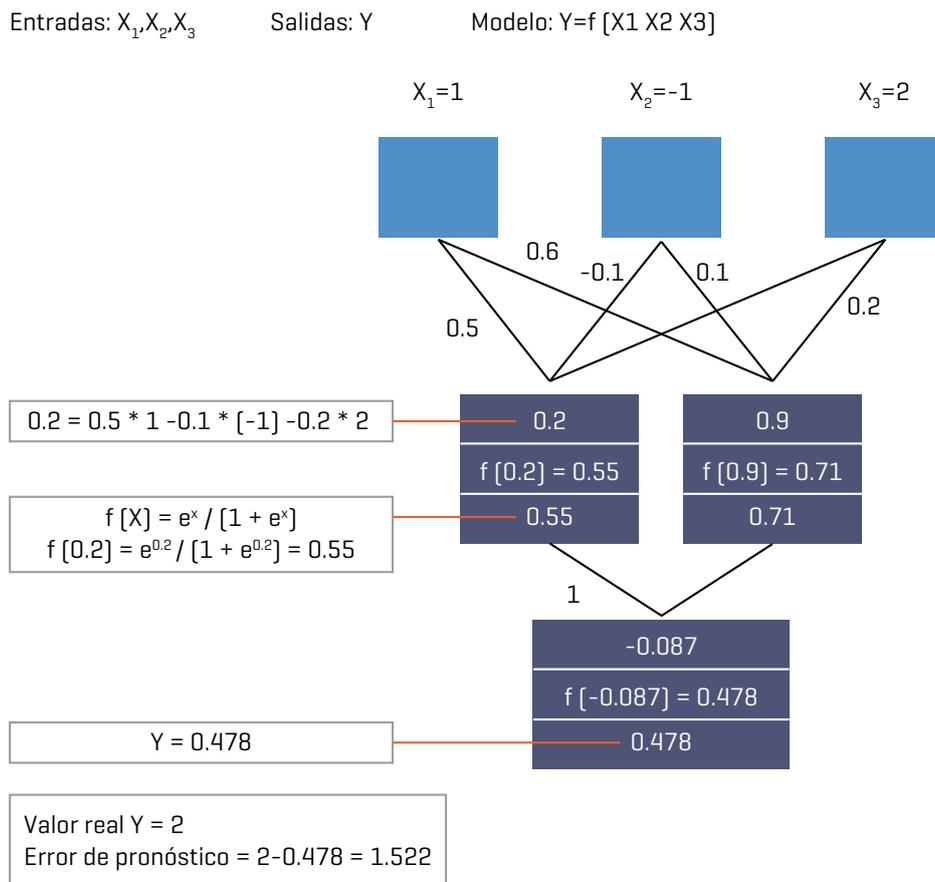
La transición hacia un primer polo de ingreso es: $[0,5*1] - [0,1*(-1)] - [0,2*2] = 0,2$ (los pesos de las entradas son respectivamente $w_{11}:0,5$, $w_{12}:-0,1$ y $w_{13}:-0,2$) La transición hacia un segundo polo de ingreso es $0,6*1 - 0,1*1 + 0,2*2 = 0,9$ (con $w_{21}:0,6$, $w_{22}:-0,1$ y $w_{23}:0,2$).

Aplicando la función logística $f(x) = e^x / (1+e^x)$ obtenemos $f(0,2)=0,55$ y $f(0,9)=0,71$. Luego se realiza la transición al tercer polo aplicando la fórmula $0,1*0,55 - 0,2*0,71 = -0,087$ (con $w_{31}:0,1$ y $w_{32}:-0,2$).

Al resultado se le aplica la función logística y se obtiene $f(-0,087) = 0,478$ es decir la salida. En este ejemplo, el dato real o histórico era 2 y en consecuencia el error es igual a $2 - 0,478 = 1,522$.

A partir de este resultado se van introduciendo cambios en las capas ocultas o intermedias (los pesos w_{ij} y en el número de capas y elementos de las capas) hasta minimizar los errores de salida.

Gráfico 5.2.3.4 Ejemplo de pronóstico con RNA - primer paso



Advertencia: este ejemplo no debe inducir al lector a realizar pronósticos con RNA de manera manual, en especial si se trabaja con series temporales, los *software* ahorran tiempo y en el caso de las RNA la pérdida de tiempo sería gigantesca.

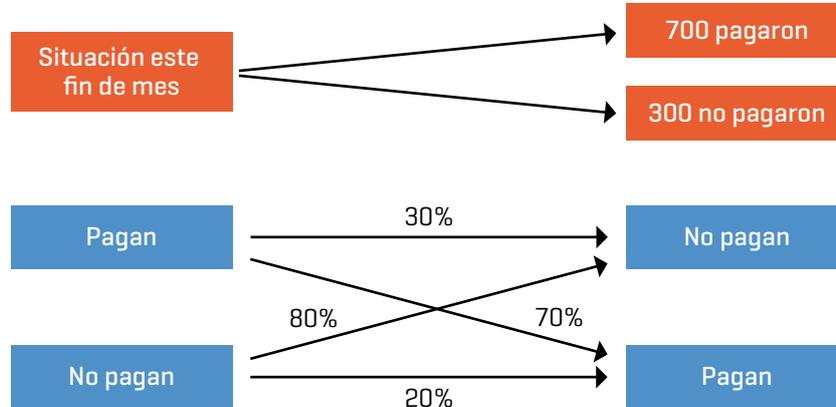
5.2.4 CADENAS DE MARKOV

Las cadenas de Markov son sumamente útiles para la realización de pronósticos de comportamientos de sistemas. Ante distintas alternativas posibles se establece la probabilidad de que el sistema pase de un estado a otro (probabilidades de transición) para llegar a un conjunto de probabilidades asignadas a cada alternativa en el largo plazo. Por ejemplo, la probabilidad de que un automóvil se encuentre en buen funcionamiento durante un cierto período futuro.

Veamos un ejemplo referido al comportamiento fiscal. Supongamos una población de 1.000 individuos sometidos a una determinada obligación fiscal. Este mes 700 han pagado y 300 quedan morosos. La experiencia nos indica que, en promedio, de cada 100 pagadores 30 se convierten en morosos al mes siguiente y que de cada 100 morosos 20 pagan al mes siguiente.

El problema puede ser resuelto con una hoja de cálculo, con Octave (Prospectivar-->Software Libre-->Octave), con la hoja Excel "cadenas de Markov" suministrada en ProspectivAr-->Simulaciones-->Markov o con el software WinQSB (ProspectivAr-->Software Libre ---->WinQSB). En los ejemplos que siguen hemos utilizado Octave.

Gráfico 5.2.4-1 Tema fiscal - modelo de Markov.



La situación actual está representada por la matriz-fila $m_0 = [700 \ 300]$ y los cambios probables para el mes próximo como la matriz cuadrada P

$$P = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,2 & 0,8 \end{bmatrix}$$

Entonces, la situación del mes próximo será la siguiente: $m_1 = m_0 * P = [550 \ 450]$ es decir que 550 pagarán y 450 no pagarán.

Para el segundo mes repetimos la operación y obtenemos $m_2 = m_1 * P = m_0 * P^2 = [475 \ 525]$ 475 pagan y 525 no pagan.

$$m_3 = m_0 * P^3 = [437,5 \ 562,5]$$

$$m_4 = [418,75 \ 581,25].$$

$$m_{10} = [400,29 \ 599,71].$$

$m_{20} = [400,00 \ 600,00]$. 20 meses después, 400 pagan y 600 no pagan.

$m_{30} = [400,00 \ 600,00]$ 30 meses después, 400 pagan y 600 no pagan. En realidad desde el mes 10 los cambios son mínimos o nulos, la morosidad del 60 % o el cumplimiento del 40 % pasan a ser los pronósticos fiscales de largo plazo.

Seguimos con un segundo ejemplo referido a un tomador de decisiones que actualmente desarrolla la estrategia A pero que puede modificar su comportamiento utilizando otras 3 estrategias disponibles (B, C y D).

Su situación actual puede ser representada por la matriz fila $m_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$.

La probabilidad de que siga en el próximo período con la estrategia A es igual a 30%.

La probabilidad de pasar de A a B es 20%, la de A a C es 40% y de A a D es 10%.

Las probabilidades de pasar de B a A, B, C y D son respectivamente 25%, 35%, 10% y 30%. Las de C hacia A, B, C y D son respectivamente 20%, 20%, 35% y 25%. Las de D hacia A, B, C y D son 0,15 0,25 0,4 0,2.

Lo que define una matriz de transiciones igual a P

$$P = \begin{bmatrix} 0,30 & 0,20 & 0,40 & 0,10 \\ 0,25 & 0,35 & 0,15 & 0,30 \\ 0,20 & 0,20 & 0,30 & 0,25 \\ 0,15 & 0,25 & 0,40 & 0,20 \end{bmatrix}$$

En consecuencia, $m_1 = m_0 * P = [0,3 \ 0,2 \ 0,4 \ 0,1]$

$m_{20} = [0,22248 \ 0,24971 \ 0,28268 \ 0,24513]$

$m_{21} = [0,22248 \ 0,24971 \ 0,28268 \ 0,24513]$

Lo que significa que a largo plazo la probabilidad de que el decisor adopte la estrategia A es del orden del 22,2%, la B del 24,9%, la C del 28,2% y la D del 24,5%.

Veamos finalmente un tercer ejemplo referido a opciones tecnológicas.

El 30% de la capacidad instalada utilizada en un sector industrial determinado produce con un nuevo modelo tecnológico A. El 70% restante lo hace con el modelo B. La matriz-fila inicial será igual a $m_0 = [0,3 \ 0,7]$.

La probabilidad de permanencia de A en A es de 70% y la del paso de A a B es de 30%.

La probabilidad de paso de B a A es de 60% y la de permanencia de B en B es de 40%.

$$P = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,6 & 0,4 \end{bmatrix}$$

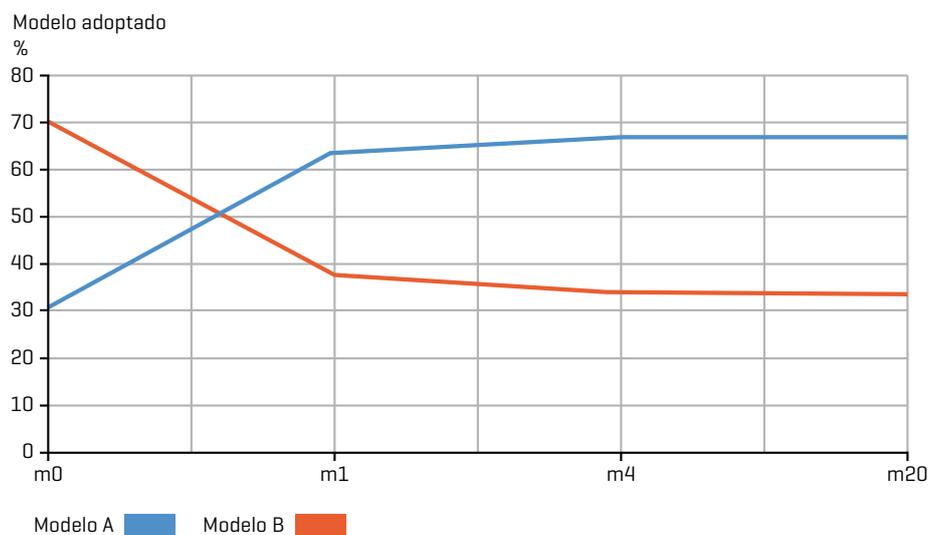
$m_1 = m_0 * p = [0,63 \ 0,37]$

$m_{20} = m_0 * p^{20} = [0,66667 \ 0,33333]$

$m_{21} = [0,66667 \ 0,33333]$

Por consiguiente, la probabilidad de que la industria ocupe a largo plazo su capacidad productiva instalada empleando el modelo tecnológico A es del orden del 66,6% contra el 33,3% de B.

Gráfico 5.2.4-2 Alternativas tecnológicas.



5.3 SIMULACIÓN GENERAL [ANÁLISIS MORFOLÓGICO]

El análisis morfológico constituye el paso ineludible entre los trabajos de conocimiento de la dinámica del sistema y la elaboración de escenarios. Se trata de armar una simulación general cuyo resultado será la elaboración de paquetes coherentes de hipótesis sobre el futuro del sistema.

El esquema es sencillo:

- 1º formulación de grandes interrogantes sobre el futuro del sistema
- 2º construcción de respuestas o hipótesis
- 3º articulación de hipótesis conformando paquetes coherentes de los que luego derivarán núcleos básicos o disparadores de escenarios

5.3.1 INTERROGANTES ESTRATÉGICOS, ANÁLISIS MORFOLÓGICO

A partir de un buen conocimiento del sistema son formulados interrogantes estratégicos sobre su futuro, este será el primer paso de la puesta en marcha del análisis morfológico (proceso de simulación general).

El interrogante puede estar referido a todo el horizonte temporal del ejercicio prospectivo o bien a períodos del mismo. Por ejemplo, en el caso de la evolución de un fenómeno complejo a corto, mediano y largo plazo en épocas turbulentas como la actual donde los espacios caóticos se multiplican, las miradas hacia el corto plazo suelen diferir de manera sustancial no sólo de las de largo plazo sino también respecto de las de plazos intermedios.

Puede estar focalizado en un fenómeno complejo, en una variable o en un conjunto de ellas, en el comportamiento de algún protagonista, en una alianza estratégica entre protagonistas, en alguna interrelación entre los comportamientos de ciertos protagonistas y la evolución de alguna o algunas variables decisivas, en la irrupción de un fenómeno embrionario con alto potencial de desarrollo, del posible retorno de algún fenómeno cultural latente, etc.

¿Cómo elaborar los interrogantes? En primer lugar se trata del trabajo de reflexión interno del equipo de prospectiva. Ese debate puede apoyarse en ciertos casos en algún modelo de simulación sencillo (tanto el modelo KSIM como el APPA pueden ser útiles, en algunas extrapolaciones más o menos sofisticadas de variables individuales o estableciendo correlaciones entre ellas, etc.).

En segundo lugar, acudiendo a la opinión de expertos a los que se les suministrará eventualmente el informe de avance sobre el sistema (ver los puntos 4.2.2.a, 4.2.2.b y 4.2.2.c y 4.5) aunque puede tratarse de la confirmación de un interrogante bien delimitado que no hace necesario ese trámite. Consultas individuales, *brainstorming*, mini-delphis podrán ser desarrollados.

El objetivo es obtener un número no demasiado elevado de interrogantes con el fin de evitar una dispersión de respuestas alternativas que harían muy embrollada la construcción posterior de escenarios, aproximadamente una docena de interrogantes (pueden ser unos pocos más) podría llegar a ser el límite superior.

Los interrogantes pueden ser sintetizados con el fin de ordenar la reflexión del equipo de trabajo pero es siempre conveniente acompañar esas síntesis con desarrollos más extensos que permitan resolver mejor las respuestas.

Un buen ejemplo lo obtenemos de un estudio prospectivo que desarrollamos en 2012 sobre la industria mundial del automóvil en el marco de un contrato de consultoría entre Abeceb y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la nación⁶⁷.

El sector aparecía atravesado por importantes desafíos comerciales y tecnológicos navegando en medio de una coyuntura económica global compleja marcada por la crisis iniciada en 2008. La pérdida de dinamismo de la demanda sectorial por parte de las clases medias de los países de alto desarrollo contrastando con el dinamismo de esos grupos sociales en los países emergentes, la irrupción del automóvil eléctrico o los problemas derivados de la explosión urbana planeaban interrogantes fundamentales.

⁶⁷ MINCyT, "El futuro del sector automotriz en el mundo (2025)", Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires, 2014.

Cuadro 5.3-1 Interrogantes estratégicos acerca del futuro 100 del sector automotriz en el mundo [2012-2025].

INTERROGANTES ESTRATÉGICOS ACERCA DEL FUTURO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN EL MUNDO [2012-2025]	
1º	Contexto macroeconómico global. Características y duración de la crisis iniciada en 2008.
2º	Desarrollo futuro de la clase media mundial.
3º	¿Explosión - bloqueo urbano? Alternativas.
4º	La cuestión energética.
5º	Nuevos jugadores del sector / Mercados & productores (el caso China).
6º	Sobrecapacidad productiva.
7º	Nuevos vehículos según regiones (teniendo en cuenta las distancias).
8º	¿Saturación de los mercados?
9º	Nuevas regulaciones.
10º	Cambios en los sistemas de propulsión en relación a los motores tradicionales.
11º	Evolución de las variables energéticas que determinaría la velocidad con la que se impondría la alternativa eléctrica pura.

5.3.2 ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS

Las respuestas a los interrogantes son hipótesis acerca del futuro. En esta etapa será necesario aplicar una densa batería de técnicas, no existe una fórmula general que resuelva el problema sino una amplia variedad de procedimientos que serán utilizados de manera pragmática. Las técnicas empleadas no producen automáticamente resultados, sino ayudas, estímulos para la reflexión del equipo que deberá finalmente adecuar cifras, matizar comportamientos, etc.

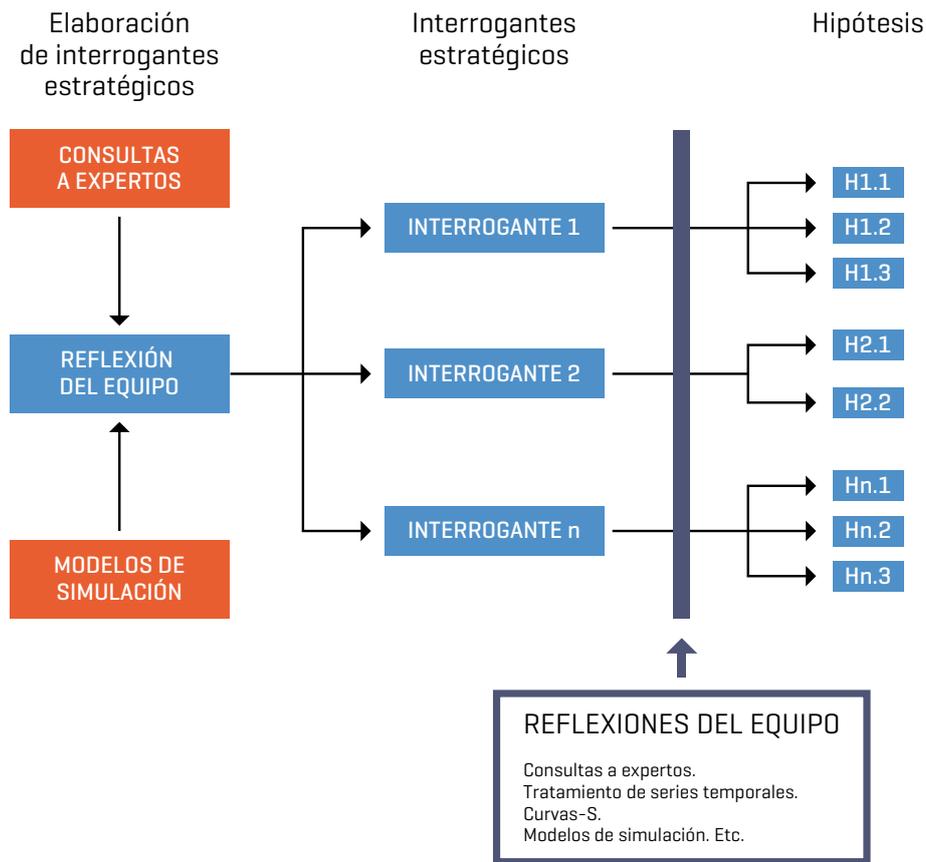
El interrogante puede referirse a la futura evolución de una variable estratégica, en ese caso podría ser utilizada la técnica de tratamiento de series temporales tanto empleando esa sola serie (alisamiento exponencial, promedio móvil, etc.) o bien relacionándola con otra (regresión simple) u otras (regresión múltiple).

A esa primera respuesta se le puede agregar una segunda utilizando algún modelo de simulación (KSIM, APPA u otros) o bien promediando este resultado con el obtenido por medio de tratamientos de series temporales, una tercera respuesta podríamos lograrla a través de consultas a expertos (individual, *brainstorming*, mini-delphi, etc.). Todos estos resultados podrían ser matizados por el equipo de trabajo.

En el caso de un interrogante referido a la futura estrategia de un protagonista, la consulta a expertos sería oportuna al igual que la reflexión del equipo y alguna simulación, por ejemplo utilizando APPA.

También podemos encontrarnos ante un interrogante referido a un fenómeno complejo con identidad propia abarcando variables y protagonistas, no reductible a la simple interacción entre los mismos, por ejemplo, una turbulencia social, una mutación sociocultural, etc. En este caso, la consulta a expertos y la reflexión del equipo de trabajo ayudan a la obtención de respuestas.

Gráfico 5.3.2-1 Interrogantes estratégicos e hipótesis.



En la práctica, el equipo elabora sucesivos “esquemas de hipótesis” hasta finalmente llegar a uno lo suficientemente abarcador y sintético como para cubrir a la totalidad del sistema y su contexto y, al mismo tiempo, ser un instrumento útil en la construcción de paquetes coherentes de hipótesis. A continuación mostramos uno de los esquemas provisionarios de hipótesis elaborado durante el estudio sobre la industria del automóvil ya citado.

Cuadro 5.3.2-1 Interrogantes estratégicos e hipótesis.

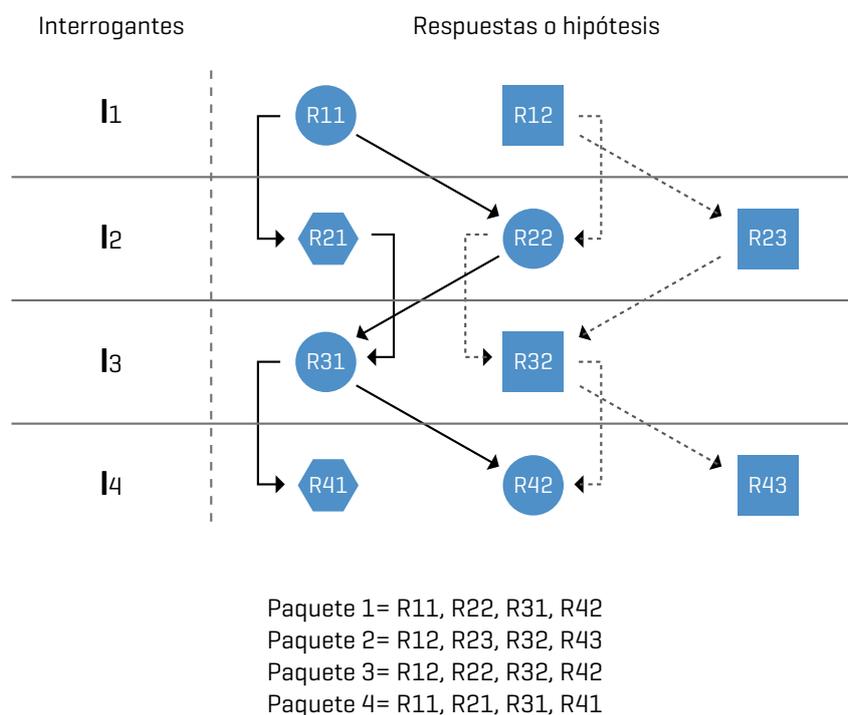
INTERROGANTE ESTRATÉGICO	RESPUESTAS O HIPÓTESIS (ESQUEMA 2)			
	PE: países emergentes / PAD: países de alto desarrollo			
I ₁ Contexto macro global. Duración de la crisis iniciada en 2008	R ₁₁ Crisis global larga, predominio de la depresión de las PAD	R ₁₂ Crisis global corta, predominio a corto plazo de los PE	R ₁₃ Crisis global corta, recuperación rápida de los PAD	
I ₂ Clases medias a nivel global	R ₂₁ Clases medias PE y PAD bien diferenciadas	R ₂₂ Predominio cultural-psicológico de clases medias PAD		
I ₃ ¿Explosión - bloqueo urbano? Alternativas	R ₃₁ Colapsos urbanos periféricos generalizados	R ₃₂ Colapsos urbanos periféricos aislados	R ₃₃ Expansión urbana controlada	
I ₄ La cuestión energética	R ₄₁ Crisis energética próxima	R ₄₂ Crisis energética lejana	R ₄₃ Revolución tecnológica ajena indefinidamente la crisis energética	
I ₅ Nuevos jugadores del sector / Mercados & productores [el caso China]	R ₅₁ Creciente hegemonía de China	R ₅₂ Hegemonía compartida entre China y las potencias tradicionales		
I ₆ Sobrecapacidad productiva	R ₆₁ Estable	R ₆₂ Creciente o estable, alto nivel	R ₆₃ Decreciente o estable, bajo nivel	
I ₇ Nuevos vehículos según regiones [teniendo en cuenta las distancias]	R ₇₁ Diferenciación regional	R ₇₂ Sin diferenciación regional		

I ₈	¿Saturación de los mercados?	R ₈₁ Tendencia fuerte hacia la saturación liderada por los PAD	R ₈₂ Nuevos productos y cambios productivos postergan indefinidamente la saturación		
I ₉	Nuevas regulaciones	R ₉₁ Regulaciones fuertes en los PAD y débiles en los PE	R ₉₂ Avance de las regulaciones a nivel global		
I ₁₀	Cambios en los sistemas de propulsión en relación a los motores tradicionales	R ₁₀₁ Motores térmicos +eficientes, +pequeños, turboalimentados y con menos contaminación	R ₁₀₂ Propulsión eléctrica pura	R ₁₁₃ Vehículos híbridos y microhíbridos	
I ₁₁	Evolución de las variables energéticas que determinaría la velocidad con la que se impondría la alternativa eléctrica pura	R ₁₁₁ Énfasis en baterías de litio	R ₁₁₁ Énfasis en pilas de combustible - base hidrógeno	R ₁₁₃ Énfasis en generadores térmicos para recargar baterías, etc.	R ₁₁₄ Variantes mixtas

5.3.3 CAJA MORFOLÓGICA, CONSTRUCCIÓN DE PAQUETES COHERENTES DE HIPÓTESIS

Como vimos en el caso de la industria automotriz, el análisis morfológico suministra una técnica para el armado de escenarios: a partir de las respuestas estratégicas es construida una caja o espacio morfológico donde cada interrogante estratégico encabeza una fila de respuestas o hipótesis, ello permite tratar gráficamente las distintas combinaciones de hipótesis y armar paquetes que incluyen una hipótesis por interrogante.

Gráfico 5.3.3-1 Caja morfológica.



Luego, es necesario depurar ese conjunto de paquetes eliminando aquellos que manifiestan incoherencias, por ejemplo, una estrategia de aumento del empleo confrontada con una innovación que provoca desempleo masivo. Queda así agrupado un conjunto de “paquetes coherentes” (P₁, P₂, P₃.....P_n).

Tanto la tarea de depuración como la de preparación de los paquetes seleccionados, para que se conviertan en buenos disparadores de escenarios, requieren un intenso trabajo de reflexión del equipo de prospectiva auxiliado eventualmente por expertos externos a lo que se suma una amplia batería de técnicas disponibles, especialmente los modelos de simulación.

6. CONSTRUCCIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS

6.1 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

Tenemos que entender al escenario como a un recorrido temporal posible en el futuro de un sistema complejo que avanza en el tiempo, al mismo tiempo que se va transformando e interactuando con su contexto. No tiene por qué tratarse de un recorrido regular alimentado por cambios graduales (aunque ese tipo de trayectoria suave puede ocurrir en algunos casos).

El primer paso es la transformación de cada uno de los paquetes de hipótesis seleccionados en “disparadores de escenarios”, enriqueciéndolos con adiciones de variables, protagonistas, información sobre interrelaciones entre componentes del sistema, extrapolaciones, etc.

Entonces, parándonos sobre el sistema introducimos un primer disparador y constatamos las modificaciones que se producen en el mismo. En esa tarea puede ser de ayuda la utilización de algún modelo de simulación.

Es necesario avanzar paso a paso, si hemos dividido el período en consideración en dos subperíodos, por ejemplo, 2013-2016 y 2017-2020, será necesario desarrollar el escenario, es decir la trayectoria temporal del sistema, en el primer sub-período introduciendo cambios año por año o semestre por semestre, realizando transformaciones graduales en el sistema a lo largo del recorrido. Puede resultar necesario, en ciertos casos, realizar una revisión completa del sistema transformado al final del primer período y allí nuevamente formular interrogantes estratégicos y sus correspondientes respuestas para luego volver a emprender la marcha hacia 2020.

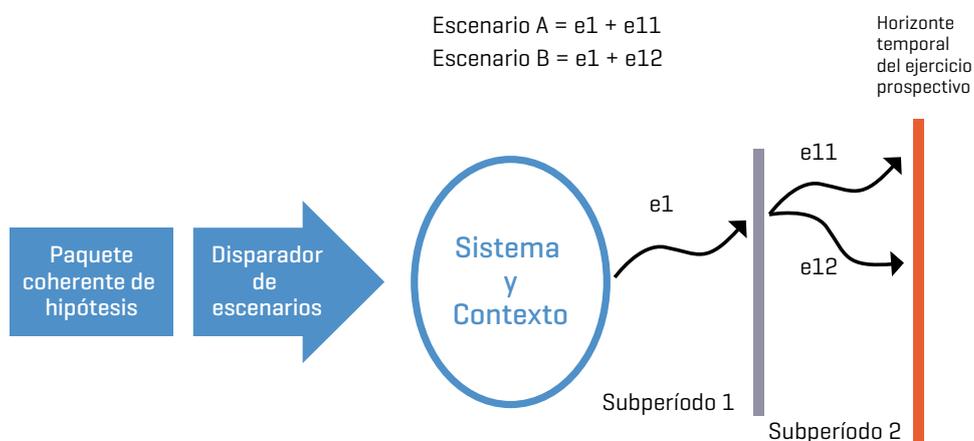
No existe una fórmula general para la realización de esos cortes temporales, ello dependerá de la naturaleza del proceso evaluado, de las rupturas potenciales detectadas, etc.

Puede ser que en ciertos casos al desarrollar la interacción “disparador-sistema” lleguemos a la conclusión de que las transformaciones del sistema derivan en situaciones incoherentes. Ello nos llevará a realizar sobre la marcha algunas depuraciones del disparador.

También tenemos que tomar en consideración la posibilidad de fusionar escenarios, apenas iniciado el recorrido temporal o en algún otro momento del mismo o incluso anular un escenario al llegar al final de un subperíodo.

Obtendremos así un conjunto de recorridos temporales del sistema (escenarios), una suerte de *films* con el mayor nivel de detalle posible (datos cuantitativos, panoramas de fenómenos complejos, etc.).

Gráfico 6.1-1 Hipótesis, disparador, sistema, escenarios.



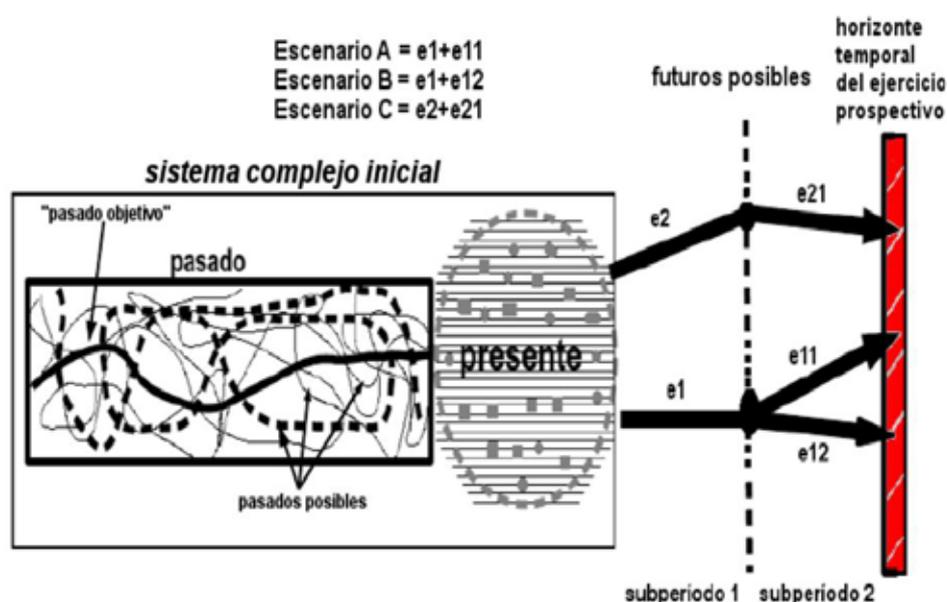
Finalmente, se nos presenta el conjunto del ejercicio prospectivo incluyendo al sistema complejo inicial con su abanico de pasados (el pasado objetivo y diversos pasados posibles), su presente y sus escenarios futuros.

¿Cuántos escenarios?, no existe una regla al respecto. Pocos escenarios reducen la riqueza de lo producido pero su sobreabundancia genera confusión en un ejercicio destinado a la toma de decisiones estratégicas. Por general cuatro o cinco escenarios puede ser una buena medida aunque nunca está dicha la última palabra.

Cada escenario debe contener la mayor cantidad de información que sea posible pero expresada de manera clara, con síntesis de comportamientos de protagonistas, variables y fenómenos complejos, señalando las grandes orientaciones del sistema, presentando un conjunto de datos que permitan al tomador de decisiones disponer de un instrumento flexible, fácil de corregir en el futuro, apto para recibir más adelante nuevos aportes de la realidad. Ello facilitará sucesivas actualizaciones y adaptaciones a cambios en el contexto sobre los que el decididor no puede incidir pero que puede utilizar para fortalecer sus objetivos.

A diferencia de la previsión, -y en cierto sentido también respecto de la prospectiva clásica,- la prospectiva de sistemas complejos, o "prospectiva de segunda generación", es un instrumento eficaz para la planificación flexible y participativa.

Gráfico 6.1-2 Despliegue del ejercicio prospectivo.



Ya vimos el ejemplo del sector automotriz, un segundo caso, esta vez referido a un tema de prospectiva territorial, puede sernos útil. Se trata de un ejercicio prospectivo focalizado en el área metropolitana de Córdoba realizado durante 2014 y 2015 con un horizonte temporal extendido hasta el año 2025⁶⁸.

Durante los trabajos fue desarrollada una "Caja Morfológica" que incluía 12 interrogantes estratégicos con sus respectivas respuestas o hipótesis.

Los interrogantes y sus respuestas o hipótesis fueron desarrollados de manera extensa sin ahorrar detalles. A continuación suministramos una síntesis que puede ilustrar el ejercicio.

68 Beinstein Jorge, "Proyecto Prospectiva territorial para el área metropolitana de Córdoba", ADEC, Córdoba, 2014.

LISTA DE INTERROGANTES E HIPÓTESIS.

I₁ (interrogante 1): cambios económicos y geopolíticos globales.

H_{1,1} (Hipótesis 1 del interrogante 1): prolongación de la situación económica actual - equilibrios inestables. Se mantienen bajos niveles de crecimiento de la economía global con los países de alto desarrollo tradicionales oscilando entre crecimientos anémicos, estancamientos y algunas caídas recesivas mientras que los emergentes crecen a tasas más altas pero inferiores a las tasas elevadas del pasado.

H_{2,1}: Ampliación de la crisis. Deterioro creciente de la economía global que se profundiza en los países de alto desarrollo tradicionales y arrastra a los emergentes, se suceden las caídas recesivas algunas regionales o nacionales y otras globales.

H_{3,1}: Recomposición global a través de las potencias emergentes.

I₂: precios internacionales de las *commodities* agrícolas.

H_{1,2}: Los precios de las *commodities* agrícolas siguen su marcha ascendente de largo plazo con períodos más o menos breves de estancamiento.

H_{2,2}: Los precios de las *commodities* agrícolas ascienden en el largo plazo pero de manera desordenada (volatilidad ascendente de los mercados).

I₃: el futuro económico-comercial del grupo BRICS principalmente de China y su impacto sobre las relaciones argentino-chinas.

H_{1,3}: Ascenso ordenado de China.

H_{2,3}: China sumergida en la crisis global.

I₄: el futuro del Mercosur y de la Unasur principalmente de Brasil focalizado en las relaciones argentino-brasileñas.

H_{1,4}: Estancamiento económico de Brasil.

H_{2,4}: Brasil sigue creciendo.

I₅: los Estados Unidos, la evolución de su economía y de su política global principalmente su impacto sobre América Latina con énfasis en el caso argentino.

H_{1,5}: Prolongación de la declinación económica de los Estados Unidos con graves perturbaciones geopolíticas, gradualmente se afirma la hegemonía global de las potencias euroasiáticas.

H_{2,5}: Empate-desestabilizador-global, no se recompone la economía estadounidense ni emerge la hegemonía eurasiática, predominan el estancamiento económico general y el desorden geopolítico.

H_{3,5}: Prevalece la hegemonía global de los Estados Unidos.

I₆: sustentabilidad del crecimiento económico argentino.

H_{1,6}: Fin del crecimiento fuerte, las exportaciones no levantan vuelo, lo que no es compensado por el mercado interno.

H_{2,6}: Crecimiento a tasas bajas, el estancamiento o contracción del mercado interno es compensado por un desarrollo significativo de las exportaciones de *commodities* y de algunos rubros industriales.

H_{3,6}: Tasas de crecimiento más elevadas que en el caso anterior sin llegar a los niveles de mediados de la primera década del siglo. Aplicación de políticas mercadointernistas keynesianas que compensan el estancamiento o débil expansión de las exportaciones o bien son combinadas con estrategias exportadoras exitosas.

H_{4,6}: Tasas de crecimiento similares a las de la hipótesis anterior. Combinación de estrategias comerciales exitosas con políticas keynesianas más suaves.

I₇: el futuro de la industria automotriz de Córdoba.

H_{1,7}: Caída muy fuerte de las exportaciones a Brasil e imposibilidad de compensar dicha pérdida por medio de la expansión del mercado interno o la conquista de algún/os nuevo/s mercado/s externo/s.

H_{2,7}: Caída inicial muy fuerte de las exportaciones a Brasil en parte compensadas más adelante con nuevos productos (automóviles y autopartes) ganando espacios internos y nuevos mercados externos gracias a nuevos emprendimientos y a transformaciones tecnológicas.

H_{3,7}: Es posible visualizar un complejo abanico de alternativas intermedias o combinadas entre ambas hipótesis.

I₈: la evolución del sector social “vulnerable” en el Área Metropolitana de Córdoba (AMC).

H_{1,8}: Más de lo mismo, marginalidad crónica y políticas públicas de contención, se eterniza un sistema social dual (marginados vs integrados).

H_{2,8}: Integración social y productiva de los vulnerables.

I₉: infraestructura del AMC.

H_{1,9}: Más de lo mismo. Avances parciales de alcance limitado.

H_{2,9}: Aplicación de programas concertados (gobierno provincial y municipios del AMC) de desarrollo de infraestructura cloacal y de suministro de agua potable apoyados en fondos especiales. El problema del transporte es resuelto a partir de tres alternativas:

- 1 Interconexión entre colectivos del conurbano de la ciudad de Córdoba y colectivos de la ciudad evitando así superposiciones de trayectos.
- 2 Construcción del subterráneo de la ciudad.
- 3 Construcción de un subsistema de trenes interurbanos. Tanto en el tema del subterráneo como en el de los trenes, los proyectos se concretan en cooperación con empresas chinas.

I₁₀: capacidad de adaptación e innovación de los empresarios del AMC.

H_{1,10}: Esfuerzo concertado entre el Estado (administraciones públicas, nacional, provincial y municipales), las cámaras empresarias, los sistemas educativo y de I+D, los sindicatos, destinado a dinamizar a las empresas del AMC.

H_{2,10}: Más de lo mismo. No se producen cambios significativos del panorama actual caracterizado por concertaciones débiles entre estado, empresas y subsistemas de educación e I+D.

I₁₁: futuro del sistema educativo y científico-tecnológico del AMC.

H_{1,11}: Las mejoras en la UNC experimentadas desde mediados de la década pasada combinadas con progresos en el mismo sentido del subsistema de I+D, siguen avanzando y se articulan con una depuración positiva del subsistema universitario privado. El subsistema educativo primario-secundario-terciario público y privado mejora su desarrollo. El gasto público en educación e I+D nacional y provincial prosigue la marcha ascendente iniciada en la primera década del siglo. Progresos importantes en la articulación entre sistema educativo y de I+D, estado y empresas. El sistema universitario y de I+D de Córdoba se benefician del progreso de captación de talentos externos atraídos por las buenas condiciones locales.

H_{2,11}: Caen los presupuestos educativo y de I+D. Se relajan los controles públicos sobre la calidad educativa pública y privada.

Recomienza el proceso de fuga de cerebros. No se producen avances importantes en la articulación entre los subsistemas educativo y de I+D y las empresas. El subsistema de enseñanza privada pierde calidad, predomina la dinámica de “negocios rápidos” en detrimento del nivel docente.

I₁₂: evolución futura de las administraciones públicas, provincial y municipales, del AMC.

H_{1,12}: Predomina la visión del estado como regulador económico apuntado prioritariamente al crecimiento económico y a la inclusión social. Se mantiene a nivel nacional el actual ritmo de crecimiento del gasto público (se mantiene o aumenta la proporción entre gasto público y PBI),

las administraciones provincial y municipales de Córdoba siguen esta orientación general. No se producen mejoras significativas en la gestión administrativa.

H_{2.12}: Igual que en H1.12 pero son realizadas transformaciones de fondo en las administraciones públicas (mejoras sustanciales en la eficacia administrativa, formación técnica del personal, desarrollo de mecanismos de control social de las administraciones, etc.).

H_{3.12}: Retorno al esquema neoliberal, la prioridad es el control de la inflación y la seguridad. El estado debe facilitar el libre funcionamiento del mercado. Reducción del gasto público. Tercerización (privatización) de funciones públicas.

La “caja morfológica” presentada a continuación sintetiza la presentación de interrogantes estratégicos y respuestas (hipótesis). A cada interrogante estratégico le corresponde un grupo de hipótesis, por ejemplo, al interrogante 5 les corresponden las respuestas o hipótesis H1.5, H2.5 y H3.5.

Cuadro 6.1-1 Ejemplo de caja morfológica.

INTERROGANTES ESTRATEGICOS	HIPÓTESIS			
Interrogante 1	H 1.1	H 2.1	H 3.1	
Interrogante 2	H 1.2	H 2.2		
Interrogante 3	H 1.3	H 2.3		
Interrogante 4	H 1.4	H 2.4		
Interrogante 5	H 1.5	H 2.5	H 3.5	
Interrogante 6	H 1.6	H 2.6	H 3.6	H 4.6
Interrogante 7	H 1.7	H 2.7		
Interrogante 8	H 1.8	H 2.8		
Interrogante 9	H 1.9	H 2.9		
Interrogante 10	H 1.10	H 2.10		
Interrogante 11	H 1.11	H 2.11		
Interrogante 12	H 1.12	H 2.12	H 3.12	

En teoría, tomando una hipótesis de cada fila (marcada por un interrogante) estaríamos habilitados para desarrollar varios miles de combinaciones posibles⁶⁹ aunque en la práctica, la avalancha potencial de combinaciones puede ser reducida rápidamente hasta llegar a un pequeño grupo de paquetes. Por ejemplo, tomando como punto de partida alguna de la hipótesis de la primera fila encontraremos incompatibilidades en las filas siguientes, lo que restringe drásticamente el número de combinaciones viables. Además del procedimiento de “eliminación por incompatibilidad” puede ser utilizado el de “selección de los más compatibles” o de “las más probables”, en ciertos casos es recomendable una última reducción mediante la selección de los más deseables en el caso en que el protagonista-decididor disponga de una significativa capacidad de maniobra.

Estos procedimientos no excluyen otros derivados de la especificidad del ejercicio prospectivo emprendido. Existen *software* que ayudan a realizar algunos de estos procedimientos, por ejemplo, el programa “Morphol” elaborado por el laboratorio de prospectiva Lipsor desde donde puede ser descargado gratuitamente: (<http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Descarga-de-aplicaciones.html>).

También es importante destacar la existencia de la “*Swedish Morphological Society*” (<http://www.swemorph.com/>) que ofrece el *software* “MA/Carma”.

De todos modos, la experiencia nos enseña que la reflexión del equipo, con mucho trabajo manual incluido, permite un trabajo más riguroso y que muchas veces buscando ahorrar tiempo son dejadas fuera de la evaluación alternativas de gran importancia.

De la “caja morfológica” señalada es posible extraer el siguiente paquete de hipótesis que permitió desarrollar uno de los principales escenarios del ejercicio.

⁶⁹ Una caja de 10 interrogantes con 2 hipótesis para cada uno de ellos implicaría teóricamente $210 = 1024$ combinaciones posibles de hipótesis.

Gráfico 6.1-3 Caja morfológica - selección del paquete A.

INTERROGANTES ESTRATEGICOS	HIPÓTESIS			
Interrogante 1	H 1.1	H 2.1	H 3.1	
Interrogante 2	H 1.2	H 2.2		
Interrogante 3	H 1.3	H 2.3		
Interrogante 4	H 1.4	H 2.4		
Interrogante 5	H 1.5	H 2.5	H 3.5	
Interrogante 6	H 1.6	H 2.6	H 3.6	H 4.6
Interrogante 7	H 1.7	H 2.7		
Interrogante 8	H 1.8	H 2.8		
Interrogante 9	H 1.9	H 2.9		
Interrogante 10	H 1.10	H 2.10		
Interrogante 11	H 1.11	H 2.11		
Interrogante 12	H 1.12	H 2.12	H 3.12	

El paquete A incluye el siguiente grupo de hipótesis:

(H_{3.1}- H_{1.2}- H_{1.3}- H_{2.4}- H_{1.5}- H_{3.6}- H_{2.7}- H_{2.8}- H_{2.9}- H_{1.10}- H_{1.11}- H_{2.12})

QUE PUEDE SER LEÍDO COMO:

H_{3.1} = Recomposición económica y geopolítica global liderada por las potencias emergentes.

H_{1.2} = Los precios internacionales de las *commodities* agrícolas siguen subiendo junto al conjunto de *commodities* (energéticas, mineras), en consecuencia se apacigua el desorden actual.

H_{1.3} = Ascenso ordenado de China que otorga estabilidad al BRICS operando como factor multiplicador de las relaciones económicas y políticas al interior del grupo y de este con el resto del mundo.

H_{2.4} = Brasil sigue creciendo, las malas o flojas performances de la economía brasileña durante 2012-2013-2014 comienzan a ser superadas desde 2015 dinamizando a su retaguardia estratégica: la integración latinoamericana.

H_{1.5} = Prolongación de la declinación económica de los Estados Unidos, las perturbaciones geopolíticas se van apaciguando durante los próximos diez años. Gradual extinción de la hegemonía del dólar y declinación de su base financiera.

H_{3.6} = Argentina experimenta un crecimiento económico sostenido (que de todos modos no llega a los niveles de mediados de la primera década del siglo) con una fuerte dosis de integración social debido a la aplicación de políticas mercadointernistas keynesianas que, en algunos años, compensan el estancamiento o débil expansión de las exportaciones y, en otros convergen con estrategias exportadoras exitosas.

H_{2.7} = El complejo industrial automotriz de Córdoba se ve afectado por una caída inicial muy fuerte de las exportaciones a Brasil más adelante compensadas con nuevos productos (automóviles y autopartes) ganando espacios internos y nuevos mercados externos gracias a emprendimientos y transformaciones tecnológicas impulsadas por el estado y las empresas del sector.

H_{2.8} = Integración social y productiva de los vulnerables. Aplicación de una estrategia de amplio espectro en base a un plan común entre el Gobierno Nacional, el Gobierno Provincial y los Gobiernos Municipales del AMC.

H_{2.9} = Aplicación de programas concertados de desarrollo de infraestructura cloacal y de suministro de agua potable apoyados en fondos especiales. Racionalización y desarrollo del sistema de transportes (colectivos, subterráneo, trenes urbanos).

H_{1.10} = Esfuerzo concertado entre las administraciones públicas, las cámaras empresarias, los

sistemas educativos y de I+D, los sindicatos y las organizaciones especiales consagradas al tema destinado a dinamizar a las empresas del AMC.

H_{1,11} = Mejoras en el subsistema universitario público y privado y de I+D (calidad educativa, I+D, lazos con el sistema productivo) y en el subsistema educativo primario, secundario, terciario público y privado.

H_{2,12} = Estado regulador apuntado al crecimiento económico y a la integración productiva de los sectores marginales. Se mantiene o aumenta la proporción entre gasto público y PBI a nivel nacional, provincial y de los municipios del AMC. Transformaciones de fondo en las administraciones públicas.

El paquete permitió realizar un proceso de reflexión durante el cual fueron agregados matices, datos duros y otros elementos; el resultado fue un disparador y luego, en ese caso, un esquema general que describía las grandes transformaciones y persistencias del período prospectivo (horizonte) considerado.

La etapa final fue la construcción de trayectorias temporales detalladas del sistema (escenarios). Supongamos un horizonte de diez años, podríamos dividirlo de la manera más conveniente (10 subperíodos anuales, dos subperíodos quinquenales, un primer recorrido armado con cuatro períodos anuales seguido por otro de 6 años, etc.).

Un buen criterio de corte del período en sub-períodos es el de la continuidad de los cambios o las persistencias; un salto cualitativo, el inicio de una transformación importante fuerte debería marcar el comienzo de un nuevo sub-período.

Un criterio cada vez más presente, sobre todo en los horizontes temporales muy largos, es el corte entre sub-períodos cercanos (relativamente previsibles) y lejanos (de previsibilidad incierta). La crecientes turbulencias del contexto global, la volatilidad ascendente en mercados decisivos como el de las *commodities*, la gran fragilidad de estructuras sólidas en el pasado -pero que ahora muestran una alta sensibilidad ante impactos de diferente magnitud y que han llevado a reflexiones en torno de la teoría del caos- obligan, en la realización de ejercicios prospectivos, a diferenciar entre futuros claros, de configuración visible, y otros muy borrosos plagados de rupturas posibles. Esto no significa que esos futuros opacos deban ser descartados limitándonos a pronósticos de corto y mediano plazo sino que debemos redoblar el esfuerzo prospectivo, el detallismo en los plazos seguros con el fin de crear plataformas que permitan al planificador avanzar sobre territorios mejor conocidos para continuar en el tiempo adentrándose con gran prudencia en espacios de difícil aprehensión.

Un buen ejemplo de ello son los horizontes globales marcados por cambios posibles de hegemonías (por ejemplo, Eurasia vs. Occidente) emergencias aparentemente irresistibles pero con posibles fragilidades a evaluar.

Otro ejemplo es el del tema energético donde los reemplazos de componentes tradicionales, como el petróleo convencional por otros productos, dependen de numerosas variables, varias de ellas de trayectoria muy incierta tanto del lado de la oferta como de la demanda, del ritmo de ciertos avances tecnológicos, de la intervención de protagonistas (gobiernos, especuladores financieros, etc.) cuyo comportamiento escapa en muchos casos a esquemas racionales (donde la racionalidad en su sentido más amplio es reemplazada por una racionalidad instrumental sesgada por el corto plazo).

6.2 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS

El ejercicio prospectivo puede concluir con la presentación de un grupo selecto de escenarios. La misma constituye una contribución importante para la toma de decisiones ya que brinda un abanico de alternativas que conforman un espacio futuro amplio permitiendo planificaciones más flexibles.

Los planificadores podrán utilizar el insumo prospectivo para elaborar sus estrategias, programas y proyectos. Una contribución adicional del equipo de prospectiva es la entrega de algún tipo de jerarquización de los escenarios apoyando así la construcción racional del plan estratégico. No existe ni debería existir una jerarquización que imponga a tal o cual escenario como prioritario, los planificadores tienen siempre la última palabra.

Un método de jerarquización consiste en ordenar los escenarios según diversas combinaciones de criterios empleados habitualmente por quienes toman las decisiones (funcionarios públicos, empresarios, cooperativistas, comunidades, etc.) o impuestos por fuerzas que los desbordan.

Supongamos tres escenarios (A, B y C) y tres criterios (c1, c2 y c3) que utilizarán los planificadores para elaborar las decisiones estratégicas. Una técnica sencilla consiste en otorgar pesos relativos a los criterios, luego según cada criterio otorgar pesos relativos a los escenarios. Quedarán así conformadas dos matrices: una matriz fila de criterios, tal que $\sum c_i = 10$ (con $i = 1, 2$ y 3) y una matriz de cuadrada (3 x3) donde $A1+B1+C1 = 10$ (los escenarios evaluados según c1), etc. La normalización a 10 en ambos casos puede ser cambiada por otra a 100 o a 1 o a 1000...etc.

El resultado de multiplicar la matriz fila por la matriz rectangular serán tres valores vA, vB y vC que nos indicarán el orden jerárquico de los escenarios.

Es necesario aclarar que si bien el resultado de la jerarquización es una serie de valores cuantitativos, lo que le otorga una imagen de objetividad, los criterios y el peso relativo de los mismos tiene una fuerte carga subjetiva. Variaciones en los pesos relativos modifican la jerarquía inicial.

En ese sentido, un buen camino es el de establecer márgenes de variación posible de los pesos relativos (entre criterios y entre escenarios según cada criterio) lo que a su vez implica el establecimiento de márgenes de variación de la importancia relativa de cada escenario.

En el ejemplo siguiente tenemos pesos relativos iniciales de los criterios, a saber:

$$C1 = 2, C2=5 \text{ y } C3=3$$

Y luego los pesos relativos de cada escenario según cada criterio:

Según C1---> A=3, B=2 y C=5

Según C2---> A=2, B=2 y C=6

Según C3---> A=1, B=5 y C=4

Gráfico 6.2-1 Jerarquización de escenarios.

Tres escenarios → A, B y C

Tres criterios → c1, c2 y c3 con $c1 = 2, c2 = 5 \text{ y } c3 = 3$ [$c1 + c2 + c3 = 10$]

	A	B	C	Total
Según c1	3	2	5	10
Según c2	2	2	6	10
Según c3	1	5	4	10

$$| 2, 5, 3 | \times \begin{vmatrix} A & B & C \\ 3 & 2 & 5 \\ 2 & 2 & 6 \\ 1 & 5 & 4 \end{vmatrix} = \begin{matrix} \text{vA} & \text{vB} & \text{vC} \\ \textcircled{19} & \textcircled{29} & \textcircled{52} \\ 3^{\circ} & 2^{\circ} & 1^{\circ} \end{matrix}$$

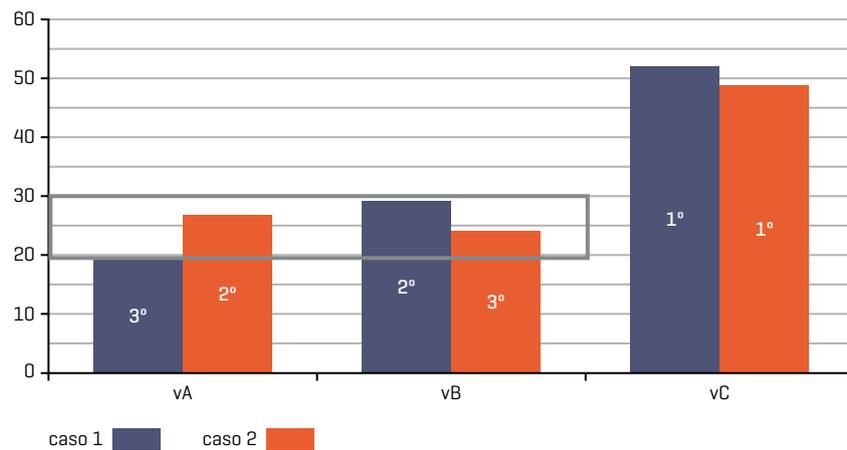
Pero si hacemos variar el peso de los criterios, por ejemplo:

$$C1=5, C2=2 \text{ y } C3=3$$

Y también hacemos variar el peso de los escenarios según el criterio C1, por ejemplo:

Según C1---> A=4, B=1 y C=5 entonces la nueva jerarquía será: vA=27, vB=24 y vC=49.

Gráfico 6.2-2 Jerarquización de escenarios según los pesos relativos de los criterios.



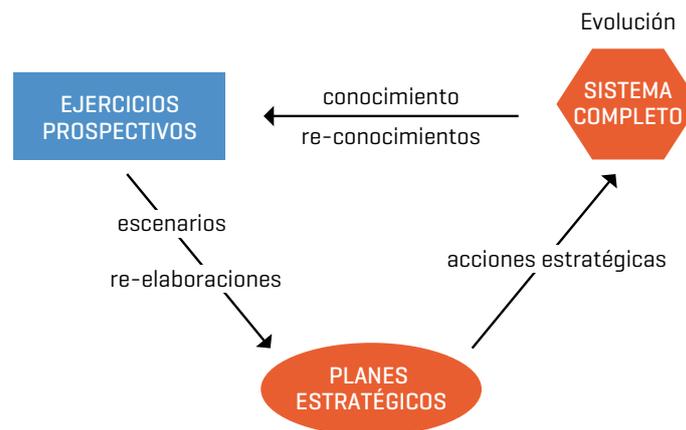
7. PROSPECTIVA Y TOMA DE DECISIONES

7.1 MACRO Y MICROPROSPECTIVA, MACRO Y MICROPLANIFICACIÓN

La toma de decisiones estratégicas es el paso siguiente al ejercicio prospectivo, la secuencia fue planteada en los orígenes de la disciplina y existe una abundante bibliografía al respecto. La diversidad de futuros posibles planteada por la prospectiva clásica sugería una planificación estratégica flexible capaz de recomponer el camino sobre la marcha manteniendo siempre una mirada muy amplia sobre el futuro.

Así como la prospectiva clásica se apoyaba en la construcción de sistemas relativamente simples, la prospectiva de segunda generación basada en la elaboración de sistemas complejos presta especial atención a las especificidades de los subsistemas incluidos, sus expresiones cualitativas, sus latencias, sus heterogeneidades y, en consecuencia, sugiere tomas de decisiones, estrategias de mayor complejidad. Prospectiva y estrategia pasan entonces a formar parte de un solo instrumento de acción que va orientando su trayectoria a través del reconocimiento (prospectivo) permanente de la realidad cambiante.

Gráfico 7.1-1 Prospectiva y planes estratégicos.



La realización de un ejercicio prospectivo requiere trabajar no sólo con el sistema objeto de evaluación sino también con su contexto, es decir, con componentes que forman parte de un sistema mayor o metasistema que lo incluye, por otra parte dicho sistema incluye sistemas menores o subsistemas. El metasistema no sobredetermina completamente al sistema, que dispone de espacios de libertad, de autonomía que no son absolutos sino condicionados por factores superiores. Este juego de sobredeterminaciones y autonomías se reproduce en los niveles de menor dimensión, subsistemas de distinta magnitud hasta llegar a microsistemas: pequeños grupos sociales que toman decisiones.

En resumen, si la existencia del metasistema no excluye la posibilidad de realización del ejercicio prospectivo del macrosistema sino que le agrega una mayor complejidad, tampoco queda excluida la posibilidad de

evaluar la dinámica de microsistemas y, en consecuencia, la realización de estudios de microprospectiva, potenciales insumos de procesos de microplanificación.

Hace más de dos décadas la CEPAL señalaba la necesidad de desarrollar “la microplanificación como un instrumento de planificación del desarrollo urbano local, apto para ser utilizado por los administradores y gestores locales (definido como) método destinado a descubrir en el sitio maneras lógicas de ejecutar y planificar, así como a fomentar la capacidad de las instituciones locales para actuar”⁷⁰.

Más recientemente la FAO se refería a la importancia de la planificación microrregional como un mecanismo sumamente valioso en el desarrollo de relaciones horizontales, descentralizadoras, capaces de corregir las deformaciones de los grandes procesos de planificación⁷¹.

Pero la microplanificación, y en consecuencia la microprospectiva, no se reducen al ámbito de la planificación territorial a pequeña escala sino que demuestran su utilidad en un amplio abanico de actividades industriales, comerciales, culturales, científicas y tecnológicas, deportivas, etc. Una pequeña empresa industrial, por ejemplo, puede (debe) planificar su desarrollo atenta a su especificidad, su dinámica interna, su mercado, sus innovaciones posibles, factores de su contexto inmediato y más lejanos, etc., elaborando escenarios alternativos que le permitan elegir de manera racional sus actividades futuras. No es muy diferente la situación de un laboratorio consagrado a la investigación tecnológica o de un grupo confrontado a la necesidad de innovar. Existen métodos propios de la microprospectiva como la psicología de grupos, la microhistoria o determinadas técnicas de participación social (ver más arriba el punto 2.7.10: “Microprospectiva”) así como son conocidas las técnicas usuales en macroprospectiva.

7.2 PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA EN UN CONTEXTO TURBULENTO

La prospectiva clásica, sobre todo en su etapa inicial, limitaba su alcance a los grandes temas y al largo plazo: horizontes de veinte, treinta años o más y macro o mega procesos sociales: la industria de Canadá en los próximos veinte años, la evolución de la agricultura global en el próximo medio siglo, el panorama energético mundial hacia los próximos veinte años.

La prospectiva de segunda generación incluye a los grandes temas y a los largos plazos pero también toma en consideración al corto y mediano plazo y a temas aparentemente sin dimensión significativa.

El trabajo con escenarios de corto plazo resulta de gran importancia en una época como la actual marcada por cambios rápidos y transformaciones radicales de la configuración global. La estabilidad de los grandes sistemas se ve afectada por modificaciones de diferente magnitud que en otras épocas habrían sido consideradas insignificantes. Nos encontramos ante sistemas hipersensibles ante condicionamientos, impactos de todo tipo, como lo enseña la teoría del caos (ver más arriba el punto 2.7.5: Teoría del caos). La sensibilidad ante los condicionantes iniciales de un fenómeno no anula su previsibilidad sino que la hacen más compleja pero posible.

La reproducción social de grandes, medianas o pequeñas dimensiones, enfocada hacia el corto, mediano o largo plazo aparece a comienzos del siglo XXI marcada por fuertes turbulencias. Ciclos de diferente edad van convergiendo hacia puntos de encuentro y probablemente de inflexión, de ruptura, que es necesario pronosticar y así evitar males y aprovechar posibilidades de progreso.

Un buen ejemplo de ello es el del caso de las *commodities*: en la década pasada reinaba entre los exportadores de esos bienes un optimismo exagerado basado en lo que parecía ser el ascenso indefinido de sus precios, que algunos atribuían al motor energético con las cotizaciones del barril de petróleo en permanente alza. Evaluaciones menos simplistas ingresando en la complejidad de sistemas donde se combinaban factores productivos, financieros, geopolíticos, etc., le ponían paños fríos a esa euforia y desarrollaban escenarios más prudentes. En el año 2015 ocurre lo contrario, no faltan quienes ven precios deprimidos hacia el largo plazo pero análisis más finos muestran la creciente volatilidad de esos mercados (ver más arriba el punto 2.7.2: Sistemas complejos, gráfico 2.7.2-2 “Volatilidad del precio del petróleo”).

Precisamente, cuando el futuro aparece como una realidad difícil de entender es cuando es más necesario que nunca afinar el instrumental prospectivo para poder aprehenderla.

“Ningún viento es favorable para quien no sabe hacia dónde va”.

Séneca

⁷⁰ CEPAL, “La microplanificación: un método de planificación local con participación comunitaria”, Cepal, LC/R.1272, Mayo de 1993.

⁷¹ Schmidt-Kallert Einhard, “A short introduction to Micro-Regional Planning”, FAO, Budapest, 2005.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTOINE, Jacques.** "Pour une prospective de deuxième âge". En revista *Futuribles*, Juillet-Août 1988.
- ANZIEU, Didier.** "El grupo y el inconsciente. Lo imaginario grupal". Biblioteca Nueva, Madrid, 1986.
- BAREL, Yves.** "La reproducción social. Systèmes vivants, invariance et changement". Éditions Anthropos, París, 1973.
- BEINSTEIN, Jorge.** "Esperando inútilmente al quinto Kondretieff". *Revista El Viejo Topo*, nº 253, Barcelona, febrero de 2009.
- BEINSTEIN, Jorge.** "Prospectiva tecnológica". *Cuaderno tecnológico N° 4*, INTI-Unión Europea, Noviembre de 2013.
- BEINSTEIN, Jorge.** "Megaturbulencias, aceleración del cambio tecnológico y crisis de la prospectiva. Promesas de la microprospectiva". "Expert Meeting on Technology, Assesment, Monitoring and Forecasting", United Nations, París, 1993.
- BEINSTEIN, Jorge.** "Proyecto Prospectiva territorial para el área metropolitana de Córdoba" Informe final. ADEC, Córdoba, 2014.
- BERGER, Gastón.** "Phénoménologie du temps et prospective". Presses Universitaires de France, París, 1964.
- BERGSON, Henri.** "La pensée et le mouvant". Presses Universitaires de France, París, 1969.
- BERGSON, Henri.** "Essai sur les données immédiates de la conscience". Presses Universitaires de France, París, 2013.
- BLOCH, Raymond.** "La divination dans l'Antiquité". Presses Universitaires de France, París, 1984.
- BRAUDEL, Fernand.** "Civilisation matérielle, Economie et Capitalisme", tome 3. Armand Colin, París, 1979.
- CEPAL.** "La microplanificación: un método de planificación local con participación comunitaria". Cepal, LC/R.1272, mayo de 1993.
- CHARBIT, Françoise.** "Prospective technologique et management de la recherche, Séminaire Ressources Technologiques et Innovation". École de Paris du management, París 1999. Disponible en: <http://ecole.org/en/seances/RT25>
- CHRISTENSEN, Clayton M. & BOWER, Joseph.** "Disruptive Technologies: Catching the Wave". *Harvard Business Review*, January 1995. Disponible en: <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>
- CHRISTENSEN, Clayton M.** "The Innovator's Dilema". *Harvard Business School Press*, Boston, Massachusetts, 1997.
- COCKBURN, Andrew.** "Kill Chain: The Rise of the High-Tech Assassins", *Harper's magazine*, 2015.
- COMMITTEE ON FORECASTING FUTURE DISRUPTIVE TECHNOLOGIES;** National Research Council. "Persistent Forecasting of Disruptive Technologies". National Academy of Sciences, 2009.
- DA COSTA, Shaun.** "When Economist get it wrong. The worst economic predictions of all time". June 30 2013. Disponible en: <https://shaundacosta.wordpress.com/2013/06/30/when-economists-get-it-wrong-the-worst-economic-predictions-of-all-time/>
- DÉCOUFLÉ, Alain.** "Traité élémentaire de prévision et de prospective". Presses Universitaires de France, París, 1978.
- DELEUZE, Gilles.** "Lógica del sentido". Paidós, Buenos Aires, 1989.
- EDELSON, Larry.** "Cycles of War and Peace". *Weiss Research*, April 2010.
- ELLIOT, Jaques.** "La forma del tiempo". Paidós, Buenos Aires, 1984.
- ENGELS, Friedrich.** "Anti-Dühring". Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1960. Versión digitalizada: <https://www.marxists.org/espanol/m-e/1870s/anti-duhring/>
- FISHER, J. C., & PRY, R.** "A Simple Substitution Model for Technological Change". *Technology Forecasting and Social Change*, Vol.3, pp. 75-78, 1971.
- FREUD, Sigmund.** "Moisés y la religión monoteísta". Editorial Losada - Editorial La Página, Buenos Aires, 2004.
- GARCÍA, Rolando.** "Sistemas complejos". Gedisa, Barcelona, 2008.

- GATELY, Edward.** *"Neural Networks for Financial Forecasting"*. John Wiley & Sons, 1996.
- GAUDIN, Thierry (sous la direction de).** *"2100 – récit du prochain siècle"*. Payot, Paris, 1990.
- GODET, Michel.** *"Crise de la prévision essor de la prospective. Exemples et méthodes"*. Presses Universitaires de France, Paris, 1977.
- GODET, Michel.** "Vive Descartes!. Halte à la complication du complexe". *Futuribles*, Paris, novembre de 1991.
- GONOD, Pierre.** *"Dynamique de la prospective"*. CPE-ADITECH, Paris, 1990.
- GONOD, Pierre.** "Problématique de la maîtrise sociale de la technologie". Revista *"Analyse de Systèmes"* volume XVI N°3, Paris, septembre de 1990.
- HANKE, John E. & REITSCH, Arthur G.** *"Pronósticos en los negocios"*, Prentice Hall, 1996.
- HEGEL, G.W.F.** *"La raison dans l'Histoire. Introduction à la philosophie de l'Histoire"*. Union Générale d'Éditions. 10/18, Paris, 1965.
- HEIDEGGER, Martin.** *"Être et temps"*. Gallimard, Paris 1986.
- HEKKERT, M. P. et al.** "Functions of innovations systems". *Technological Forecasting & Social Change* 74, (2007).
- HELMER, Olaf.** *"Analysis of the Future. The Delphi Method"*. The Rand Corporation, Santa Monica, California, 1967. Disponible en: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P3558.pdf>
- HYNDMAN, J. & ATHANASOPOULOS, George.** *"Forecasting: principles and practice"*. Disponible en: <http://otexts.com/fpp/>.
- HUBBERT, King.** *"Nuclear Energy and the Fossil Fuel"*. Spring Meeting of the Southern District Division of Production, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, March 8, 1956, Publication No 95, Houston, Shell Development Company, Exploration and Production, Research Division, 1956.
- JANTSCH, Erich.** *"La prévision technologique"*, OCDE, Paris, 1967.
- JOHANNES, Kepler.** *"El sueño o la astronomía de la luna"*. Universidad de Huelva, Huelva, 2001.
- JOINT CHIEFS OF STAFF.** *"Joint Vision 2020: America's Military—Preparing for Tomorrow"*. United States Government, US Army, junio de 2000. Disponible en: <http://www.offiziere.ch/wp-content/uploads/1225.pdf>.
- KAËS, René.** *"El grupo y el sujeto de grupo"*. Amorrortu Editores, Buenos Aires-Madrid, 1989.
- KANE, Julius.** "A Primer for a New Cross-Impact Language-KSIM", *Technological Forecasting and Social Change* 4, 1972.
- KEPLER, Johannes.** *"El sueño o la astronomía de la luna"*. Universidad de Huelva, Huelva, 2001.
- KUCHARAVY, Dmitry & DE GUIO, Roland.** "Application of S-shaped curve". *LGECO - Design Engineering Laboratory - INSA Strasbourg - Graduate School of Science and Technology*, november 2007.
- KUCHARAVY, Dmitry & DE GUIO, Roland.** "Technological Forecasting and Assessment of Barriers for Emerging Technologies", *International Association for Management of Technology (IAMOT)*, 2008.
- LEFEBVRE, Henri.** *"Au delà du structuralisme"*. Éditions Anthropos, Paris 1971. "La reproduction des rapports de production", *L'Homme et la Société*, Paris, no 22, oct-nov-déc 1971, no 23 janvier-février-mars 1972.
- LEFEBVRE, Henri.** *"La survie du capitalisme. La re-production des rapports de production"*. Éditions Anthropos, Paris, 1973.
- LENZ, Ralph Charles Jr.** *"Technological Forecasting"*. US Air Force, Cameron station, Alexandria, Virginia, 1962.
- LINSTONE, H. A. & TUROFF, M.** (eds., 1975): *The Delphi Method - Techniques and Applications*, Reading: Addison-Wesley. Disponible en: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>
- LEVY, David.** "Chaos Theory and Strategy: Theory, Application, and Managerial Implications". *Strategic Management Journal*, Vol. 15, Special Issue: Strategy: Search for New Paradigms (Summer, 1994), John Wiley & Sons.
- LEVI, Giovanni.** "Sobre microhistoria" en Peter Burke (de), *"Formas de hacer la historia"*, Alianza Universidad, 1996.
- MAKRIDAKIS, Spyros & WHEELWRIGTH, Steven C.** *"Manual de técnicas de pronósticos"*, Noriega, México, 1991.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGTH, S. C. & HYNDMAN R. J.** *"Forecasting. Methods and Aplications"*. p. 611, John Willey & Sons, 1998.
- MARTINO, Joseph Paul.** *"Technological Forecasting for Decision Making"*. McGraw-Hill, 1993.

MARX, Karl. *"El Capital"*, Tomo I, sección primera, "El fetichismo de la mercancía y su secreto", Fondo de Cultura Económica. México, 1966.

MINCYT. *"El futuro del sector automotriz en el mundo (2025)"*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires, 2014.

MOORE, D.; SHANNON, C. & BROWN, J. "Code-Red a case study on the spread of an internet worm" in *Proceedings of the ASM/USENIX Internet Measurement Workshop*, Marseille, France, November 2002.

NIEMIRA, Michael P. & KLEIN, Philip A. *"Forecasting Financial and Economic Cycles"*. John Willey & Sons, 1994.

MINOIS, Georges. *"Histoire de l'avenir. Des prophètes à la prospective"*. Fayard, París, 1996.

PRUDEN, Henry O. & MILER, Nager T. "Catastrophe Theory and Technical Analysis Applied to a Cal Tech Experiment on Irrational Exuberance", *Managerial Finance*, Volume 31, Number 5, 2005.

SAHA, Angshuman. *"Introduction to Artificial Neural Network Models"*. Disponible en: <http://www.geocities.com/adotsaha/NNinExcel.html>

SAN AGUSTÍN. "Las Confesiones", *"Confesiones"*, Biblioteca de autores cristianos, Madrid, 1988. Disponible en: <http://www.diocesisdecanarias.es/pdf/confesionessanagustin.pdf>

SAN AGUSTÍN. *"La Ciudad de Dios"*. Disponible en: <http://www.augustinus.it/spagnolo/cdd/index2.htm>

SARTRE, Jean-Paul. *"On 'The Sound and Fury': Time in Work of Faulkner"*. En Robert Penn Warren (comp), Faulkner, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1966.

SHIM, Jae K. & SIEGEL, Joel G. *"Handbook of Financial Analysis, Forecasting & Modeling"*, Prentice Hall Business Classics, 1988.

SCHMIDT-KALLERT, Einhard. *"A short introduction to Micro-Regional Planning"*, FAO, Budapest, 2005.

SCHNAARS, Steven P. *"Megamistakes - Forecasting and the Myth of Rapid Technological Change"*. The Free Press, 1989.

SQUAZZONI, Flaminio. "The micro-macro link in social simulations". *Sociologica*, 1/2008, Società editrice il Mulino, Bologna.

UNITED STATES JOINT FORCES COMMAND. *"The Joint Operating Environment (JOE) 2010"*. Department of Defense, USJFCOM, February 2010. Disponible en: <http://fas.org/man/eprint/joe2010.pdf>

WALK, Steven R. *"Quantitative Technology Forecasting Techniques"*. Old Dominion University. Disponible en: <http://www.intechopen.com/download/pdf/35183>.

WILSON, Holton J. & KEATING, Barry. *"Pronósticos en los negocios"*. McGraw-Hill, 2007.

WINNER, Langdon. *"Tecnología autónoma. La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político"*, Editorial Gustavo Gili, Colección Tecnología y Sociedad, Barcelona, 1979.

XENAKIS, John J. *"International business forecasting using System Dynamics with generational flows"*, 2009. Disponible en: http://www.generationaldynamics.com/ww2010/Generational_Dynamics_International_Business_Forecasting.pdf



Secretaría de Planeamiento y Políticas
**Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación Productiva**
Presidencia de la Nación

SUBSECRETARÍA DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA · DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS
pronaptec@mincyt.gov.ar

ISBN 978-987-1632-59-6



9 789871 632596