



**a. Interfaz de fusificación**

Este elemento transforma las variables de entrada del modelo (u) en variables difusas. Para esta interfaz se deben tener definidos los rangos de variación de las variables de entrada y los conjuntos difusos asociados con sus respectivas funciones de pertenencia.

**b. Base de conocimientos**

Contiene las reglas lingüísticas del control y la información referente a las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos.

Estas reglas lingüísticas tienen típicamente la siguiente forma:

Si  $u_1$  es A y  $u_2$  es B entonces  $y$  es C, donde A, B y C son los conjuntos difusos de las variables de entrada  $u_1$  y  $u_2$ , y de la variable de salida  $y$ , respectivamente.

Existen varias formas de derivar las reglas (Di Nola, Pedrycz y Sessa, 1995), entre las que se destacan las basadas en:

- La experiencia de expertos y el conocimiento a priori del problema. La base de reglas se determina a partir de entrevistas con el experto a través del conocimiento de la dinámica económica.
- La modelación proceso. Los parámetros de la base de conocimiento se obtienen a partir de datos de entrada y salida proceso.

**c. Motor de inferencia**

Realiza la tarea de calcular las variables de salida a partir de las variables de entrada, mediante las reglas del controlador y la inferencia difusa, entregando conjuntos difusos de salida.

Por ejemplo, dada una base de conocimiento con  $n$  reglas del tipo:

Si  $u_1$  es  $A_1$  y  $u_2$  es  $B_1$  entonces  $y$  es  $C_1$ , la secuencia de cálculos que realiza el motor de inferencia incluye:

- Determinar el grado de cumplimiento  $W_i$  de cada regla a partir de los grados de pertenencia de las variables de entrada obtenidos en la etapa de fusificación, es decir,

$$W_i = \min(u_{A_i}, u_{B_i}) \tag{6}$$

debido a que las premisas de la reglas están unidas por operadores AND, definidos como la intersección de conjuntos difusos.

- Para cada regla se tiene una consecuencia “ $y$  es  $C_i$ ”, que tiene asociada una función de pertenencia  $u_{C_i}$ . Por tanto, se tiene un conjunto de salida  $C_i$ , cuya función de pertenencia es:

$$u_{C_i} = \min(W_i, u_{C_i}) \quad (7)$$

donde  $W_i$  es el grado de cumplimiento para la regla  $i$ .

- Para evaluar el conjunto total de reglas, se unen los conjuntos difusos  $C_i$  resultante de cada regla, generándose un conjunto de salida con la siguiente función de pertenencia:

$$u_{C'} = \max(u_{C_i}) \quad i = 1 \dots, n \quad (8)$$

De esta forma, se obtiene una salida difusa del controlador, con una función de pertenencia  $u_{C'}$ .

Interfaz de defusificación. Este elemento provee salidas discretas y determinísticas a partir de los conjuntos difusos  $C'$  obtenidos como resultado de la inferencia. Existen diferentes métodos de defusificación, algunos de los cuales se describen a continuación:

- Método del máximo. La salida corresponde al valor para el cual la función de pertenencia  $u_{C'}$  alcanza su máximo.
- Media del máximo. La salida es el promedio entre los elementos del conjunto  $C'$  que tienen un grado de pertenencia máximo.
- Centro de área. Genera como salida el valor correspondiente al centro de gravedad de la función de pertenencia del conjunto de salida  $C'$ . En particular, los modelos econométricos difusos lingüísticos, se pueden expresar como:

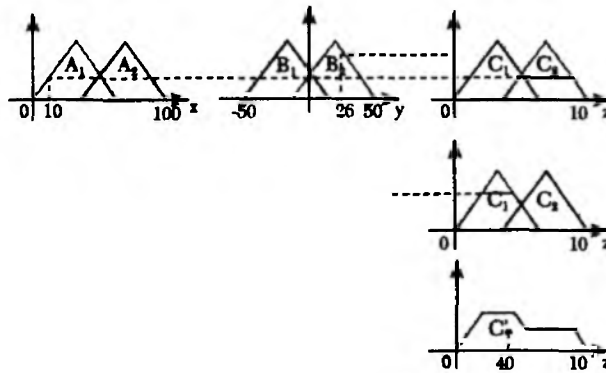
$$R_i : \text{Si } y(t-1) \text{ es } A_{1,y} \dots y(t-ny) \text{ es } A_{n,y} \text{ y } u(t-1) \text{ es } B_{1,y} \dots yu(t-nu) \text{ es } B_{n,u} \quad (9)$$

Entonces  $y_i(t)$  es  $C_i$ , donde  $y_i$  es la salida de la regla  $i$ .

Ejemplo:

Reglas: Si  $x$  es  $A$  y  $y$  es  $B$ , entonces  $z$  es  $C$ ,  $R_1$ . Si  $x$  es  $A_1$  y  $y$  es  $B_2$ , entonces  $z$  es  $C_2$ .

$$R2 : x = 20 \text{ y } y = 26 \text{ z?}$$



**FIGURA 4.4**  
Solución al problema propuesto.

## 6. MODELOS BASADOS EN LÓGICA DIFUSA

### 6.1 Modelos difusos lingüísticos

Definición básica: conjunto de reglas heurísticas donde las variables lingüísticas de entrada y salida se representan por conjuntos difusos.

Elementos básicos:

Interfaz de fusificación

Base de conocimiento

Motor de inferencia

Interfaz de defusificación (Lin y Lee, 1996).

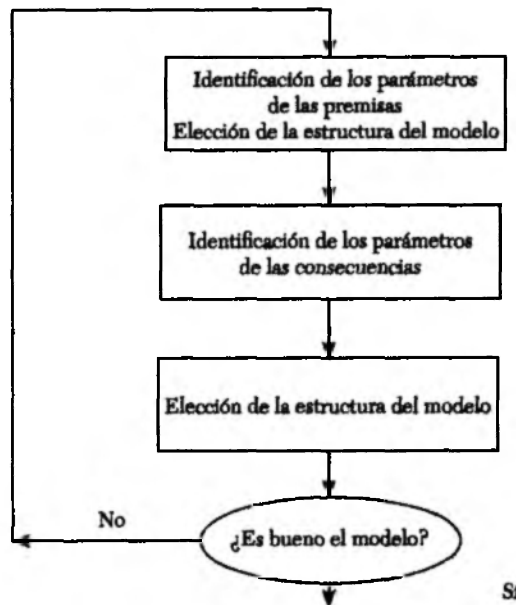
### 6.2 Modelos difusos

Definición básica: Conjunto de reglas donde las variables de entrada se representan por conjuntos difusos y las salidas de las reglas corresponden a modelos lineales.

$$R_i: \text{Si } X_1 \text{ es } A_{i1}, y \dots y X_k \text{ es } A_{ik}, \text{ Entonces } Y_i = p_0 + p_1 X_1 + \dots + p_k X_k \quad (10)$$

**6.2.1 Método de identificación**

En la siguiente figura se presenta un diagrama del modelo de identificación. Aunque no se va a hacer uso del método directamente, se presenta una exposición breve con el objeto de orientar al lector en la metodología de identificación difusa (Lin y Lee, 1996).



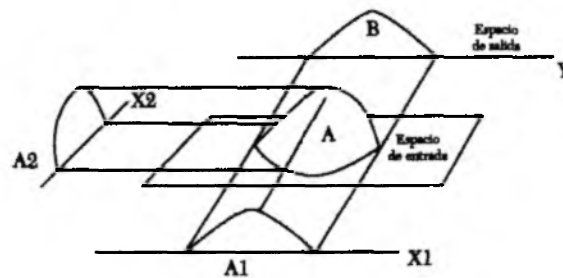
**FIGURA 4.5**  
Método de identificación.

- **Identificación de parámetros de las premisas**  
En esta estructura los conjuntos difusos  $A_{1i}, \dots, A_{ki}$  y sus respectivas funciones de pertenencia pueden ser determinadas basándose en un conocimiento previo del proceso o por métodos más complejos como *clustering* difuso (Díez y Navarro, 2004).
- **Clustering difuso**  
El número óptimo de reglas y conjuntos difusos del modelo se determina haciendo una partición del universo de la variable de salida y luego proyectándolo al espacio de entrada (Díez y Navarro, 2004).

Para obtener los conjuntos difusos de la salida, el criterio utilizado es minimizar la distancia entre el dato de salida y el centro de cada conglomerado (*cluster*) difuso.

Luego de un procedimiento iterativo de optimización de las distancias, se obtiene el número de conjuntos o conglomerados difusos y sus grados de pertenencia de los datos de salida a cada conjunto.

A continuación, para determinar los parámetros de las funciones de pertenencia de las premisas, los conjuntos difusos de las variables de salida son proyectados al espacio de entrada para definir esos conjuntos difusos, como se muestra en la figura 5.6.



**FIGURA 4.6**  
Parámetros de las funciones de pertenencia (Sáez, Cipriano y Ordus, 1986).

- En consecuencia, la tarea se puede hacer con dos métodos:
  - Conocimiento del proceso (conocimiento a priori)
  - *Clustering* difuso
- Identificación de parámetros de las consecuencias
  - El método utilizado es el de Takagi y Sugeno basado en mínimos cuadrados:
    - En general, los parámetros  $p_0^i, \dots, p_k^i$  de las consecuencias se obtienen por el método de mínimos cuadrados, es decir, se minimiza el índice de error dado por:

$$e^2 = \sum_{p=1}^N (y_p - \hat{y}_p)^2 \tag{11}$$

donde  $y_p$  es la salida real del proceso,  $\hat{y}$ , es la salida del modelo difuso, considerando las mismas entradas del proceso, y  $N$  es el número de muestras.

Entonces dado un conjunto de  $N$  muestras de entrada/salida, el algoritmo calcula, para la muestra  $j$ , los grados de cumplimiento de cada regla según la definición dada anteriormente, lo que corresponde a:

$$W_{ij} = \min(u_{A_1}(X_{1j}), u_{A_2}(X_{2j}), \dots, u_{A_k}(X_{kj})) \text{ con: } 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N \quad (12)$$

donde  $M$  es el número de reglas,  $N$  es el número de muestras y  $k$  es el número de variables.

La salida del modelo es:

$$y_j = \frac{\sum_{i=1}^M (p_0^i + p_1^i X_{1j} + \dots + p_k^i X_{kj}) W_{ij}}{\sum_{i=1}^M W_{ij}}$$

Se define  $v_i = \frac{W_{ij}}{\sum_{k=1}^M W_{ij}} \quad (13)$

entonces, la predicción de la salida  $j$  está dada por la siguiente expresión:

$$y_j = \sum_{i=1}^M (p_0^i B_{ij} + B_{ij} X_{1j} + \dots + p_k^i B_{ij} X_{kj}) \quad (14)$$

Si se construye la matriz  $x'$  de dimensiones  $N, M^*(k + 1)$

$$x' = \begin{bmatrix} B_{11} & \dots & B_{1M} X_{11} B_{11} & \dots & X_{11} B_{1M} & \dots & X_{11} B_{11} & \dots & X_{11} B_{1M} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ B_{1N} & \dots & B_{1M} X_{1N} B_{1N} & \dots & X_{1N} B_{1M} & \dots & X_{1N} B_{11} & \dots & X_{1N} B_{1M} \end{bmatrix} \quad (15)$$

el vector de salida  $y' = [y_1, \dots, y_N]^T$  se expresa de la forma:  
 $y' = x'P$  donde  $P = [p_0^1, \dots, p_0^M, p_1^1, \dots, p_1^M, \dots, p_k^1, \dots, p_k^M]^T$  es el vector de parámetros.

La identificación se reduce, entonces, a resolver la ecuación anterior encontrando el vector  $P$  mediante un algoritmo de mínimos cuadrados.

$$\begin{aligned}
 y' &= x'P/x'^T \\
 x'^T y' &= x'^T x'P \\
 P &= (x'^T x')^{-1} x'^T y'
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Finalmente, con los parámetros óptimos de las consecuencias ya determinados, se puede alterar la estructura del modelo o las funciones de pertenencia obtenidas, para reducir el índice de error (Lin y Lee, 1996).

- Elección de la estructura del modelo  
 En este caso, la estructura del modelo difuso se define como la selección de las variables de entrada significativas.  
 Utiliza dos técnicas:
  - Método heurístico
  - Análisis de sensibilidades

### 6.3 Método heurístico

En general, para el modelo difuso definido por:

$$\begin{aligned}
 \text{Si } y(k-1) \text{ es } A_1 \text{ y } \dots \text{ y } y(k-na) \text{ es } A_n \text{ y } u(k-nk-1) \text{ es } A_{n-1} \\
 \text{y } \dots \text{ y } u(k-nb-nk) \text{ es } A_{m+n} \text{ entonces } y(k)g'_0 + g'_1 + \dots + \\
 g'_m y(k-na) + g'_{m+1} u(k-nk-1) + \dots + g'_{m+n} u(k-nb-nk)
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

se tienen  $na + nb$  variables candidatas de entrada; de este modo, el total de posibles modelos considerando todas las entradas es:  $2^{na+nb} - 1$ .

Similarmente al método de regresión por pasos, el método heurístico consiste en seleccionar algunas variables de entrada dentro de todas las variables de entrada candidatas, incrementando el número de entradas de una en una, de acuerdo con un cierto criterio. Por ejemplo, el siguiente criterio puede ser usado:

$$RC = \frac{\left| \sum_{i=1}^{k_A} (y^A(i) - y^{AB}(i)) + \sum_{i=1}^{k_B} (y^B(i) - y^{BA}(i)) \right|}{2}
 \tag{18}$$

donde  $k_A$  y  $k_B$  son el número de datos de dos grupos del conjunto de ajuste,  $y^A(i)$  y  $y^B(i)$  son las salidas de los grupos A y B,  $y^{AB}(i)$  es la salida estimada para el grupo A con el modelo identificado usando

el conjunto de datos B, y  $y^{BA}(i)$  es la salida estimada para el grupo B con el modelo identificado usando el conjunto de datos A. Pasos del algoritmo:

Identificar  $(n_a+n_b)$  modelos difusos con una variable de entrada cada uno. Calcular el criterio RC para cada modelo y seleccionar el modelo con menor RC. Fijar la variable seleccionada en el paso anterior y agregar otra variable de entrada de las candidatas entrantes. Continuar hasta que RC aumente (Tseng, Chen y Uang, 2001).

## 7. EJEMPLO

Sistema dinámico no lineal (Chen y Chiang, 1986):

$$y(k) = (0.8 - 0.5 \exp(-y^2(k-1))) y(k-1) - (0.3 + 0.9 \exp(-y^2(k-1))) y(k-2) + (k-1) + 0.2u(k-2) + 0.1u(k-1)u(k-2) + \varepsilon(k) \quad (19)$$

donde  $y(k)$  es la variable de salida,  $u(k)$  es la variable de entrada dada por una distribución uniforme ( $\mu = 0, \sigma = 1$ )  $\varepsilon(k)$  es ruido blanco ( $\mu = 0, \sigma = 0.2$ ).

Se consideraron 250 datos para el conjunto de ajuste y 250 datos para el conjunto de validación.

Los parámetros de las premisas fueron determinados por *clustering* difuso utilizando el algoritmo FCM de MatLab y los parámetros de las consecuencias por el método de Takagi y Sugeno, también empleando el MatLab.

## 7.1 Método heurístico

### 7.1.1 Validación del modelo: conocido en otros paradigmas como prueba de bondad

La diferencia entre paradigmas, sobre todo los paradigmas cuando son rivales, se presenta en las metodologías de validación. En el caso de la econometría difusa se suelen utilizar varios métodos de validación; el más empleado es el del valor del error medio cuadrático, cuando se están comparando modelos entre sí o resultados, contra el modelo.

Se podría decir que dentro de la metodología de sistemas no lineales hay muchos métodos de validación o de prueba del modelo





conocido. Cuando se está empleando la estadística, se los suele llamar pruebas de bondad. De otra forma tenemos que decir que existen modelos de paso máximo de predicción (OSA), modelo de salida predictiva (MPO), el error medio cuadrático, la prueba de correlación, y las pruebas de bondad de Chi-cuadrado; sin embargo desde el punto de vista de la econometría difusa, como bien lo citan Giles y Draeseke (2001), se puede utilizar el modelo de validación a través del valor del error medio cuadrático (MSE) entre cada uno de los modelos, para observar cuál es el grado de aproximación entre ellos, o entre el valor del resultado que se encontró, comparativo con el que arrojó el modelo (Sáez, Cipriano y Orduz, 1986).

Varios ejemplos de aplicación pueden ser utilizados para corroborar este método; por eso es importante toda la teoría de Kuhn respecto de la inconmensurabilidad cuando se está enfrentando a un nuevo paradigma, de tal manera que no es posible hacer uso de métodos de valoración que son utilizados en otros paradigmas, con estos mismos métodos de valoración que se estarían utilizando en este nuevo paradigma (Gaeta y Gentile, 1998).

Es muy importante poder establecer lo anterior con el fin de hacer énfasis en lo que sería una prueba de bondad y lo que sería una validación del modelo, lo cual es diferente, si se está ubicado en un paradigma diferente; prueba de bondad si se están empleando herramientas de tipo estadístico, o validación del modelo si se están utilizando técnicas de sistemas, sobre todo como la que estamos implementando en el caso de la lógica difusa. Eso queda claramente establecido en la tesis de Kuhn. Desde este punto de vista y con esa perspectiva diremos que los ejemplos de aplicación para corroborar la validez del modelo utilizando la metodología difusa, en el caso de sistemas no lineales, está desarrollado por Chen desde el año 1986 (Chen y Chiang, 1986), siendo un sistema dinámico bastante interesante para la identificación y su desarrollo expresado en el ejemplo así:

$$y(k) = (0.8 - 0.5 \exp(-y^2(k-1))) - (0.3 + 0.9 \exp(-y^2(k-1))) y(k-2) + u(k-1) + 0.2u(k-2) + 0.1u(k-1)u(k-2) + \epsilon(k)$$

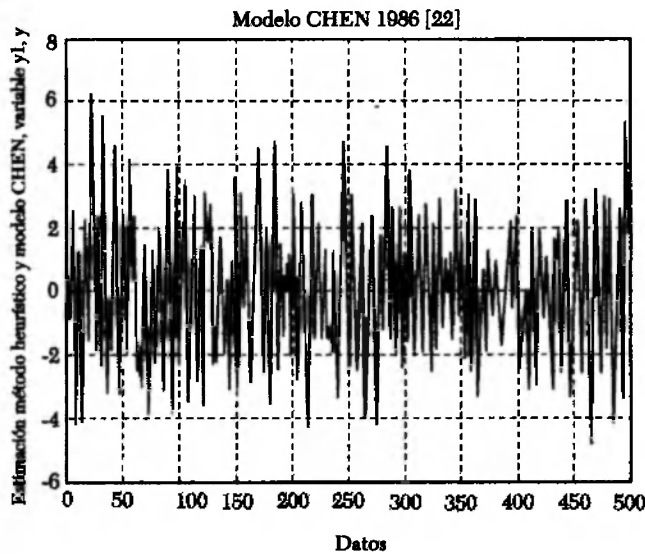
Donde:  $y(k)$  es la variable de salida,  $u(k)$  es el de entrada variable dado por la distribución uniforme ( $\mu = 0, \sigma = 1$ ) y  $\epsilon(k)$  es el ruido uniforme ( $\mu = 0, \sigma = 0.2$ ).

Para tratar de hacer uso de la perturbación del modelo se emplea un conjunto de 250 datos para el entrenamiento y un conjunto de 250 datos de la validación. Igualmente, la premisa y los parámetros de la consecuencia se determinan utilizando lo descrito en la sección 6.2.1 (método de identificación). Para la selección de las variables de entrada, este método heurístico y el método de sensibilidad fueron comparados; sin embargo, en el caso de nuestro modelamiento solamente estamos haciendo uso del método heurístico en comparación con el método de la linealidad; puesto que el proceso es dinámico, los componentes regresivos  $y(k)$  y  $u(k)$  como variables de entrada se consideran en este ejemplo; debido a que el proceso es dinámico, se consideran las componentes autorregresivas de  $y(k)$  y  $u(k)$  como variables de entrada al modelo difuso. En este caso, utilizamos sólo variables de entrada candidatas ( $y(k-1), \dots, y(k-4), u(k-1), \dots, u(k-4)$ ). De este modelo es posible construir la siguiente tabla con 250 ( $2^8 - 1$ ) modelos difusos así:

**Tabla 4.1** Valores del criterio RC e índice de error.

Variables de entrada	RC	$e^t$
$y(k-1)$	0,498	2,4178
$y(k-2)$	0,8617	4,1282
$y(k-3)$	0,8782	3,8439
$y(k-4)$	0,9015	3,6382
$u(k-1)$	0,6834	3,0644
$u(k-2)$	0,5287	2,5359
$u(k-3)$	0,8302	3,7379
$u(k-4)$	0,9764	3,8832
Valores del criterio RC e índice de error		

Como bien se puede observar en la tabla, los resultados están reflejando lo que es el modelo y lo que es el error cuadrático medio que da el modelo, en comparación con cada uno de los ítemes que se fueron evaluando. Ese análisis comparativo de los modelos que se utilizan desde el punto de vista del método heurístico arrojó un método de sensibilidad para ver el grado de acierto. El modelo difuso se obtiene de tal manera que el gráfico que representa la muestra de entrada y la salida se ve en la figura 4.7.



**FIGURA 4.7**  
Modelo de Chen y Chiang (1986). Simulación utilizando MatLab 6.1.

Como se ha expuesto en párrafos anteriores, existen muchos métodos de validación ajenos a las pruebas de bondad, denominados así por la estadística. La econometría difusa utiliza los métodos del error cuadrático medio provenientes de la teoría de sistemas no lineales, cuyos principales autores son Bor-Sen Chen y Chiang-Cheng Chiang. Una explicación de las diferentes técnicas y metodologías de validación puede ser vista en el texto *Nonlinear Systems* de K. Khalil

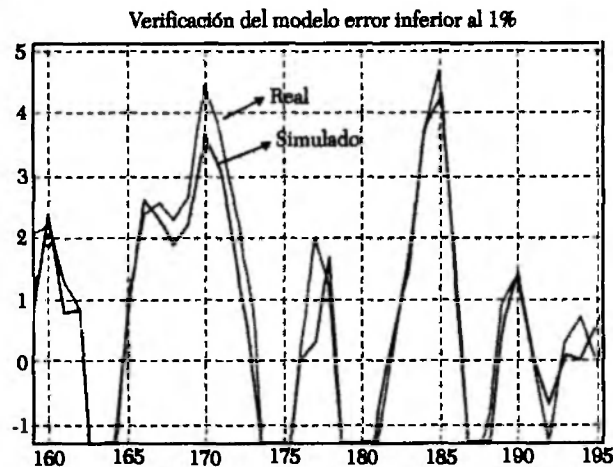


FIGURA 4.8

Verificación del modelo o prueba de bondad desde el punto de vista  
de la econometría difusa.

(2002). Cabe resaltar que la figura 4.8 representa el eje de las abscisas, e igualmente la serie de datos expresados en el tiempo para la serie Chen; la proyección entre las ordenadas da un error entre la cresta del dato de la serie real, y el dato de la serie simulado con la lógica difusa, un valor inferior al 1%. Además, el eje de las ordenadas está dado en términos porcentuales. El detalle de esta validación puede ser corroborado paso a paso por el código que se corrió en MatLab 6.1, The MathWorks, MatLab 6.1, 2000.

## 8. CONCLUSIONES

El marco conceptual que brinda Kuhn resulta muy útil en la justificación del uso de la herramienta de la lógica difusa, para el tema fundamentos de lógica difusa en econometría.

En lo referente a la inconmensurabilidad, y a pesar del planteamiento de Gaeta y Gentile (1998) respecto a lo controvertido de las tesis de Kuhn, estas son perfectamente aplicables en la actual descripción del sistema de salud.

Este documento ha revisado los fundamentos básicos de la lógica difusa, en la búsqueda de modelos difusos que permitan ser adecuados a los modelos econométricos, teniendo en cuenta que la asimetría de la información es una clara aplicación del concepto de difuso. El grado del conocimiento que un agente tiene respecto del principal implica un grado de pertenencia de los conceptos del agente respecto del grado de pertenencia de los conceptos del principal; esto es tradicional en la relación paciente (principal) - médico (agente).

Para tratar de caracterizar un modelo no lineal generalizado, se implementaron algoritmos en MatLab, utilizando como ejercicio el sistema dinámico no lineal de Chen y Chiang (1986), lo cual arroja resultados satisfactorios en la técnica de programación escogida, como se puede observar en la figura 4.8, donde el trazo de color rojo es el resultado del modelo simulado y el de color azul el teórico; como lo muestra la tabla 4.1, el índice del error se disminuyó en 1%.

El método de validación utilizado fue el error medio cuadrático, y mostró que la desviación entre lo que se simula y lo que se describe con la función no lineal llega a un valor inferior al 1% utilizando la técnica de fusificación FCM.

#### REFERENCIAS

- Chen, Bor-Sen, Chiang, Chiang-Cheng. (Aug. 1986). Robust Stabilizer Synthesis for Feedback Systems Containing Time-Varying Nonlinear Perturbations. *IEEE transactions on automatic control*, 31, 8.
- De Andrés, Javier, Landajo, Manuel and Lorca, Pedro. (2005). Forecasting business profitability by using classification techniques: A comparative analysis based on a Spanish case. *European Journal of Operational Research*, 167, 518-542.
- Di Nola, Antonio, Pedrycz, Witold and Sessa, Salvatore. (1995). Fuzzy relational structures: The state-of-art. *Fuzzy Sets and Systems*, 75, 241-262.
- Díez, José L. y Navarro, José L. (2004). Algoritmos de agrupamiento en la identificación de modelos borrosos. Sala Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática Universidad Politécnica de Valencia.

- Duda, Richard O., Hart, Peter E. and Pattern, David G. (2000). *Classification*, Stork, A Wiley – Interscience Publication.
- Edwards, R. E. (1995). *Functional Analysis: Theory and Applications*. New York, Dover Publications, Inc.
- Gaeta, R. y Gentile, N. (1998). Thomas Kuhn – De los paradigmas a la teoría evolucionista, 4a. ed. Buenos Aires. Editorial Universitaria de Buenos Aires – Eudeba.
- Giles, David and Draeseke, Robert. (2001). *Econometric Modelling Based on Pattern Recognition via the Fuzzy c-Means Clustering Algorithm*. Department of Economics University of Victoria Working Paper.
- Jenkins, D. and Passino, K. M. (1999). An Introduction to Nonlinear Analysis of Fuzzy Control Systems. *Journal on Intelligent and Fuzzy Systems*, 7, 1, 75-103.
- Khalil, K. (2002). *Nonlinear Systems*, 3<sup>rd</sup> ed. Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall.
- Kuhn, T. (1995). *La estructura de las revoluciones científicas*. Barcelona. Breviarios, Fondo de Cultura Económica, undécima reimpresión.
- Lin, Chin-Teng and Lee, C. S. George. (1995, 1996). *Neural Fuzzy Systems: a Neuro-fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. México. Ed. Prentice Hall.
- Lozano Gutiérrez, Maria del Carmen y Fuentes Martín, Federico. (2001). *Tratamiento borroso del intangible en la valoración de empresas de Internet*. Grupo EUMED.NET, Universidad de Málaga.
- Macho, I. y Pérez, C. D. (1994). *Introducción a la economía de la información*. Barcelona. Ed. Ariel S.A.
- Mayorga, Humberto. (2004). *Inferencia estadística*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pedrycz, Witold. (1989). *Fuzzy Control and Fuzzy Systems*. Research Studies Press Ltd, John Wiley & Sons Inc.
- Ralescu, Dan A. and Sugeno, Michio. (1996). Fuzzy integral representation. *Fuzzy Sets and Systems*, 84, 127-133.
- Sáez, Doris, Cipriano, Aldo and Ordus, Andrzej W. (1986). *Optimizations of industrial Processes at Supervisoru Level: appli-*

*cation to Control of Thermal Power Plants. Advances in Industrial Control.*

Schneider, Udo. (2005). Asymmetric Information and Outcome-Based Compensation in Health care - Theoretical Implications. Artículo de discusión 01-05 de la Universidad de Bayreuth (Alemania).

The MathWorks, MATLAB 6.1, 2000.

Tseng, Chung-Shi, Chen, Bor-Sen and Uang, Huey-Jian. (2001). Fuzzy Tracking Control Design for Nonlinear Dynamic Systems via T-S Fuzzy Model *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 9, 3.

Vera Hernández, Ángel Marcos. (2001). Microeconomics and Asymmetric Information: "applications to health care utilization". Dissertation In economics: Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

Ying-Ming, Wang and Parkan, Celik. (2005). Multiple attribute decision making based on fuzzy preference information on alternatives: Ranking and weighting. *Fuzzy Sets and Systems*, 153, 331-346.



## CAPÍTULO 5 CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DESDE LA TEORÍA DE LA AUTOPOIESIS<sup>1</sup>

Jhon Jairo Vega Díaz<sup>2</sup>  
Ana Patricia Noguera de Echeverri<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

En la administración del ecosistema encontramos la producción agrícola, la cual se ha industrializado según un sistema de producción conocido como “revolución verde”, que utiliza técnicas de un modelo impuesto por intereses extranjeros, encontrando que esta está fundamentada en un pensamiento lineal y mecanicista, el cual arremete contra el ecosistema propio de la región, contra la cultura y contra el mismo agricultor. Maturana y Varela (según Ibáñez, 1990: 21) señalan cómo en “la teoría de los sistemas autopoieticos no hay separación entre [el] proceso de producción y [el] producto (su producto es sí mismo), entre ser y hacer”. Desde esta concepción sistémica, un elemento, para este caso el alimento, se encuentra en íntima relación con su naturaleza, y no es posible separar su esencia del conjunto de relaciones implícitas en los procesos de su producción, transformación y comercialización.

En busca de reformular una forma de administrar este sistema de producción, en este documento se presenta una propuesta desde la episteme de la complejidad, partiendo de que “la susten-

<sup>1</sup> Este capítulo se elaboró a partir de la tesis de maestría *Construcción de un modelo de sistema de producción agrícola desde la teoría de la autopoiesis*, realizada en el año 2005.

<sup>2</sup> Magíster en Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

<sup>3</sup> Profesora titular, coordinadora del grupo de investigación Pensamiento ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.



tabilidad [que] implica alcanzar un equilibrio entre la tendencia hacia la muerte entrópica del planeta, generada por la racionalidad del crecimiento económico, y la construcción de una *productividad neguentrópica* basada en el proceso fotosintético, en la organización de la vida y en la creatividad humana” (Leff, 2000: 35). Se utilizó una metodología de tipo cualitativo con base en el proceso hermenéutico, desde el que se realiza la proposición del sistema de producción a partir de la autopoiesis y las relaciones que se puedan vislumbrar a nivel teórico.

### 1. AUTOPOIESIS

“*Auto*, por supuesto, significa ‘sí mismo’ y se refiere a la autonomía de los sistemas auto-organizadores. *Poiesis*, que tiene la misma raíz griega que ‘poesía’, significa ‘creación’. Así pues, *autopoiesis* significa ‘creación de sí mismo’ ” (Capra, 1999: 115). Este concepto, acuñado por Maturana y Varela para referirse a la organización de los seres vivos, deja a un lado la estructura de la organización y enfatiza en los procesos y las relaciones que se presentan en su interior. En esta propuesta tan solo se tienen en cuenta las relaciones. La definición de máquina autopoietica es la siguiente:

[...] es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: i) generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones, y ii) constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico (Maturana y Varela, 1997: 69).

Dichas máquinas forman una organización. Los procesos concatenados tienen una producción para el mismo sistema, generando las siguientes características:

- i) Las máquinas autopoieticas son autónomas; es decir, subordinan todos sus cambios a la conservación de su propia organización, independientemente de cuán profundas sean las demás transformaciones que puedan sufrir durante el proceso [...].
- ii) Las máquinas autopoieticas poseen individualidad; esto es, por medio de la mantención invariante de su organización conservan

activamente una identidad que no depende de sus interacciones con un observador [...].

iii) Las máquinas autopoieticas son definidas como unidades por, y sólo por su organización autopoietica: sus operaciones establecen sus propios límites en el proceso de autopoiesis [...].

iv) Las máquinas autopoieticas no tienen entradas ni salidas. Pueden ser perturbadas por hechos externos, y experimentar cambios internos que compensan esas perturbaciones [...] (Maturana y Varela, 1997: 71).

## **2. ELEMENTOS CONCEPTUALES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

Desde la perspectiva logística, el sistema de producción agrícola se enmarca en la configuración productiva por proyectos que se caracteriza por obtener “uno o pocos productos con un largo periodo de fabricación” (Domínguez, 1995: 143). Para nuestro caso, no se toman en cuenta técnicas de MRP y otros, porque no se manejan inventarios, ya que se tienen unas entradas y unas salidas muy definidas. Para el control de esta configuración es necesario identificar las “relaciones de precedencia de tareas, el coste de las duraciones parciales, los costes de retrasos, etc. Este control también se ocupa de la asignación y la reasignación de recursos a lo largo de la duración del proyecto” (Ibíd.: 143). Para comprender las relaciones que se presentan, se utiliza como base conceptual el concepto de autopoiesis.

En un sistema de tipo agrícola encontramos una relación directa de seres vivos –plantas, insectos, bacterias, hombres– con elementos entendidos como inanimados –agua, luz, CO<sub>2</sub>, suelo, etc.–, que se integran y forman una totalidad superior. Cuando considera estas relaciones como referencia en un sistema macro, Capra (1999: 225) plantea lo siguiente:

Cuando desplazamos nuestra atención desde los ecosistemas al planeta como un todo, nos encontramos con una red global de procesos de producción y transformación, que ha sido descrita detalladamente en la teoría Gaia por James Lovelock y Lynn Margulis. En realidad, quizás haya actualmente más evidencia de la naturaleza autopoietica del sistema Gaia, que de la de los ecosistemas.

De esta forma, consideran las interacciones a escala planetaria, en la que existe autorregulación y un límite definido. Por otro lado, los ecosistemas se presentan como sistemas autorregulados de flujos energéticos, en los cuales no es clara la regla del límite. Por tanto se presenta una pequeña dificultad para su asimilación como autopoieticos. En cuanto al límite, característica de los seres vivos considerados como autopoieticos, el concepto presenta variaciones en su deriva hacia las ciencias sociales. Por ejemplo, el límite de una familia es algo difuso y los sistemas sociales planteados por Niklas Luhmann (1997) tienen límites de tipo conceptual. Para efectos de nuestra propuesta, el sistema de producción agrícola tiene como una de sus características que es un sistema con límites claros, ya sea un cercado, una área geográfica, una configuración productiva en específico (Spedding, 1979: 39) o el alcance de sus relaciones.

Los últimos estudios teóricos de los sistemas de producción recurren a la teoría de sistemas expuesta por Bertalanffy en 1925, e introducen, para su comprensión, los conceptos de sinergia, recursividad, jerarquía y homeostasis, desde los cuales se realiza la caracterización amplia del sistema y los subsistemas constitutivos (Malagón y Prager, 2001). En la teoría de sistemas, sin embargo, “faltaba un enfoque de transformación, que permitiera visualizar sistemas dinámicos como dinámicos son los procesos de la vida” (Reina, 2000: 7).

Los conceptos de la teoría de sistemas tienen fuerte solidez para los sistemas cerrados, mas no para los sistemas abiertos. Según Capra, “Bertalanffy acuñó el término alemán *fließgleichgewicht* (equilibrio fluente) para describir este estado de equilibrio dinámico”, y encontró, en su momento, que “la entropía (o desorden) (1999: 68) puede decrecer y la segunda ley de la termodinámica puede no ser de aplicación” para los seres vivos. Hubo de esperarse a la evolución de los conceptos de la termodinámica para que Prigogine planteara la estructura de un ser vivo como una estructura disipativa donde “un sistema vivo es, a la vez, abierto y cerrado: abierto estructuralmente, pero cerrado organizativamente. La materia vía energía fluye a través de él. Pero el sistema mantiene una forma estable y lo hace de manera autónoma, a través de su autoorganización” (citado en Capra, 1999: 182), deriva por donde se presenta la posibilidad de introducir los conceptos de autopoiesis al sistema y, por ende, entenderlo como vivo.

El sistema de operaciones o producción presenta varios subsistemas: el de conversión, planeación, organización y control –retroalimentación–; el subsistema de conversión tiene unas entradas –materias primas, mano de obra, energía, capital e información–, un proceso de producción y unas salidas –productos o servicios (Everett y Ronald, 1991: 5-8).

Para la función operacional dentro de las organizaciones, Adam Everett plantea los siguientes conceptos básicos:

Tienen un proceso de conversión algunos insumos al proceso, los productos resultantes de la conversión de insumos, y retroalimentación de información sobre las distintas actividades del sistema operacional. Una vez que han sido producidos, los bienes y los servicios se transforman en efectivo (se venden) con el objeto de adquirir más recursos para mantener activo el proceso de conversión del caso (Ibíd.: 5).

El esquema de Everett presenta un proceso de conversión unidireccional, en el cual tan solo se recupera información; esquema algo simple y característico del sistema actual de “revolución verde”, el cual tiene ineficiencias energéticas que hace necesario un subsidio externo de “insumos”.

Surge como necesidad replantear la producción hacia un proceso autoorganizado. Los esquemas planteados deben ser transformados con adición de otros componentes entre los que encontramos los de tipo cultural y espacial. En particular se deben tener en cuenta las relaciones entre dichos elementos que, al interactuar, configuran territorios, inseparables de la relación espacio-tiempo (Tomadoni, 2005: 8:9), que nos permite ubicar un conjunto de relaciones entre el espacio natural y el de tipo social, interacciones entre las que se ubican las de tipo económico que cobijan los elementos del sistema espacial productivo.

En esta concepción, todas las relaciones económicas, culturales y estéticas del hombre se encuentran inmersas en un conjunto de interacciones y no como elementos aislados de la naturaleza, lo que resalta la importancia de nuestra propuesta, en la medida en que esta busca un punto de asociación de mutuo beneficio entre el hombre y el medio.

Mateo habla del geosistema natural en el que los flujos de energía, materia e información presentan las características que deben tener la mayoría de los geosistemas (Mateo *et al.*, 2004: 42). Puede percibirse que existe un flujo de energía, materia e información desde el exterior hacia dentro del sistema, y hacia fuera del mismo, sin que se afecten las relaciones presentes.

### 3. RELACIONES DEL SISTEMA QUE SE PROPONE

El sistema que proponemos se encontrará inmerso en unas condiciones climáticas específicas, lo que implica una interacción con el entorno, para lo cual Maturana y Varela (1997: 72) plantean lo siguiente:

Podemos describir las máquinas autopoieticas, y también manejarlas, como partes de un sistema más amplio que determina los hechos exteriores que pueden perturbarlas. Así, según ya dijimos, podemos considerar esos hechos perturbadores como entradas, y considerar como salidas los cambios de la máquina destinados a neutralizar esas perturbaciones.

En el sistema de producción agrícola, conceptualizado desde la autopoiesis, debemos determinar la posición del hombre como beneficiario de dichos procesos productivos. Es el momento de adentrarnos por la ruta de la evolución de un sistema complejo desde los grados de libertad:

Los *grados de libertad* son una cantidad que permite introducir una corrección matemática en los cálculos estadísticos para restricciones impuestas en los datos. [...] Los grados de libertad tienen mucho que ver con las evoluciones de los sistemas complejos en vías de autoorganización. Se puede afirmar que, en un proceso de autoorganización, los grados de libertad (que son muchos) de un sistema desordenado se tensan al llegar a puntos cercanos a los de un cambio de orden (técnicamente llamado cambio de fase) y finalmente se esclavizan, con la obtención de un sistema ordenado, quedando muchos menos grados de libertad que los iniciales (Von der Becke, s.f.).

En este caso el hombre incide en la emergencia de los procesos que se realizan dentro del sistema de producción, pero entendiéndolo, no como una máquina, sino como parte de un proceso de autoorganización. Para plantear los elementos que posibilitan la intervención, se necesita caracterizar las relaciones inmersas en él, que se dan entre tres elementos fundamentales: el agroecosistema, la cultura y la intencionalidad de una finalidad.

### **3.1 Agroecosistema (una perspectiva desde la propuesta autopolética)**

Un estudio de las relaciones presentes en los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecosistémica tiene una variación importante cuando se introduce el concepto de sustentabilidad. En la búsqueda de vislumbrar algunas interacciones, presentamos algunos puntos relevantes en ese complejo proceso de autoorganización.

#### ***Suelo – raíces – planta(s)***

Existe una íntima relación entre la parte biótica y abiótica del sistema, y el enlace que se presenta yace en una interacción que se presenta en las raíces, Capra (2002: 333) nos dice que las bacterias “alteran la configuración de las moléculas orgánicas y así las vuelven útiles para las necesidades energéticas de las plantas. Con este fin las bacterias tienen que incorporarse tan íntimamente a las raíces de las plantas, que se vuelven casi indistinguibles de ellas”.

Las bacterias se presentan como un eslabón fundamental para la vida. Las bacterias actúan no solo como eslabón de la vida sino también, integradas en un conjunto organizado, como elementos en la regulación planetaria (Lovelock, 1985). Para la autoorganización propia del ecosistema es necesario tomar en cuenta la rizósfera, en la cual se encuentra una alta población microbiana, la cual se ve incrementada por exudados producidos por las raíces (Pelczar *et al.*, 1982: 637).

Teniendo en cuenta la importancia de esta interacción, se deben plantar especies que presenten diferentes niveles de profundidad radicular, de tal forma que la liberación de nutrientes, y los ciclos que de allí surjan, puedan contar con gran variedad de elementos.

Es importante enfatizar en la variedad de especies, debido a que las relaciones simbióticas que se presenten serán específicas para cada tipo de planta, pues su coevolución presenta una especialización de las necesidades específicas de la misma.

Cuando se introducen varias especies dentro del sistema, se presentan nuevas interacciones, que se han evaluado, tal como lo indica Odum (1995: 147) como relaciones negativas (-), positivas (+) o neutras (0). Algunas de estas interrelaciones son: de competencia (-), depredación (+ -), parasitismo (- +), comensalismo (+0), y cooperación o mutualismo (+ +). Por tanto, es necesario un estudio bien detallado de las condiciones de diseño estructural, en la medida que las interacciones se presentarán no solo entre unos cuantos individuos, sino entre poblaciones.

#### ***Suelo – planta – enfermedades – plagas***

En tanto exista una asimilación adecuada de los nutrientes por parte de la planta, esta presentará el vigor necesario para los mecanismos naturales de defensa de los cuales está dotada. Entre estos mecanismos podemos enumerar, entre otros, la secreción de fitoalexinas y la emisión de alertas por feromonas. Con estos mecanismos el mismo sistema genera una defensa efectiva contra ataques menores de plagas y enfermedades. Por otro lado, es complicado considerar un ataque extensivo de problemas fitosanitarios, ya que la variedad de especies nos plantea la baja incidencia en el sistema total. Se debe buscar restablecer los controladores naturales de dichos problemas, de tal forma que sirvan como elementos autorreguladores dentro del mismo (Altieri y Nicholls, 2003: 999-1009). En este complejo nivel de interacciones, los agro-ecosistemas nos permiten un estudio profundo en las mismas, tal como lo plantea Gliessman (2000: 228) en su tratado de agro-ecología (traducción del autor) como puede verse en la figura 5.1.

El sistema dinámico presenta un sinnúmero de cualidades emergentes que pueden ser aprovechadas en busca del beneficio económico. Es más, con la capacidad autoorganizadora, estas respuestas, pueden potenciarse de tal forma que, rápidamente, se superen los problemas limitantes del mismo.

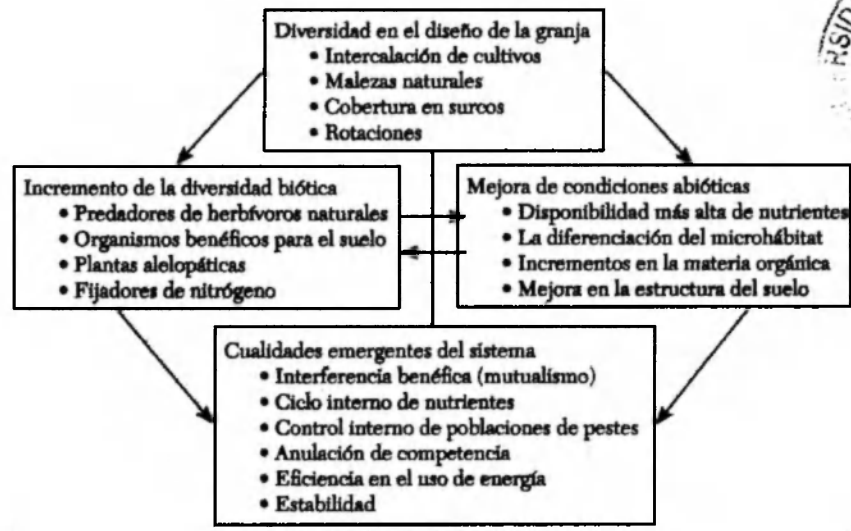


FIGURA 5.1

Sistema dinámico en diversos agroecosistemas, según Gliessman.

### Topografía – ecofisiología – clima

Las plantas presentan su máxima expresión genética en las condiciones climáticas adecuadas. Aun cuando tienen una plasticidad en su comportamiento, es necesario introducir elementos al sistema teniendo prioridad en las condiciones fisiogeográficas, en busca de una mayor posibilidad productiva. Por ejemplo, un estudio del sistema de producción del tipo “revolución verde” hecho por Mario Monti Eduardo, en Argentina, en el extremo sur de la provincia de Santa Fe, para la producción de soja y maíz, permitió concluir que, “el comportamiento de cultivos responde más a los ambientes productivos (interacción del tipo de suelo, relieve y clima) que a la clasificación de suelos planteada en la Carta de Suelos” (Monti, 2002).

Conclusiones como esta abren escenarios para nuevas investigaciones, ya que no se conocen con certeza las interacciones de estas condiciones fisiogeográficas por sí solas, y menos en su interacción frente a otras especies que, en conjunto, forman microclimas con condiciones diferentes a las de un monocultivo. Ayudaría mucho a la comprensión de este tipo de sistemas la realización de estudios sobre las interacciones de las especies cultivables en ecosistemas “aislados”



del hombre, que permitan ver las adaptaciones naturales a las que han llegado.

### ***Producción – clima***

En cuanto a la producción de los componentes y el sistema total, es importante seguir la pista a las relaciones que se presentan con el clima –condiciones de brillo solar, humedad y temperatura–, factores externos que inducen fluctuaciones productivas.

Además de las condiciones externas, existen condiciones de microclimas que se generan dentro del sistema, por lo que es necesario prever posibles inestabilidades del mismo para realizar intervenciones directas, como podas en ciertas especies, drenajes, etc. Pero lo primordial es entender las relaciones presentes dentro del sistema para no hacer prácticas culturales de forma intensiva, y buscar más bien cómo se aprovechan los ciclos presentes en la naturaleza.

### **3.2 Cultura y producción agrícola**

“La creación de una cultura no puede prescindir de la transformación del medio ecosistémico” (Ángel, 1996: 94). Por tanto, las relaciones de producción están inmersas en las prácticas que se hayan institucionalizado. Augusto Ángel nos presenta esta relación en tres fases íntimamente ligadas:

Ante todo habría que reconocer una primera relación “A” que va desde el ecosistema a los sistemas socioculturales. Ello significa que la cultura, como estrategia adaptativa, tiene que ajustarse al medio externo (...). La segunda relación, “B”, va desde el sistema cultural hacia el ecosistema. Podemos llamar a esta, la relación de impacto. (...) A la tercera relación, “C”, le podemos dar con los griegos el nombre de *Némesis*. (...) Cuando una cultura ha traspasado los límites, los impactos ambientales empiezan a presionar el sistema cultural para que cambie o desaparezca (Ibíd.: 94-95).

Estas relaciones no explicitan la importancia del espacio en el que se forma dicha cultura, y el espacio condiciona la respuesta de la sociedad frente a las decisiones que se tomen en un momento dado.

Entonces, es necesario reincorporar el espacio geográfico como punto clave para entender esta relación productiva. Para entenderlo es oportuno considerar el siguiente concepto que nos presenta Mateo (2005: 21):

Concebir al espacio geográfico desde una visión sistémica permitiría abordar al espacio funcional como un complejo, como un sistema espacial dinámico de base estructuralista, que condiciona, de acuerdo con los condicionamientos internos y externos, a las influencias recíprocas en que intervienen tanto los componentes físicos, como los sociales, los recursos físicos, la fuerza de trabajo, el capital, y la información en un complejo dinámico y cambiante.

Encontramos aquí unas limitantes para la implementación del sistema propuesto, relacionados con los componentes fijos, al emerger diferentes configuraciones en cuanto a la propiedad de los “recursos”, la valoración de la fuerza de trabajo y el origen del capital. La implementación de este sistema debe estar proyectado a largo plazo, en tanto que la reestructuración y evolución de los procesos auto-organizativos que tengan éxito estarán presentando un proceso de readaptación y sucesión, con mejoras considerables que pueden ser aprovechadas en el futuro. El entorno de tipo económico (capitalismo salvaje, socialismo) puede condicionar la respuesta del inversionista frente a esta propuesta. En consecuencia, resulta de gran importancia cambiar el enfoque hacia la sustentabilidad, con el que se pueda propender por un beneficio global.

Una ventaja plausible se puede visualizar si se aprovechan los ecosistemas y su configuración espacial. En los últimos años se presenta reducción en el área agrícola; en Colombia tan solo el 20% del suelo es apto para la agricultura (Abdón, 2004). Con la propuesta se puede ampliar la frontera agrícola, si se aprovechan zonas que no tengan las condiciones adecuadas para la alta productividad o no aptas para la agricultura, como las zonas desérticas. Estas zonas pueden ser utilizadas, para lo cual tan solo es necesario encontrar las configuraciones estructurales que potencien el ecosistema y sean de interés, con las plantas y animales que acepte la cultura del mercado potencial.

Otro factor que se debe incorporar es la plataforma instrumental, que incluye las características tecnológicas, pero “para superar la

crisis actual es necesario un cambio de piel, más allá de una receta tecnológica” (Ángel, 2000: 261), y por tanto su pertinencia debe ser evaluada desde el enfoque autopoietico. Para integrar la propuesta con elementos culturales y ambientales, para esto el geosistema natural nos presenta un marco de referencia apropiado ya que...

Al definir al geosistema natural como un conjunto interrelacionado de formaciones naturales y antrop-naturales, el mismo se puede considerar como: un sistema que contiene y reproduce servicios y recursos naturales; un medio de vida y de la actividad humana; fuente de percepciones estéticas y de valores éticos y culturales; un fondo genético; un laboratorio natural (Mateo, 2005: 25).

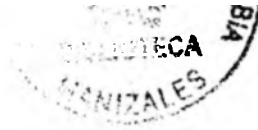
Con la integración de todos estos elementos puede lograrse el cambio cultural, obligatorio para evitar la *Némesis* de la tierra. La integración de la administración al concepto de sustentabilidad, que

[...] propone una renovada comprensión del mundo que, reconociendo los límites y potencialidades de la naturaleza, del ser humano y de la economía, sea capaz de fundar una equilibrada alianza naturaleza-cultura, una solidaria política social y una economía ecológica que conduzcan a una feliz forma de habitar el planeta” (Gross, 2005: 37).

La cultura debe tener fluir en los dos sentidos: en un acoplamiento al medio, que pasa por la transformación del mismo y en un reacoplamiento según las limitaciones del ecosistema para corregir los errores que se cometieron en el proceso. En nuestra propuesta se incorpora este bucle de retroalimentación: existe un flujo desde la cultura que exige unos requerimientos, pero el ecosistema fija unos límites. La interrelación equilibrada logra la transformación de los símbolos que permiten internalizar en la cultura estos límites ecosistémicos.

### **3.3 Intencionalidad de una finalidad, retos para un proceso administrativo**

La configuración estructural de un sistema surge de un proceso de implementación y mantenimiento que, en nuestro caso, requiere confrontar la información del mercado de los productos del sistema



con la capacidad del ecosistema. Para lograr la autoorganización puede proyectarse en cuantas etapas sean necesarias para que, en un proceso sucesivo, se obtengan niveles superiores de organización.

El proceso de configuración debe evitar que el sistema cambie de fase hacia niveles de organización que no correspondan con los intereses del empresario. Surge, entonces, como elemento primordial el control del proceso. En nuestro caso se propone el control para los ecosistemas denominado por pulsos:

(...) las perturbaciones agudas también pueden ser estabilizadoras si ocurren en la forma de pulsos regulares que pueden ser utilizados por especies adaptadas como un subsidio de energía extra. En efecto, una perturbación rítmica a corto plazo impuesta desde fuera (como una función de forzamiento, en la terminología de los modelos) puede mantener un ecosistema en algún punto intermedio de la secuencia de desarrollo, lo que da por resultado un estado intermedio entre la juventud y la madurez (Odum, 1995: 181).

Intervenciones de esta clase requieren mucha información y sincronización. En el modelo general de administración de operaciones (Everett y Ronald, 1991: 44) se esquematizan ciertos procedimientos que se pueden implementar para tener un derrotero claro en la toma de decisiones, sin perder de vista el horizonte epistémico que orienta el trabajo y permite comprender la no linealidad de las reacciones, y la emergencia de nuevas cualidades en cada paso dado. Por ejemplo, en el proceso de siembra se tiene que planear con anticipación cuáles especies se van a usar, diseñar unas metodologías de acción, llevar control de inventarios y control de labores, entre otros, sin perder de vista la capacidad autoorganizativa del propio sistema, de tal forma que se vayan reduciendo las labores según las propiedades emergentes que se presenten.

La estrategia como medio para conseguir objetivos (Mintzberg, 1993) está muy relacionada con el entorno y la estructura de la organización, pero debe estar también enmarcada en parámetros de responsabilidad social y límites ecosistémicos (Boada y Toledo, 2003). Desde la autopoiesis, la estrategia emerge de las interacciones del sistema, no como una imposición, sino como un proceso de adaptación a las capacidades internas y a las oportunidades externas.

#### 4. PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En esta fase se presentan esquemas sucesivos que integran cada uno de estos elementos y sus interacciones en un sistema de producción con fundamento en la teoría de la autopoiesis. Para la formulación se agrupan los principales componentes en diferentes niveles, no por su importancia o jerarquía, sino según la mayor cercanía de las relaciones. Se parte desde la base física hacia el referente conceptual, en bucles circulares y esféricos donde es indiferente la ubicación de los objetos pues la atención se centra en las relaciones.

El presente sistema parte de unos elementos básicos, como son la fase sólida del suelo, el agua, los nutrientes y la fase gaseosa ( $O_2$ ,  $CO_2$ , nitrógeno... etc.) (ver figura 5.2).



FIGURA 5.2

Nivel básico de interacción.

En este nivel emerge el enlace entre lo biótico y abiótico, en donde intervienen las bacterias, las cuales presentan una relación directa con los exudados de las raíces (ver figura 5.3).



FIGURA 5.3

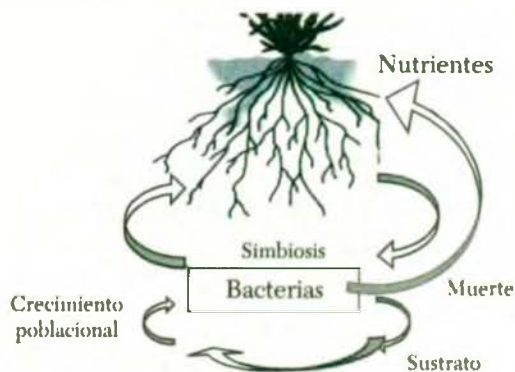
Segundo nivel de interacción.

Se pasa al siguiente nivel que se caracteriza por la diversidad de plantas como árboles, arbustos, hortalizas, gramíneas (ver figura 5.4).



**FIGURA 5.4**  
Tercer nivel de interacción.

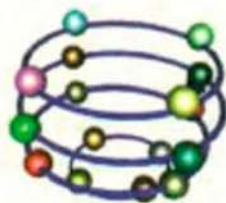
En este nivel la diversidad implica una serie de relaciones que interactúan vívidamente con otros niveles, en la medida en que la diversidad de profundidad efectiva, la flora asociada y los ciclos biológicos generan un entramado de interacciones sobre la flora en el suelo. En especial, la presencia de las bacterias que tienen vínculos asociativos con el huésped genera bucles de retroalimentación positiva que brindan una mayor estabilidad a la relación simbiótica (ver figura 5.5). Se destaca en este punto la capacidad de fijación y desdoblamiento de estas bacterias que introducen nutrientes a su estructura celular, los cuales son puestos a disposición después de su muerte.



**FIGURA 5.5**  
Asociación simbiótica raíz-microflora.

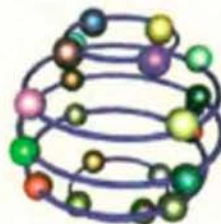
El siguiente nivel de agrupación y relaciones está asociado con la diversidad derivada de las plantas que se entremezclan, de tal forma que se pueden introducir o hacer prosperar pájaros, como espe-

cies predadoras de insectos, control biológico con hongos, insectos o bacterias, cuadrúpedos que puedan ser incorporados al sistema, y otras especies superiores que sirvan para la comercialización (ver figura 5.6).



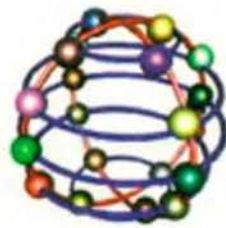
**FIGURA 5.6**  
Cuarto nivel de interacción.

En un nivel superior están los elementos que irradian el sistema, de tal forma que estos imponen los conceptos para la configuración estructural del mismo: condiciones topográficas, condiciones climáticas, cultura y el hombre como beneficiario del mismo (ver figura 5.7). La cultura es un elemento crucial para la formulación del sistema, ya que orientará las decisiones iniciales para el cultivo en términos de los componentes estructurales –especies que se deben escoger para la producción de los alimentos preferidos–, las técnicas de transformación del sistema –las herramientas o mecanismos según la disponibilidad social–, cuidando que el sistema no pierda su capacidad autoorganizadora. Las condiciones topográficas y climáticas son límites para los arreglos estructurales definitivos.



**FIGURA 5.7**  
Quinto nivel de interacción.

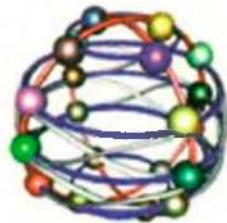
Aunque todos estos elementos se presenten en niveles para facilitar nuestra comprensión, no podemos olvidar que se encuentran conectados en forma de redes de interacciones y de bucles complejos de retroalimentación, de tal forma que cada elemento se convierte en un nuevo nodo de interacción (ver figura 5.8).



**FIGURA 5.8**

Relación de complementariedad de los diferentes niveles.

En la figura 5.9 se presenta una serie de interrelaciones de mayor intensidad entre el nivel 2, 3 y 4, para visualizar una zona de bucles de alta complejidad que mantienen la autoorganización del sistema.

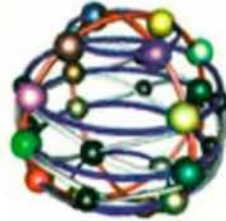


**FIGURA 5.9**

Zona de alta complejidad en las relaciones (líneas grises).

La serie de nodos y sus relaciones en estos niveles pueden tener las siguientes características (ver figura 5.10):

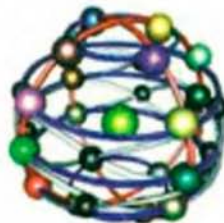


**FIGURA 5.10**

Nodos formados por las interacciones precedentes (color negro).

En los niveles 3 y 4 se establecen interacciones que deben ser muy estudiadas por la intervención de factores como el  $\text{CO}_2$  –plantas con aceptores C4, C3 y CAM–, competencia por luz –coeficiente de extinción– e índice de área foliar (Salisbury y Ross, 2000). La biodiversidad genera mecanismos de control naturales, de tal forma que se pueden llegar a reestructurar cadenas tróficas que sirvan para controlar los problemas fitosanitarios.

Entre la diversidad de plantas y su relación con la microflora (nivel 2 y 3), con la presencia del componente bacterial se liberan nutrientes en condiciones superiores, y emergen estructuras coloidales que superan la capacidad de intercambio catiónico natural del suelo. Su presencia permite corregir problemas de deficiencias o excesos, que genera una sucesión a niveles superiores de organización. El sistema también genera subproductos que pueden ser tomados como residuos utilizables o como ganancia energética por efectos sinérgicos representados en alimentos. Se grafica en el centro de las interacciones porque es un elemento que se rige por todos los demás (ver figura 5.11).

**FIGURA 5.11**

Subproducto generado en el seno de las interacciones (esfera verde central).

La presencia de una serie de bucles por el flujo de materia, energía e información del centro hacia el exterior del gráfico (ver 1 en la figura 5.12), y su interacción con los diferentes niveles del sistema, generan una red de interacciones altamente complejas (ver 2 en la figura 5.12). Su flujo recurrente se convierte en una superficie de relaciones (ver 3 en la figura 5.12) hasta constituirse en el límite de las interacciones en el proceso de autoorganización.

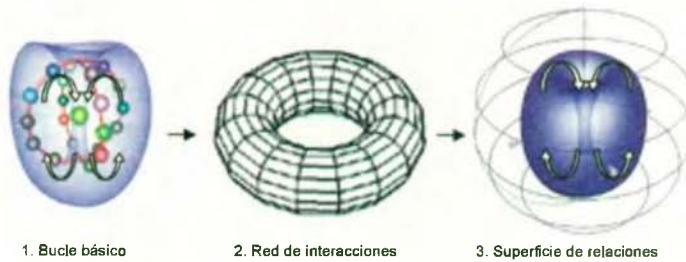


FIGURA 5.12

Formación de límite a partir de la complejización de las relaciones.

Al reunir todos los elementos expuestos anteriormente encontramos la siguiente figura que representa el concepto integrado de la autoorganización:

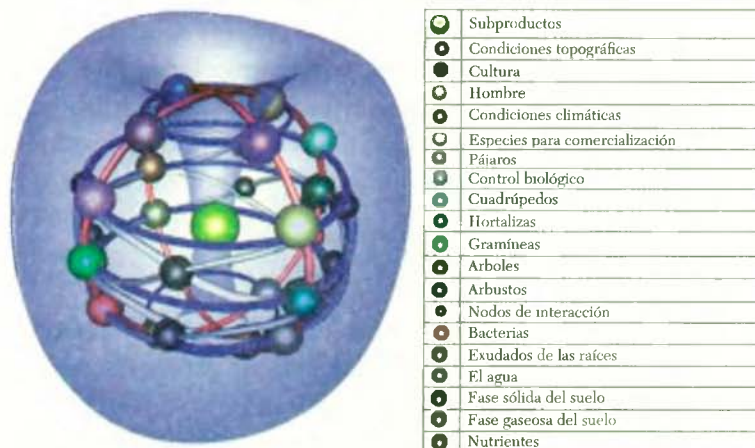


FIGURA 5.13

Sistema de producción agrícola basado en la autopoiesis.

Cuando se incorpora el sistema a un geosistema natural, los diferentes elementos se acoplan de forma integral, tal como se muestra en la figura 5.14.

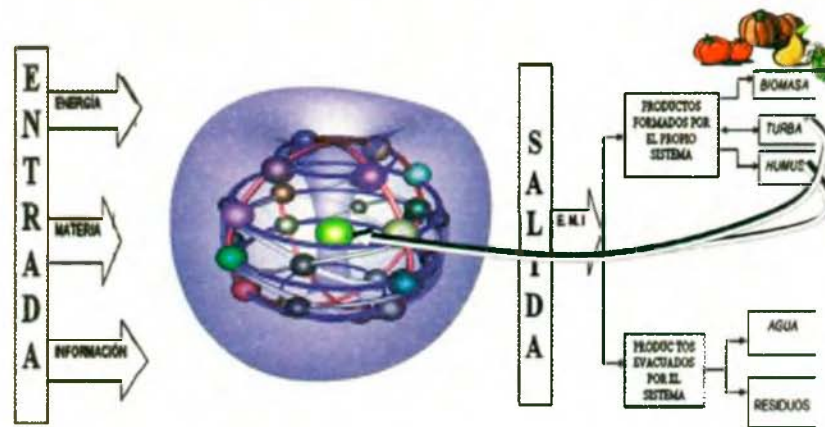


FIGURA 5.14

Integración del sistema agrícola autopoiético en un geosistema natural.

Las entradas del sistema, a partir del geosistema natural, tienen una recirculación interna en la siguiente forma:

- Energía en su mayoría de tipo solar, ya sea acumulada en forma de luz, trabajo, insumos, etc. La energía solar fluye por los diferentes estratos del mismo, con interacciones más intensas en la zona meridional del ecuatorial del esquema, transformándose en otros elementos como alimentos, residuos y calor. Los residuos recirculan y los alimentos son aprovechados por el hombre. El hombre tiene la responsabilidad indelegable de no permitir la pérdida energética del sistema, reincorporando los elementos que más pueda al mismo.
- Materia que se incorpora por la base en un proceso facilitado por las bacterias y otros degradadores, con excepción de los elementos que no hacen parte del sistema.
- Información pertinente según las características del arreglo estructural específico para cada zona. Cuando haya culminado el primer ciclo de producción, podemos tener información de las

interacciones reales del comportamiento del arreglo estructural. La organización estructural se ha llevado a cabo por un tamiz cultural, en el que se toman las especies aptas para la zona, se escogen las que sean aceptadas y se permite su autoorganización. Posteriormente el sistema asumirá de nuevo su autonomía de tal forma que solo algunas de estas especies se adapten y se realice un reacoplamiento de la cultura de manera inversa, en la que se comercialicen en los nichos de mercado adecuados los productos que se puedan extraer del mismo.

Esta propuesta, para ser adoptada, requiere un cambio conceptual en la relación del hombre con la naturaleza: el hombre no debe actuar como dominador de la naturaleza, sino como un integrante más de las interacciones que se dan en ella. Cualquier actividad humana en su adaptación del medio como formación cultural debe estar enmarcada en el concepto de sustentabilidad, dejando a un lado los imaginarios de poder y dominio característicos de los enfoques economicistas.

#### Referencias

- Altieri, Miguel A. and Nicholls, Clara Inés. (2003). Ecologically Based Pest Management: A Key Pathway to Achieving Agroecosystem Health. *Managing for Healthy Ecosystems*. Lewis Publishers, 1510 p.
- Ángel Maya, Augusto. (1996). *El reto de la vida*. Bogotá: Ecofondo, 109 p.
- \_\_\_\_\_. (2000). *La aventura de los símbolos. Una visión ambiental de la historia del pensamiento*. Bogotá: Ecofondo, 127 p.
- Arango, Wilfer. (2004). Perspectiva compleja, caótica y viva para las organizaciones la jerarquía compleja. Tesis de maestría en Administración (inédita). Manizales, 296 p.
- Boada, Martí y Toledo, Víctor M. (2003). *El planeta nuestro cuerpo: la ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad*. México: FCE, SEP, Conacyt, Colección La ciencia para todos 194, 237 p.

- Capra, Fritjof. (1999). *La trama de la vida: una nueva perspectiva de los seres vivos*. Barcelona: Anagrama, 361 p.
- \_\_\_\_\_. (2002). *Las conexiones ocultas*. Barcelona: Anagrama, 389 p.
- Cortés Lombana, Abdón. (2004). *Suelos colombianos: una mirada desde la academia*. Capítulo 2. Tierras para la producción de alimentos en el país. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Recursos Naturales, 198 p.
- Domínguez M., José. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill, pp. 72-143.
- Everett E., Adam y Ronald J., Ebert. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*, 4a. ed. México, Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., 739 p.
- Gliessman, Stephen R. (2000). *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Lewis Publishers, 357 p.
- Gross, Patricio. (2005). Medio ambiente y desarrollo sustentable. *Gestión ambiental a nivel local*. Santiago de Chile, Ediciones Surambiente, pp. 15-40.
- Ibáñez, Jesús. (1990). *Nuevos avances en la investigación social*. Barcelona, Proyecto a ediciones, 175 p.
- Leff, Enrique. (2000). *La complejidad ambiental*. México: Siglo veintiuno editores, 314 p.
- Lovelock, J. E. (1985). *GAIA: una nueva visión de la vida sobre la tierra*. Barcelona: Hyspamerica: Ediciones ORBIS, S. A., primera publicación en 1979, 187 p.
- Luhmann, Niklas. (1997). *Sociedad y sistema: la ambición de una teoría*. Buenos Aires: Paidós I.C.E.-U.A.B., 144 p.
- Malagón, Ricardo y Prager, Martín. (2001). *El enfoque de sistemas: una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola*. Palmira: Feriva S. A., 190 p.
- Mateo R., José, Vicente da Silva, Edson, Brito C., Agostinho P. (2004). *Geoecologia das paisagens: Uma visão goessistêmica da análise ambiental*. Ceard: Editora UFC, 222 p.
- \_\_\_\_\_. (Nov. 2005). Ciencias, tecnologías, políticas, legislación y ambiente: la cuestión ambiental desde una visión sistémica.

- Revista Ideas Ambientales*, 2: Ciencia, tecnología, política y legislación ambientales: una relación necesaria en la Universidad. S. XXI, pp. 4-36. Extraído el 4 de mayo de 2007, de: [http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev\\_ideasAmb/documentos/IAedicion2Art01.pdf](http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedicion2Art01.pdf)
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco. (1997). *De máquinas y seres vivos*, 4a. ed. Santiago: Editorial Universitaria, 138 p.
- Mintzberg, Henry y Quinn James, Brian. (1993). *El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos*. 2a. ed., México: Prentice Hall Hispanoamericana, S. A., 1207 p.
- Monti, Mario E. (2002). *Análisis de resultados de un sistema de producción agrícola. ¿Estamos realizando una correcta toma de decisiones?* Extraído el 4 mayo de 2007 de <http://www.santafe.gov.ar/magic/carnes/analisis.doc>
- Odum, Eugene. (1995). *Ecología: peligra la vida*. México: Nueva editorial Interamericana McGraw-Hill, 268 p.
- Pelczar J., Michael, Reid D., Roger y Chan E. C. S. (1982). *Microbiología*, 4a. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 826 p.
- Reina Barth, José Otocar. (2000). *La agronomía desde la complejidad*, 17 p. Extraído el 4 de mayo de 2007, de: <http://www.agbioinfo.com/literatura/agricultura/agron-com.pdf>
- Salisbury, Frank B. y Ross, Cleon W. (2000). *Fisiología de las plantas* 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Madrid: Paraninfo Thonson Learning, 988 p.
- Spedding C. R. W. (1979). *Ecología de los sistemas agrícolas*. Barcelona: H. Blume ediciones, 320 p.
- Tomadoni, Claudia. (Nov. 2005). Territorio y ambiente: una mirada geográfica. *Revista Ideas Ambientales*, 4: Artes, educación y ambiente: propuestas ético-estético-ambientales de comprensión de la cultura, pp. 5-17. Extraído el 4 de mayo de 2007 de: [http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev\\_ideasAmb/documentos/IAedicion4.pdf](http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedicion4.pdf)
- Von der Becke, Carlos. (s. f.). *Portal de Carlos H. von der Becke*. Extraído el 4 de mayo de 2007, de: <http://club.telepolis.com/ohcop/index.html>

## CAPÍTULO 6

### HOLONARQUÍA ADMINISTRATIVA: ÉTICA COMPLEJA DE LAS RELACIONES ORGANIZACIONALES<sup>1</sup>

*Julián Andrés Gómez Sánchez<sup>2</sup>*  
*Ana Patricia Noguera de Echeverri<sup>3</sup>*

---

#### INTRODUCCIÓN

En este documento, se pretende sentar las bases teóricas de lo que se denominará holonarquía administrativa, que sugiere un cambio de visión ética en las relaciones de las personas dentro de la organización, enmarcadas tradicionalmente en un marco rígido propio de la jerarquía tradicional y que aleja valores propios de la naturaleza que siempre han existido de alguna manera entre los seres humanos. La cooperación, la solidaridad y el cuidado son valores que deben estar presentes siempre en las relaciones jerárquicas de la organización, con el fin de transmitirlos al medio natural y económico que la rodea, y de esta manera contribuir al cambio paradigmático que se está gestando en la actualidad.

#### **EL PASO DE LA JERARQUÍA A LA HOLONARQUÍA: CAMINO HACIA UNA NUEVA ÉTICA EN LAS RELACIONES DE LAS PERSONAS, LAS ORGANIZACIONES Y EL MEDIO AMBIENTE**

Los comienzos de la cultura jonia estaban enmarcados en una ética de dominio y consolidación militar, otorgándole gran valor a la

---

<sup>1</sup> Este capítulo se elaboró a partir de la tesis de maestría *Holonarquía administrativa: ética compleja de las relaciones organizacionales*, realizada en el año 2005.

<sup>2</sup> Magíster en Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

<sup>3</sup> Profesora titular, coordinadora del grupo de investigación Pensamiento ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

batalla y tratando de hacer a los hombres dignos de los dioses, los cuales dominaban, a partir del mito, su propio destino.

La tradición griega se había organizado sobre los mitos homéricos... Esta tradición cultural había dado como resultado una manera muy peculiar de entender la naturaleza y al hombre... El mundo como totalidad está regido por un destino interno, al que obedecen tanto los dioses como los hombres. No existe libertad, ni tampoco, por supuesto, la igualdad. Es un mundo jerarquizado, en el que los dioses están sometidos al destino y los hombres tienen que obedecer a los dioses. Un mundo en el que la sociedad obedece el mandato de uno solo (Ángel, 2001: 8).

La misma sociedad griega conservó relaciones de esclavitud que consideraban útiles e incluso necesarias, lo cual mantuvo las relaciones jerárquicas como elemento de orden social y militar, sin la cual no se podría consolidar un estado fuerte en términos políticos. Si bien esta visión está presente desde los jonios, se acentúa un poco más con Platón, quien ve al hombre bueno como buen ciudadano.

Incluso las ideas de los jonios pretendían alejar a los hombres de los dioses y acercarlos más a la tierra. Ya no era precisa la explicación mítica de Homero, pues los presocráticos sospechaban que el comportamiento del hombre pertenecía más a lo terrenal que a lo propiamente ilusorio.

El hombre ha renunciado a las explicaciones míticas, para encontrarse con su dualidad, con el fondo de irracionalidad que envuelve toda acción humana. El bien y el mal residen en él... Eurípides se inclinó a un racionalismo ético, mientras Sófocles intentará construir una aritmética moral. Para Eurípides, el descubrimiento de un cuadro ético o jurídico no resuelve en absoluto la dualidad misma de la acción. Más aún, coloca al hombre conscientemente ante el problema de la irracionalidad de su propia acción (Ibíd.: 9).

Si bien Eurípides encuentra un problema en la solución a la dualidad de las acciones del hombre, su estudio no lo resuelve mandando la acción a un estado divino, sino que se adentra en el estudio de la parte pasional del ser, la cual no debe ser sacrificada por fines



éticos, pues el hombre posee tanto posibilidades éticas como extravagancias antiéticas.

La pregunta para Eurípides es, en último término, si el hombre debe medirse por el ideal ético o si este ideal corresponde solamente a una parte de nuestro yo. El hombre no es solamente idealidad jurídica, sino también extravagancia antiética. No se puede sacrificar impunemente la parte pasional de nuestro ser... (Ibíd.: 9).

Para los sofistas, por ejemplo, la responsabilidad abarca un amplio espectro dentro de su propuesta ética. No se deben dejar las equivocaciones de los hombres en manos de un destino extraño y lejano o motivadas por seres divinizados que ven en el hombre su proyección práctica; por el contrario, cada persona debe asumir la responsabilidad en su actuación, así como las consecuencias derivadas de las equivocaciones.

Sin embargo, el peso de la propia responsabilidad es demasiado exigente. Es preferible disolverla en entidades menos trascendentes, pero igualmente impersonales. La herencia o la vida cósmica anterior pueden servir también de refugios para disolver la propia responsabilidad. Así surgen las hipótesis morales de la culpabilidad hereditaria, o de la metempsicosis. Los dioses, que nada tenían que ver con la acción ética, empiezan a ser considerados como justicieros, al igual que sucederá en Israel (Ibíd.: 10).

Con Platón se consolida la idea del ser trascendente, la ética ya no pertenece más a los hombres y su comportamiento debe seguir los parámetros ideales del bien trascendente como mandato exigido en búsqueda del absolutismo de lo que se considera como bien:

Para Platón... la virtud se alcanza acercándose al bien absoluto, que está situado en uno de los extremos. En el otro extremo sólo puede existir el mal absoluto. Entre estos dos extremos no puede haber compromiso... El bien no depende del consenso ciudadano ni de la opinión de las mayorías. No se regatea en las plazas públicas. Existe por fuerza de cualquier contingencia (Ángel, 2004: 54).

Esta idea del bien platónico no deja de ser más que una especie de dictadura idealista, consistente en mantener al hombre ocupado

en conseguir un estado ético inalcanzable por su propia naturaleza y, por ende, alejándolo de su sentido terrenal para ubicarlo en un sitio de contemplación divina próximo a la ilusión.

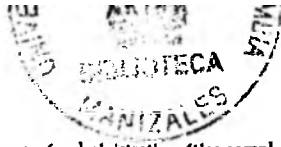
Con Aristóteles, al contrario, se pretendió una aproximación al equilibrio existente entre el bien y el mal, entre lo justo e injusto. Ya que no se puede lograr el bien absoluto de Platón, el dominio del término medio es, para Aristóteles, el bien ético.

El bien ético no es, en su opinión, una idea intemporal, sino la búsqueda difícil de un equilibrio entre el bien y el mal, que intenta centrarse en una zona intermedia. Alcanzar exactamente el punto de equilibrio es prácticamente imposible. Así pues, el bien absoluto no existe. Nuestra acción siempre es una mezcla entre el bien y el mal y sólo evitando los extremos podemos acercarnos al punto de equilibrio” (Ibíd.: 56).

Aunque Aristóteles pretendió ubicar en un plano más cercano a la naturaleza humana su idea de bien ético, no logró mantener su cometido y emprendió la tarea de juzgar las pasiones del hombre en el campo animal, y terminó construyendo un pedestal a la razón, lejos de la integración entre pasión humana y razón, como elementos constitutivos del mismo ser.

Aunque con los jonios se pretendió estudiar al hombre a partir de la naturaleza, derribando cualquier rigor jerárquico entre estos dos elementos, es de vital análisis aproximarnos a la idea que poseían acerca del comportamiento entre individuos, especialmente entre diferentes pueblos. Si la virtud se encontraba estrictamente relacionada con la fuerza de la coacción violenta, es fácil entender por qué se prefirió aceptar una propuesta ética que colocaba al hombre por encima de la naturaleza y, por ende, por encima de las demás personas, que una propuesta que ubicaba al hombre en igual escala que la naturaleza, es decir, el hecho de aceptar que el hombre es naturaleza significaba aceptar también que los demás hombres hacían parte de la misma naturaleza y, por ende, que eran iguales. La esclavitud quizás hubiera iniciado su decadencia antes de nacer.

Los problemas de las jerarquías organizacionales se tratarán al final del texto; por ahora, se describirá la forma en que se instauró la concepción ética moderna en la cultura occidental.



Con el triunfo de las religiones, motivado por la propuesta platónica, la historia de la humanidad presenta, quizás, uno de sus momentos más dramáticos con el oscurantismo; siglos de ignorancia y contemplación divina mantuvieron al hombre lejos del conocimiento, pero cercanos a la idea de ser superior frente a la naturaleza. Si Dios existía y poseía una naturaleza próxima a la del hombre, no había condición alguna que hiciera de este una parte más de la naturaleza sino su dueño y señor. Aun sin el triunfo de la razón, la idea del ser trascendente religioso fortaleció la idea de superioridad humana frente a las demás especies, las cuales existían sólo como medio de supervivencia humana. Aun sin la razón, el hombre celebra su triunfo sobre la naturaleza.

Con el Renacimiento se da la superación del hombre. Con los avances científicos de la época y el renacer de la filosofía, el hombre se estaciona en el centro del universo. Todo es posible a través de la razón, y a partir de esta no existe posibilidad alguna de colocar al hombre al mismo nivel de la naturaleza. El hombre cambió de dios, y pasó de adorar a un ser desconocido y lejano a adorar su propia capacidad de razonar sin tener que dar explicación de sus actos.

Por una parte, desde el Renacimiento, el hombre aparece como un pequeño dios omnipotente, que puede transformar, a la manera de Fausto, todos los elementos de la alquimia natural, sin tener que responder por ello a los jueces de la tierra. Pero la tierra tiene su manera de responder. Es lo que llamaban los griegos con el poético nombre de Némesis. La tierra, herida sin consideración, fragmentada y desequilibrada en su ritmo, se venga del hombre y de las culturas (Ángel, 2001: 1).

Es a partir de Spinoza que la filosofía se aproxima a dar respuestas terrenales a las diferentes motivaciones humanas. Si se considera al hombre parte de la naturaleza, aunque no se renuncie todavía a la idea de un ser superior mezclado en todo y por todo (panteísmo), se está por lo menos aproximando a una idea de la naturaleza humana lejos de lo trascendente y propia de la vida natural. La explotación de la naturaleza es, para Spinoza, consecuencia de la visión ordenadora del hombre, es decir, el concepto de orden para el hombre no es más que la utilidad práctica que la naturaleza le pueda brindar.

El orden se lo imaginan los hombres de acuerdo con su propia utilidad. Así llegan a creer que la naturaleza ha sido creada para beneficio del hombre y por ello le atribuyen maldad o bondad, fealdad o belleza, de acuerdo con sus propias conveniencias. Los conceptos éticos o estéticos de bondad, maldad, belleza o fealdad resultan, por tanto, de las ideas de finalidad que se fingen los hombres, y en esta forma ellos “dicen que una cosa es buena o mala, sana o corrompida, según son afectados por ella”. Para Spinoza, en cambio, las cosas no son más o menos perfectas porque “agraden o afecten los sentidos de los hombres” o porque “convengan o repugnen a la naturaleza humana” (Ibíd.: 11).

En el pensamiento de Spinoza se vislumbra brevemente lo que se considerará una nueva ética en el campo organización. Si el concepto de orden es para Spinoza una idea inmanente de la naturaleza, que no tiene por qué gustar o disgustar al hombre, nos aproximamos a la idea de orden holonárquico, el cual no está diseñado para el gusto o beneplácito de las personas, sino para los objetivos comunes a cada holón.

Siguiendo el pensamiento spinocista, y rescatando de este las ideas próximas al desarrollo de la ética en la holonarquía, es posible encontrar conceptos claros cercanos al de holón. Para Spinoza:

Los seres se articulan, obedeciendo simplemente a las posibilidades materiales de ajuste que existen entre ellos. Todo cuerpo está rodeado de otros cuerpos y recibe de ellos influencias y modificaciones, y en este sentido restringido y puramente mecánico, se puede decir que cualquier organismo, incluido el hombre, hace parte de la totalidad de la naturaleza. Ello no significa, sin embargo, que el todo pueda ser considerado como un orden. “La naturaleza no tiene fin alguno prescrito a ella”. Por ello, “todas las causas finales sólo son ficciones de los hombres”. Las piedras no se caen de los tejados para matar a los hombres (I. Apéndice) (Ibíd.: 1).

De aquí se desprende que el hombre posee una responsabilidad superior a la establecida por la ética cristiana propia del oscurantismo, e incluso del Renacimiento, pues la responsabilidad en términos de Spinoza no es sólo con los demás individuos, sino con toda la natura-

leza; es decir, incluso el frágil ejercicio de distinguir entre hombre y naturaleza ya es una división que quizás no agrade a Spinoza. Aunque la ética de Spinoza contribuye enormemente a la consolidación del nuevo concepto de ética que se pretende, el hecho de involucrar a Dios en todos los elementos de la naturaleza supone un ejercicio difícil de desarrollar, por cuanto en la ética de la holonarquía se tratará de alejar cualquier sombra de trascendencia que ubique de nuevo al hombre por encima de la naturaleza.

Si bien no se trata de hacer un seguimiento pormenorizado de la historia de la ética, no se puede proseguir sin antes reseñar los conceptos kantianos que hicieron de Occidente la cultura dominante y explotadora por méritos propios, hecho que aunque no soporta la consolidación de una nueva ética, sí llama la atención sobre los fracasos de la “vieja moral de Kant”.

Con Kant se inicia una férrea defensa de la libertad humana, puesta en peligro por Spinoza. “No era fácil mantener los derechos de la libertad frente a una ciencia que sometía todos los fenómenos a las leyes determinísticas de la causalidad. Las cosmología de Newton difícilmente podía compaginarse con la creencia de un hombre libre, capaz de romper el orden de las determinaciones” (Ángel, 2001: 28). Sin embargo, la idea de libertad era esencial para una sociedad que iniciaba una nueva época, con el triunfo de la revolución francesa y que se había consolidado en lo jurídico y en lo político. Cualquier amenaza, por muy filosófica que fuera, debía ser aniquilada o por lo menos debatida. A esto Kant le invirtió muchos años de su vida.

Kant, en la búsqueda de otorgarle al hombre la misma libertad dentro de la filosofía que la que este había logrado en el campo de batalla, presenta como bandera la división entre estética, ciencia y ética, como si dicha división fuera posible. Y somete cualquier examen moral al imperativo categórico como herramienta para actuar correctamente. Pese a que el hombre por esencia puede saber qué está bien y qué está mal, por cultura o tradición este concepto pierde valor. El hecho de asesinar en sí está mal, el derecho a la defensa propia en sí está bien, ¿y qué ocurre cuando ambas se dan? El análisis particular de cada caso posible es peligroso para el entendimiento del imperativo categórico kantiano. “El imperativo categórico no es una ley particular, sino el fundamento de toda ley, o sea, la raíz oculta de la

obligación” (Ángel, 2001: 33). Con el imperativo categórico no importa cómo son los hombres sino cómo deberían ser. “No puede haber, en efecto, una ética de la naturaleza, puesto que esta no puede imponer imperativos categóricos. Estos pertenecen solamente al resorte de la voluntad. Tampoco la moral se puede concebir como una ley natural, sino como una ley de la libertad” (Ibíd.: 35).

Kant aleja de esta manera a la naturaleza del hombre, pues considera al reino animal y al vegetal próximos a la sensibilidad humana, y esta no puede ser concebida desde un imperativo categórico. Solo en el ejercicio de la razón se puede obrar correctamente.

La perspectiva ética no ha sufrido cambios notables desde Platón hasta Kant, pues se podría decir que estos dos filósofos lograron mantener el reino de lo trascendente hasta sus últimas consecuencias. El papel de la naturaleza no ha dejado de ser el de mero instrumento de consumo o de alacena para el inagotable apetito del hombre. Si bien los presocráticos, Spinoza y Marx trataron de integrar la naturaleza al sentido ético del hombre, este planteamiento ha fracasado hasta hoy por cuenta de la división que aún se mantiene entre ciencia y ética, haciendo de la ética un ideal o un deber ser lejano y próximo a la diosa de Parménides.

Ahora se escuchan nuevas voces que invitan a reflexiones profundas; son las voces de la periferia que indican que al hombre como parte de la naturaleza aún le queda esperanza, que la naturaleza se autoorganiza y re-crea y que, en esa medida, el hombre aún puede seguir soñando...

#### **EN BÚSQUEDA DE RESPUESTAS: EL CONCEPTO DE HOLÓN**

Con el fracaso de la modernidad se abre la puerta a todos los pensamientos de periferia que venían advirtiendo de la necesidad de estudiar el comportamiento humano desde un enfoque relacional, sistémico y de conjunto. En este sentido, se hará referencia precisa a una nueva teoría que pretende estudiar a la naturaleza como hábitat del hombre, en donde el hombre es un todo pero también es una parte de un todo superior y al cual debe contribuir a cuidar y conservar.

Si se pretende derribar las barreras impuestas por los racionalistas kantianos y cartesianos, se debe mirar la “otra orilla” y descubrir



nuevas formas de abordar la problemática ética de las organizaciones como emergencias de la naturaleza. Se pueden seguir los ejemplos de los demás seres vivos, en los que prima la cooperación y la asociación antes que la lucha a muerte por sobrevivir<sup>4</sup>. En este sentido se puede afirmar que la jerarquía tradicional debe ser superada, y antes de llegar a ella se deben iniciar procesos de integración, pues en la jerarquía clásica se presentan las imposiciones y en la integración surgen la cooperación y la asociación.

Según Capra (1992: 31), en este proceso hay dos tendencias que pueden mirarse como “cambios desde la asertividad a la integración”, tendencias ambas esenciales en los sistemas vivos, ni buenas ni malas por sí mismas, pero que deben estar en equilibrio. La cultura industrial occidental ha privilegiado las tendencias asertivas, que se caracterizan por un pensamiento racional, analítico, reduccionista y lineal, a diferencia de las tendencias integrativas que prefieren la intuición, la síntesis, lo holístico y lo no lineal<sup>5</sup>.

Estas tendencias, involucradas directamente con el interior de una organización económica, deben procurar la integración de sus postulados; ambas contribuyen a la dinámica propia del proceso empresarial y ambas son necesarias en diferentes escenarios y para la aplicación de diferentes metodologías. Pero sucede, además, que la visión ética también debe cambiar y asumir igualmente una perspectiva holística que permita el reconocimiento del otro como igual, al entender que ambos pertenecen a un sistema mayor, no escalar sino complejo. Para abordar este cambio, en el presente documento se propone desarrollar el concepto de holón, como un esfuerzo por consolidar una ética jerárquica en la empresa, diferente a la presentada por la tradición organizacional y basada en los postulados propios de la ética ambiental y la ecología profunda.

Todos los sistemas vivos, ya sean estos orgánicos, como en el caso de una célula, o superorgánicos, como en el caso de una sociedad o un sistema ecológico, son holones. Esto quiere decir que poseen un

<sup>4</sup> Patricia Noguera, *El reencantamiento del mundo*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, p. 53.

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. 53.

tipo de ser dual. Son en sí mismos un todo y al mismo tiempo parte de otro todo superior. Esta idea muestra que todos los niveles se encuentran conectados entre sí y actúan en conjunto. Una totalidad de holones que actúan en conjunto se llama holonarquía, término muy parecido al de jerarquía, pero con el sentido de un orden más grande. En todo caso, este término indica que los subsistemas particulares actúan como unidades independientes, y a pesar de ello están ligados al orden de la "holonarquía". Por consiguiente, cada holón cumple en forma independiente con el orden de la holonarquía.

El primero en utilizar este término fue Arthur Koestler, quien

Some 25 years ago, proposed the word "holon". It is a combination from the Greek holos = whole, with the suffix on which, as in proton or neutron, suggests a particle or part.

Two observations impelled Koestler to propose the word holon. The first comes from Herbert Simon, a Nobel prize winner, and is based on his 'parable of the two watchmakers'. From this parable, Simon concludes that complex systems will evolve from simple systems much more rapidly if there are stable intermediate forms than if there are not; the resulting complex systems in the former case will be hierarchic.

The second observation, made by Koestler while analysing hierarchies and stable intermediate forms in living organisms and social organisation, is that although it is easy to identify sub-wholes or parts, 'wholes' and 'parts' in an absolute sense do not exist anywhere. This made Koestler propose the word holon to describe the hybrid nature of sub-wholes/parts in real-life systems; holons simultaneously are self-contained wholes to their subordinated parts, and dependent parts when seen from the inverse direction.

Koestler also establishes the link between holons and the watchmakers' parable from professor Simon. He points out that the sub-wholes/holons are autonomous self-reliant units, which have a degree of independence and handle contingencies without asking higher authorities for instructions. Simultaneously, holons are subject to control from (multiple) higher authorities. The first property ensures that holons are stable forms, which survive disturbances. The latter property signifies that they are intermediate forms, which provide the proper functionality for the bigger whole.



Finally, Koestler defines a holarchy as a hierarchy of self-regulating holons which function (a) as autonomous wholes in supra-ordination to their parts, (b) as dependent parts in sub-ordination to controls on higher levels, (c) in co-ordination with their local environment<sup>6</sup>.

Lo anterior explica claramente la percepción jerárquica que Koestler encontró dentro de los sistemas complejos, lo cual le permitió construir su cuerpo teórico a partir de las relaciones lineales y complejas que se encuentran en los organismos y organizaciones. El carácter dual de un holón le permite ser parte de un sistema superior, y al mismo tiempo ser el todo de un sistema más simple. Las características de los holones que describe Koestler en líneas anteriores, precisa que las partes individuales son las unidades independientes autónomas, que tienen un grado de independencia y pueden responder a situaciones determinadas sin pedir autorización a entidades superiores, pero al mismo tiempo estas unidades independientes están dentro de un cuadro de control de unidades más complejas. La primera característica se asegura de que los holones sean las formas estables, que sobreviven a los disturbios. La última característica significa que son las formas intermedias, que proporcionan la funcionalidad apropiada para el sistema superior.

Una posibilidad de superar la jerarquía y trasladarla al ámbito de la integración es a través del concepto de holón, el cual sugiere la necesidad de conservar un orden, pero a la vez propone al caos como una posibilidad de autoafirmarse.

Arthur Koestler acuñó el término “holón” para denominar a los subsistemas que son a la vez una unidad y parte de otra, poniendo de relieve las dos tendencias opuestas de cada “holón”: la tendencia integradora que funciona como parte de la unidad mayor y la tendencia autoafirmante que preserva su autonomía individual. En un sistema biológico o social (la empresa) cada “holón” tiene por un lado que afirmar su individualidad a fin de mantener el orden estratificado del sistema, y por el otro, tiene que someterse a las exigencias de la uni-

6

Documento extraído el 31 de marzo de 2005 de: [www.mech.kuleuven.be/goa/hms-int/history.html](http://www.mech.kuleuven.be/goa/hms-int/history.html)

dad mayor a fin de que el sistema sea viable; estas dos tendencias son opuestas y, al mismo tiempo, complementarias (Capra, 1992: 47).

Es importante resaltar cómo en el concepto de Koestler existe por una parte la tendencia del holón a someterse a las exigencias de la unidad mayor, característica propia de la jerarquía clásica, pero también posee la posibilidad de autoafirmarse con el fin de mantener su autonomía individual, característica ausente en el concepto de jerarquía tradicional.

Continuando con este desarrollo conceptual, Sahtouris afirma:

Una holarquía es el ambiente global al que pertenecen los holones, es en sí la "totalidad de totalidades". Una empresa es una holarquía donde funcionan los holones como los equipos. Es al mismo tiempo un holón, pues está incorporado a la sociedad (holarquía) en la cual opera. Un individuo también es un holón. Pero en el antiguo modelo (o historia) de la empresa, a menudo se sentía como un extraño que contemplaba la organización, en vez de sentirse un participante incluido dentro de un sistema vivo (Valdés, 1995: 33).

La afirmación del autor, según la cual el empleado se sentía como un extraño dentro de la empresa, se evidencia en el tratamiento que según la teoría clásica de la administración se le daba al empleado como una mera extensión del proceso productivo. Esta característica, aún presente en ciertos círculos empresariales, hace que las relaciones en la empresa no estén sustentadas en premisas de cooperación, solidaridad y cuidado, sino sobre premisas de apatía y poco compromiso del empleado frente a su labor y sus semejantes.

Para Riagno,

Un holón es una entidad cuádruple que comprende un interior (intención, conciencia, subjetividad) y un exterior (extensión, forma-materia, objetividad) a un nivel tanto individual (localizado) como social (colectivo). Un holón (total o superior) trasciende e incluye a sus holones (partes o inferiores). Por ejemplo, una molécula trasciende e incluye a sus átomos; un ser humano trasciende e incluye su ser reptiliano. Un artefacto es una entidad creada por un holón; su representatividad deriva de la del holón. Un artefacto (totalidad, sistema)

incluye y organiza (de un modo físico, conceptual o espiritual) sus componentes (partes, elementos) (Riagno, 2002: 18).

Tal enfoque está claramente ligado a la concepción holística de la organización derivada de la teoría de sistemas y alimentada por los aportes contemporáneos de la teoría de la complejidad y la ética ambiental. La anterior definición aclara básicamente el estudio de los cuatro cuadrantes del Kosmos, elaborado por Wilber, y que constituye una aproximación holística al estudio de las relaciones humanas desde una percepción abarcadora y totalizante. “Los estudios holónicos constituyen un avance en la intención de contar con visiones más abarcativas, holísticas y sistémicas que expliquen e integren la realidad humana con la realidad organizacional en un paradigma más acorde con los tiempos que vivimos (Riagno, 2002: 60).

Las organizaciones, una vez consideradas como sistemas vivos, deben poseer ámbitos de participación de cada uno de los holones, que contribuyan a resolver distorsiones o ruidos que afecten el funcionamiento de la organización o que estén directa o indirectamente afectando el medio natural. No se puede iniciar una ética dentro de la organización sin estudiar a fondo las implicaciones sobre la naturaleza y sobre la organización como sistema vivo.

En las organizaciones pueden encontrarse dos tipos de configuraciones. La primera de ellas corresponde a las estructuras formales constituidas por normas y reglas, funciones y distribución de poder (organigrama, manuales, reglamentos, políticas, etc.). La segunda, corresponde a las estructuras informales que son redes autopoiesicas, donde la comunicación permite el intercambio de habilidades y la puesta en común de conocimiento. Es en estas últimas estructuras en donde toma asiento la fuerza vital de una organización, dado que en las comunidades que se forman es posible encontrar flexibilidad, creatividad y aprendizaje. Estas comunidades son, en efecto, las que categorizan a las organizaciones como sistemas vivos<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Wilfer Ignacio Arango Fernández. El carácter “eco-poiesico” de las organizaciones empresariales consideradas como sistemas vivos. *Decisión Administrativa, Revista del Departamento de Administración*, N° 7, enero-junio de 2004. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, p. 43.

Estas comunidades se catalogan como holones individuales, que a partir del intercambio vital con otros holones de la organización contribuyen a su desarrollo organizacional. La cooperación, la solidaridad y el cuidado son, en la dinámica del holón, elementos fundamentales para la consecución de los objetivos del sistema, objetivos que están dirigidos también hacia las necesidades individuales de las unidades básicas.

Se puede entender que, aun con la incorporación de un nuevo concepto en el campo ético, no se soluciona el problema de dominación natural por parte del hombre. Si bien la idea de holón puede funcionar perfectamente en el ámbito estructural de una organización, y de ahí contribuir a una visión integradora del todo y las partes, el comportamiento de dichas partes debe estar orientado al logro de los objetivos generales del holón superior, y el comportamiento del holón general debe contemplar el logro de los objetivos particulares del holón autónomo. ¿Qué valores pueden surgir de las relaciones entre holones dentro de una organización, si incluso a primera vista el holón autónomo puede estar enfrentado a principios que él no comparte? ¿Qué pasa en la solución de conflictos? ¿Qué sucede con la ética al instante del caos?

... en la actual teoría, el término “grupo” no se agota en una muchedumbre congregada en un lugar, sino que alude a cualquier holón social gobernado por un tipo fijo de reglas –por ejemplo, el lenguaje, las tradiciones, las costumbres, las creencias, etc.– que define su identidad colectiva, dotándole de cohesión y de un “perfil social”. En tanto que holón autónomo, posee su propio esquema de funcionamiento y se rige por un código intrínseco de conducta, que no cabe “reducir” a los códigos particulares que gobiernan la conducta de sus miembros en su actividad como individuos autónomos, y no como partes del grupo...<sup>8</sup>.

El problema que presenta el código de conducta “intrínseco” sugiere un punto posible de contradicción entre los objetivos y las necesidades de un holón individual frente a las necesidades y objetivos

---

<sup>8</sup>

Arthur Koestler. *Ad Maiorem Gloriam...* Documento extraído el 10 de mayo de 2005, de: <http://tiblioweb.sindominio.Net/pensamiento/koestler.html>

de uno general. En este punto es donde la contribución de la ecología profunda y la ética ambiental, ampliamente estudiadas por autores como el profesor Augusto Ángel Maya o la doctora Ana Patricia Noguera de Echeverri, por citar algunos, adquieren vital relevancia. El cambio de cosmovisión por el que se está procurando indica que la especie humana debe mirar desde premisas de igualdad a la naturaleza, en la cual se encuentra no sólo lo “verde” (enfoque de algunos ecologistas de los años sesenta), sino todas las especies que en ella habitan, además del escenario que el hombre construyó con el uso de la razón para tratar de cumplir con el objetivo de modernidad. En la medida en que esta nueva visión adquiera importancia dentro de la conducta del hombre, los objetivos y las necesidades entre holones de distinto tipo serán conciliables con la aplicación de los valores de solidaridad, cooperación y cuidado. Estos valores son multidireccionales, y en ellos no es posible la linealidad propia de la visión mecanicista que se pretende superar.

#### **LA HOLONARQUÍA, UNA ÉTICA ADMINISTRATIVA**

La holonarquía posee características propias de una jerarquía, pero corresponde a un nivel dual, es decir, es parte y todo. Una de las definiciones clásicas del concepto de jerarquía, que se ha materializado en el ámbito organizacional es como clasificación de funciones, dignidades o poderes en un grupo social, de acuerdo con una relación de subordinación y de importancia respectiva: jerarquía administrativa, eclesiástica. Esta definición, aunque simple y quizás demasiado obvia, es precisamente a la que se hace referencia en este trabajo como criterio conceptual, pero que debe ser superada y ampliada al nuevo concepto: holonarquía administrativa.

Las jerarquías se encuentran presentes desde inicios de la civilización humana. Cuando el hombre tomó conciencia de pertenecer a una colectividad, empezó a otorgar a unos el poder de decisión y a otros la consecuencia lógica de la acción (George, 1974: 2). Al comienzo de la civilización humana se dio vital importancia a las ideas de los ancianos, por ser admirados como sobrevivientes a las difíciles condiciones naturales a las que se vieron expuestos. Posteriormente, la jerarquización se dio por estructuras de poder violentas; la fuerza

como mecanismo de intimidación terminó por generar civilizaciones fuertemente estructuradas y débilmente toleradas. Y luego, con la aparición de las industrias manufactureras, las jerarquías evolucionaron al ámbito del poder económico, con lo cual la riqueza y las condiciones sociales erigían una nueva jerarquización del hombre. Los trabajos de Taylor, Fayol, y posteriormente Weber, apuntan a una idea de jerarquía necesaria para los objetivos racionales de reproducción material y económica de los bienes naturales de producción, sin la cual el control, el orden y la supervisión no serían posibles dentro de la estructura empresarial.

Para Omar Aktouf,

los pilares fundamentales del pensamiento gerencial dominante y clásico son: la disciplina, el orden, la obediencia, la jerarquía, las diferencias de categoría, la separación de los roles de concepción y realización, el individualismo más la convergencia de objetivos, la desconfianza ante el empleado de base que no es sino un factor (más o menos refractario) de producción, la fe en una administración científica basada en herramientas sofisticadas y la creencia en las virtudes y la posibilidad de un crecimiento indefinido (Aktouf, 2001: 27).

Sin más objetivos que la consolidación económica y empresarial, la organización actual deteriora las relaciones existentes entre los diferentes niveles jerárquicos, tergiversa la comunicación, ordena sin juicios adecuados de valor y, sobre todo, olvida la tremenda complejidad que existe en su interior y sin la cual simplemente dejaría de existir. Lo ético dentro de las relaciones jerárquicas se considera aún poco estudiado; la cooperación, la solidaridad y el cuidado surgen inicialmente como eslabones perdidos en ese entramado de convivencia jerárquica y que hasta hoy no trascienden la frontera de la ética descriptiva e incluso normativa.

La ecología profunda propone mirar la organización como un ser vivo de forma holística y como emergencia de la naturaleza, cuyos procesos de comunicación deben ser complejos y no lineales; es decir, que van en todos los sentidos, recuperando de esta forma la integralidad, pues todo lo que se hace dentro de ella implica la transformación de la naturaleza, donde se construyen relaciones de ayuda mutua y de cooperación. En este sentido la jerarquía tradicional empieza a

deteriorarse y se inicia la necesaria transición hacia una holonarquía administrativa propia de las organizaciones vivas.

Estas consideraciones entran a replantear los órdenes y las relaciones de poder, para pasar de la dominación y el control a la cooperación y la asociación, llegando a establecer relaciones simbióticas. Talmente, la muy acostumbrada pirámide jerárquica, bien característica en las organizaciones tradicionales queda fuera de todo rigor, más cuando la organización es considerada como sistema vivo donde la metáfora dominante es la red, conforme al carácter autopoiesico que presenta<sup>9</sup>.

Una ética ambiental, aplicada a las jerarquías dentro de una organización empresarial, debe contemplar la posibilidad del diálogo de iguales, es decir, las jerarquías como escenarios necesarios para el orden, pero las relaciones como escenarios de cooperación, solidaridad, cuidado, y de integración de ideas y prácticas en aras de un desarrollo organizacional. La visión integral de la organización como resultado emergente de la naturaleza debe contribuir a desviar la atención de los vínculos de poder hacia premisas de cooperación y comunicación real y efectiva. Para tal efecto, los holones, al ser en sí mismos un todo, y a la vez formar parte de un todo superior, son una alternativa compleja de comprensión organizacional; es decir, los holones como niveles jerárquicos básicos poseen características propias de una totalidad particular, pero cuyas emergencias los hacen partícipes de una totalidad superior, la organización, y es allí donde las relaciones entre holones, sean de niveles superiores, empiezan a presentar similitudes, lo que los iguala al menos en términos de participación. En otras palabras, es tan importante un holón del nivel básico como uno de un nivel general, pues ambos se complementan a favor de una totalidad superior.

El carácter autoafirmante de los holones básicos de una organización sugiere nuevas lógicas de comportamiento respecto a la jerarquía establecida dentro de la empresa; es decir, al poseer libertad y capacidad de aprehender y crear soluciones, la jerarquía tradicional choca fuertemente frente a la concepción actual de comportamiento

---

<sup>9</sup> Wilfer Ignacio Arango Fernández, *op. cit.*, p. 43.

organizacional. Los cambios pueden ser generados de afuera hacia adentro y viceversa, pues en las situaciones caóticas los resultados del sistema pueden ser inesperados y la organización viva debe estar preparada para enfrentarlos.

... Los dos principales fenómenos dinámicos de la autoorganización son la autorrenovación, la capacidad de los sistemas vivientes de renovar y recuperar continuamente sus componentes conservando la integridad de su estructura general, y la autotrascendencia, la capacidad de superar de manera creativa los límites físicos y mentales en los procesos de aprendizaje, desarrollo y evolución<sup>10</sup>.

Lo que significa para Capra la autorrenovación, lo es para Koesler la autoafirmación. Ambos desarrollan este término dirigido hacia organizaciones vivas, las cuales cumplen la doble función de alimentar el entorno mediante la liberación de energía y la de recuperar energía mediante la interacción con el entorno.

La holonarquía, el conjunto de holones que conforman una totalidad y que a su vez pertenecen a un sistema mayor, brinda la posibilidad de comprender mejor la interacción dentro de la empresa, propia de los sistemas dinámicos. Dicha interacción debe poseer –si se pretende efectiva y sin contradicciones– valores conciliados dentro de la estructura organizativa y los holones básicos; estos valores propuestos de manera reiterativa por la ética ambiental son el cuidado, la cooperación y la solidaridad.

Dentro de una ética propia de la holonarquía administrativa, el cuidado constituye una característica fundamental para su adecuado desarrollo, ya que este constituye una relación de enternecimientos y de preocupación que descubre el mundo como valor. No es primeramente objeto de posesión por parte del ser humano, ni escenario de los intereses utilitaristas. En este sentido, el estudio del cuidado en la holonarquía administrativa representa la parte desinteresada y preocupada por mantener las relaciones internas de manera adecuada, esto es, procurando desinteresadamente el cumplimiento de los objetivos de la organización, los cuales han pasado a ser de todo el sistema.

---

<sup>10</sup>

Capra, citado por Luis Riagno. *Nuevas metáforas en gestión de organizaciones*. Universidad del Aconcagua, Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas. Área de Desarrollo Editorial e Investigaciones Aplicadas, 2002, p. 35.





En el cuidado, el holón individual se siente envuelto afectivamente y vinculado estrechamente al destino del otro y de todo lo que es objeto de cuidado dentro de la holonarquía administrativa, el holón general.

La solidaridad, junto con la cooperación y el cuidado, forman un cuerpo sólido en las relaciones jerárquicas en la empresa. Una de estas características es dependiente de las otras dos y no puede practicarse por separado, lo cual permite la unidad en los objetivos y la satisfacción de las necesidades. La holonarquía administrativa depende de estos valores para su funcionamiento; si existen grupos de interés particular que estén en contra de la dinámica propuesta por la holonarquía, el sistema lo siente y mediante la autoafirmación de los demás holones, el grupo particular reacciona, bien sea cambiando nuevamente a los valores desarrollados por el sistema o bien siendo retirados por estar contraviniendo dichos valores.

Las palabras de Riagno son elocuentes:

Asistimos a la generación de nuevas formas organizativas, producto más de nuestro cambio de visión que de cambios materiales y estructurales; somos parte de una era que pone el énfasis en las relaciones que unifican y no en las partes que dividen. Las personas son, en los nuevos mapas organizacionales, el centro de la dinámica empresarial, capaces de desarrollar las nuevas competencias de tornar a la empresa no sólo más humana, eficiente y productiva, sino de integrarla al desarrollo de la sociedad en su conjunto<sup>11</sup>.

Se denota aquí que, si bien no es explícito, el cambio de la jerarquía rígida a una holonarquía ya se está gestando.

Las personas o los holones básicos de la organización han pasado a ser el centro de la misma, con la capacidad de integrarla a la sociedad, al holón superior, y de allí contribuir con la integración de la sociedad a la naturaleza, un holón aún más general, y así sucesivamente hasta transformar al planeta, la casa de todas las especies de la tierra. De allí, la importancia de acercar los conceptos de la ética ambiental y la ecología profunda al estudio de la holonarquía administrativa, pues todo tiene que ver con todo; dependerá de los valores con los que se construyan las nuevas relaciones que se podrá seguir habitando el

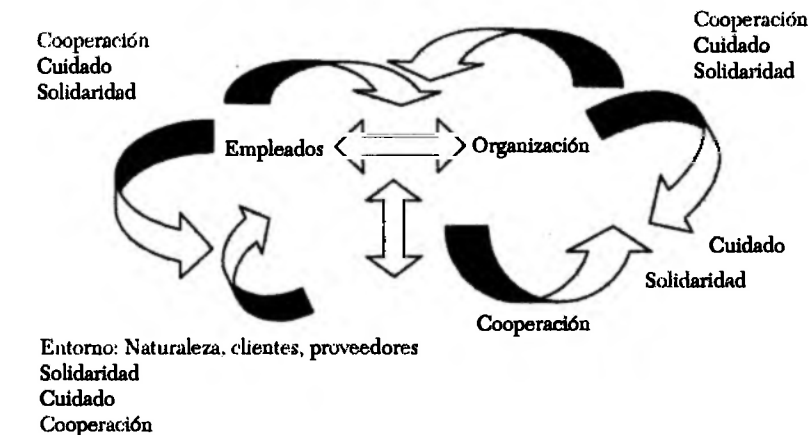
---

<sup>11</sup> Luis Riagno, *op. cit.*, p. 26.

planeta, o la entropía definitiva triunfará y el holón general morirá. El camino de las transformaciones básicas dentro de la empresa está iniciándose, y es interesante apreciar cómo conceptos tan simples en su diseño encierran tal riqueza conceptual, otorgándole a la disciplina administrativa nuevas realidades para su estudio y enriqueciendo aún más el debate entre la realidad compleja y la visión lineal.

La holonarquía administrativa pertenece al campo de la ética ambiental reflejada en la organización, y no podría ser de otra forma porque esta sólo es posible mediante acuerdos de cooperación que permitan a la organización enfrentarse sólidamente a los cambios del entorno. Cooperación y cuidado, en los términos complejos del ambientalismo contemporáneo, reúne a todos y a todo en el centro de su estudio, sin escisiones ni privilegios.

Los valores propios de la holonarquía administrativa sólo se pueden entender en términos de bucles de retroalimentación. Dichos valores se entregan al exterior mediante formas amables de producción, administración y atención, y reciben del entorno en forma de cooperación empresarial, solicitud del servicio o del bien y trato justo. Con la cooperación, el cuidado y la solidaridad se inicia el camino del cambio hacia prácticas administrativas más amables y formas organizacionales más capaces de enfrentar el reto empresarial y ambiental actual. La dinámica de los valores sería:



**FIGURA 6.1**

Holonarquía administrativa.

Valores organizacionales en interacción con el sistema.

### REFLEXIONES FINALES

El pensamiento complejo se refiere a la condición propia de una realidad distinta a la lineal y a la mecánica. Dicha realidad es demasiado amplia y variada como para ser entendida por rutas lineales simples, que no conducen ni a novedades ni a asombros. Algunas porciones de la realidad se entienden mediante dichas rutas, pero los fenómenos más intrincados sólo se pueden entender por sus patrones generales; a esto se le denomina complejidad. La ética ambiental exige una actitud de solidaridad, entendida como la adhesión voluntaria a una causa de otros, diálogo, y reconciliación entre la totalidad de la cultura y los diversos ecosistemas en que esta se encuentra inmersa. Dentro de la organización la complejidad propugna por la visión holística de la realidad y el estudio de las interconexiones existentes, al igual que observa a la organización viva como un sistema abierto, en permanente intercambio con el entorno.

La tradición capitalista, por su propia naturaleza, limita enormemente el desarrollo de características solidarias en las prácticas empresariales, por lo cual se aboga por el diálogo de saberes, la interdisciplinariedad y el respeto por el otro, con el fin de desarrollar, a partir de dicho diálogo, un camino hacia el mejoramiento de las relaciones de cordialidad entre los pueblos y la búsqueda de un futuro común para la humanidad y el planeta.

La jerarquía tradicional es rígida y unidireccional, mientras que la holonarquía administrativa es flexible y dual. Esto significa que percibe el interior de la organización como un sistema abierto al cambio, capaz de aprender y de generar emergencias, las cuales impactan tanto el medio interno como el externo y son originadas, en algunos casos, por holones de niveles básicos, que mediante su carácter autoafirmante innovan, crean y elaboran soluciones a situaciones que antes correspondían a otros niveles de la organización. La holonarquía administrativa trabaja con relaciones y permite a cada holón el libre ejercicio de la creatividad apoyado en valores de cuidado, solidaridad y cooperación. Dichos valores son necesarios en la medida en que al corresponder un holón tanto a un sistema particular como a uno general, se deben desarrollar prácticas de comportamiento que concilien los intereses individuales con las necesidades organizacionales. La práctica de estos valores también debe ser en doble sentido: la

empresa como sistema general debe cuidar sus partes constitutivas, y así la tendencia integradora sugiere el cuidado de las subestructuras.

La solidaridad, el cuidado y la cooperación dependen unas de otras, y sólo son posibles en multidirecciones. Sin esta característica al sistema lo afecta la entropía y el organismo reacciona mediante el carácter autoafirmante del holón, lo cual genera cambios y adapta nuevamente a la organización. En el concepto de holón existe claramente una fuerte tendencia al sometimiento de este a las exigencias de la unidad mayor, pero también, de manera opuesta y al mismo tiempo complementaria, tiene la posibilidad de autoafirmarse con el fin de mantener su autonomía individual. Este concepto es de suma importancia ya que no existe dentro de la jerarquía tradicional y contribuye considerablemente al cambio paradigmático que se está gestando.

#### REFERENCIAS

- Aktouf, Omar. (2001). *Administración: entre tradición y renovación*. Cali: Universidad del Valle.
- Ángel Maya, Augusto. (2001). *La razón de la vida*. Estudios de ética y filosofía ambiental. Los presocráticos – Una perspectiva ambiental. Cuaderno de Epistemología ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Manizales: Instituto de Estudios Ambientales, IDEA.
- \_\_\_\_\_. (2001). *Cuaderno de epistemología ambiental IV*. Estudios de ética y filosofía ambiental. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales, IDEA.
- \_\_\_\_\_. (2004). *El enigma de Parménides*. Los laberintos de la metafísica. La razón del vida XI. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, IDEA.
- Arango Fernández, Wilfer Ignacio. (Ene-jun. 2004). El carácter “ecopoiésico” de las organizaciones empresariales consideradas como sistemas vivos. *Decisión Administrativa, Revista del Departamento de Administración*, 7. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Capra, Fritjof. (1992). *El punto crucial*. Argentina: Troquel.

- George, Claude. (1974). *Historia del pensamiento administrativo*. México: Prentice-Hall.
- Noguera de Echeverri, Ana Patricia. (2004). *El reencantamiento del mundo*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales–Pnuma–IDEA.
- Riagno, Luis. (2002). *Nuevas metáforas en gestión de organizaciones*. Universidad del Aconcagua. Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas. Área de Desarrollo Editorial e Investigaciones Aplicadas.
- Valdés, Luigi. (1995). *Conocimiento es futuro*. México: Centro de Aprendizaje Organizacional.
- Wilber, Ken. (2000). *A brief history about everything*, 2<sup>nd</sup> ed. Ciudad: Random House.

**Documentos electrónicos**

- [www.mech.kuleuven.be/goa/hms-int/history.html](http://www.mech.kuleuven.be/goa/hms-int/history.html) documento revisado el 31 de marzo de 2005
- Koestler, Arthur. *Ad Maiorem Gloriam...* Documento extraído el 10 de mayo de 2005 de: <http://biblioweb.sindominio.Net/pensamiento/koestler.html> 2005.
- Del Arco, Javier. *Cosmología. El holón visto desde dentro*. Documento extraído el 30 septiembre de 2006, de [www.tendencias21.net/biofilosofia/index.php?action](http://www.tendencias21.net/biofilosofia/index.php?action)

## CAPÍTULO 7

### EL RIESGO EN LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS COLOMBIANAS<sup>1</sup>

*John Jairo Salinas Acila-  
Juan Nicolás Montoya Monsalve*

---

#### INTRODUCCIÓN

Si la gestión del riesgo es importante para cualquier empresa, para las instituciones financieras es una necesidad que va creciendo con la innovación y la complejidad de sus operaciones: las transacciones en línea, la realización de operaciones en moneda extranjera, la posibilidad de hacer inversiones corporativas y la adquisición de productos derivados.

La presencia cada vez mayor de las entidades financieras en los mercados de capitales hace que estas y sus cuentas financieras sean cada vez más sensibles a los movimientos de sus precios, surgiendo así el llamado riesgo de mercado, que ha sido definido por la Superintendencia Bancaria como la posibilidad de que un establecimiento de crédito incurra en pérdidas y se disminuya el valor de su patrimonio técnico como consecuencia de cambios en el precio de los instrumentos financieros en los que la entidad mantenga posiciones dentro o fuera del balance<sup>4</sup>. Estos cambios en el precio de los instrumentos

---

<sup>1</sup> Este capítulo se elaboró a partir de la tesis de maestría *Metodologías de medición del riesgo de mercado en instituciones de fomento y desarrollo territorial*, realizada en el año 2004.

<sup>2</sup> Magíster en Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

<sup>3</sup> Profesor asociado, integrante del grupo de investigación Competitividad empresarial y gestión tecnológica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

<sup>4</sup> El patrimonio técnico se define como la suma de algunas partidas que componen el patrimonio contable de una sociedad, con base en su mayor o menor grado de realización ante situaciones financieras difíciles de la entidad. Sirve para efectos de vigilancia

pueden presentarse, por ejemplo, como resultado de variaciones en las tasas de interés, tipos de cambio y otros índices<sup>5</sup>.

La medición de riesgos es en primera instancia una herramienta para la alta dirección de las instituciones financieras, su contribución ha sido tan significativa que ya forma parte integral de las tendencias internacionales (Jorion, 2000).

Para la medición del riesgo de mercado se dispone de herramientas sofisticadas que identifican múltiples fuentes de variabilidad y analizan relaciones con los instrumentos que poseen las entidades dentro o fuera del balance. No obstante, el riesgo de mercado es un problema que puede ser enfrentado con diversos niveles de rigurosidad, según las condiciones en las que operen las instituciones financieras. Una mayor complejidad requiere elevados costos debido al software especializado y el personal calificado que utiliza; habrá que evaluar económicamente el sistema, y, según el tamaño de la organización, valorar la metodología más conveniente para conocer con exactitud y periódicamente los riesgos de mercado, teniendo en cuenta la legislación y los informes que exige la Superintendencia Bancaria.

Una vez definido el grado de rigurosidad en el proceso de medición, el personal encargado del mismo debe estar capacitado para entender las limitaciones de las metodologías usadas, así como los supuestos en los que se basan y en la información que de ellas provienen.

#### **1. EL RIESGO EN LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS A PARTIR DEL COMITÉ DE BASILEA**

Cuando se habla de riesgos en entidades financieras es inevitable dejar de lado lo que ha acontecido en el Banco Internacional de Pagos (BIS), institución que desde los años cuarenta ha servido como

---

y control de la solvencia patrimonial de entidades financieras e intermediarios de valores.

<sup>5</sup> Los instrumentos financieros pueden ser, por ejemplo, bonos, acciones, divisas, derivados, etc., en los cuales las entidades tengan una posición activa (inversión) o pasiva (financiamiento). Las posiciones fuera de balance se refieren a los compromisos adquiridos en los mercados de derivados.



centro de discusión en temas financieros, y por medio de sus comités conformados por expertos internacionales, formula frecuentemente recomendaciones al sector bancario. Uno de estos comités es el denominado Comité de supervisión bancaria de Basilea (Suiza), organismo fundado en 1974, y conformado por los presidentes de los bancos centrales y las autoridades supervisoras de los países que constituyen el llamado Grupo de los Diez (G-10): Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos, quienes han elaborado una serie de propuestas sobre medición y control de los riesgos de mercado que constituyen un punto de referencia a nivel internacional.

El Comité de Basilea, al formular sus principios para un sistema eficaz de control bancario, pretende ejercer un control prudencial o indirecto sobre los sistemas bancarios de los países firmantes de los acuerdos, ya que en ningún momento emite o promulga normas o leyes de obligatoria aplicación. Pero para que este control prudencial cumpla sus propósitos y ayude al control de los problemas particulares de cada país, el Comité de Basilea actúa de manera muy estrecha con las superintendencias bancarias de varios países (Arias y Restrepo, 2002), siendo la Superbancaria una de las entidades supervisoras más entusiastas en la instrumentación o materialización de las diferentes medidas desarrolladas por este Comité, el cual marca la pauta a nivel mundial para la medición y el establecimiento de metodologías para la evaluación del riesgo.

En 1988 el Comité publicó una metodología para determinar el capital mínimo requerido en entidades financieras, según el riesgo de crédito al que estaban expuestas. A partir de esa fecha algunos países fueron implementando estas propuestas, las cuales han sido objeto de constante revisión, y luego de reconocer las múltiples falencias de este acuerdo, debido, entre otras cosas, a la significativa transformación de los mercados financieros, la utilización de instrumentos derivados, la titularización, y a que muchas de las entidades sostenían que la gestión de su sistema interno de riesgos era mucho más eficaz que el propuesto por el Comité. Como consecuencia de ello, el Gobierno Nacional y la Superbancaria enmarcaron nuevamente el accionar del sistema financiero colombiano bajo el nuevo acuerdo, Basilea II, que inicialmente publicó un documento consultivo en el año de 1999,



pero después de recibir comentarios, el Comité procedió a presentar una propuesta más elaborada para su análisis en el año 2001.

A diferencia del primer acuerdo que se centraba en el monto total de capital mínimo que los bancos debían mantener para cubrir los riesgos de mercado, el actual intenta mejorar la seguridad y la salud del sistema financiero, cambiando la cultura hacia el autocontrol y buscando una mayor proactividad. Por tanto, se inició un proceso de modificación gradual de las actuales normas que empezarán a ser implementadas en el año 2004.

El nuevo marco intenta ajustar los requerimientos regulatorios de capital a los riesgos subyacentes, y proveer a los bancos y supervisores de varias opciones para la evaluación de la adecuación de capital. Básicamente la propuesta se apoya en tres pilares: mejoramiento del marco de cálculo de suficiencia de capital, revisión del proceso de análisis con fines de supervisión y fortalecimiento de la disciplina del mercado. El primero se refiere a la posibilidad de que los bancos puedan diseñar sus propios sistemas de gestión de riesgos, sus propios sistemas internos de clasificación crediticia para determinar el volumen de capital reglamentario que deben mantener. La revisión del proceso de análisis con fines de supervisión hace hincapié en que la supervisión de los bancos no consiste simplemente en verificar que estos cumplan unos pocos coeficientes cuantitativos simples, sino también evaluar cualitativamente cuestiones tales como la solidez de la gestión del banco; la firmeza de sus sistemas y controles, la viabilidad de su estrategia operativa y su potencial de generación de ingresos. La disciplina del mercado prevé una mayor utilización de la disciplina del mercado en conjunción con el proceso de supervisión; ello podría lograrse si los supervisores se basaran en mayor medida en información del mercado en curso de su labor, pero cabe también la posibilidad de que la disciplina del mercado sustituya parcialmente la supervisión a cargo del sector oficial (Arias y Restrepo, 2002).

De la reunión de Basilea en 1996 surgió la recomendación de que los establecimientos de crédito mantengan suficiente capital para afrontar los riesgos de mercado asumidos en su operación. Dentro de la relación de solvencia (patrimonio técnico/activos ponderados por riesgo) que se exige, se deberá incluir el valor que se calcule por el riesgo de mercado. Este riesgo surge como resultado de la volatilidad

de los precios de los activos, tasa de interés, tasa de cambio, inflación, en síntesis, de las variables nominales cuyo cambio afecta el valor del portafolio y produce brechas importantes entre el pasivo y el activo<sup>6</sup>.

En Colombia el manejo organizado y sistemático del riesgo es muy reciente; no obstante, la Superbancaria ha empezado a expedir una serie de resoluciones que buscan convertir la gestión del riesgo en una actividad corriente y de uso diario para las diversas entidades del sector financiero, y así recuperar de manera sostenible la confianza en la solidez de las instituciones financieras y reguladoras del país.

Mediante la circular N° 100, que comenzó a regir a partir de enero de 2002, se describen los enfoques que podrán escoger las entidades para la medición del riesgo de mercado, bien sea a través de modelos internos o mediante una metodología estándar. El modelo estándar es sencillo de operar; sin embargo, si alguna entidad cuenta con un modelo y demuestra que puede producir información más realista acerca de la volatilidad del mercado, podrá utilizarlo. De hecho, este es el caso de la banca extranjera que ya está bastante avanzada en la valoración y el manejo del riesgo de mercado (Gómez, 2003).

## **2. LA GESTIÓN DE RIESGOS**

La concepción moderna de la gestión de riesgos en una institución financiera los clasifican cuatro grandes grupos:

- Los riesgos de crédito
- Los riesgos operacionales
- Los riesgos del entorno
- Los riesgos de mercado

### **2.1 Los riesgos de crédito**

Se refieren al incumplimiento en el pago de las obligaciones por parte de los clientes, y ha sido tradicionalmente manejado por

---

<sup>6</sup> Una de las principales fuentes de ingreso de una entidad financiera es la transformación de plazos. Mientras otorgan créditos a largo plazo, se refinancian continuamente en el corto plazo. Estas diferencias en la maduración o vencimientos de sus activos o pasivos se conoce como brechas temporales, las cuales pueden llevar a una entidad a sufrir pérdidas.

las divisiones comerciales de los bancos mediante sistemas de evaluación, análisis y seguimiento de crédito. La Superbancaria ha acogido también las normas de Basilea II para que las instituciones financieras implementen un Sistema de Administración del Riesgo Crediticio, SARC, con el cual se espera reconstruir información y crear bases históricas de los clientes.

Cada institución está desarrollando su propio modelo, y en el año 2004 las entidades probarán la efectividad de los mismos. De esta forma, desde un comienzo, podrán cuantificar el riesgo esperado de una operación de crédito, conociendo su rentabilidad real y anticipando pérdidas, al igual que provisionarlo. Hoy las provisiones son el resultado del deterioro observado de la cartera (Superbancaria, 2003).

## **2.2 Los riesgos operacionales**

Se asocian a errores en los procesos, fallas de los sistemas y el fraude que a su vez, se han controlado mediante programas de entrenamiento, capacitación, mantenimiento y pólizas de seguros.

## **2.3 Los riesgos del entorno**

Cubren los temas regulatorios, fiscales o sociales, y su manejo abarca programas institucionales, relaciones públicas o campañas de imagen.

## **2.4 Los riesgos de mercado**

Son los de liquidez, de interés y de cambio. *El riesgo de liquidez* se presenta en las instituciones financieras al intermediar dinero con transformación de plazos, y consiste en la imposibilidad de responder por las obligaciones contraídas con terceros. Estas dificultades pueden generar pérdidas debido a que, con tal de disponer de liquidez, se pueden desarrollar transacciones con descuentos inusuales (Gómez, 2003). *El riesgo de interés* se refiere a los efectos que tiene una subida o bajada de las tasas de interés del mercado sobre el margen financiero de una institución. *El riesgo de cambio* se presenta en una

institución cuando existe una diferencia entre el total de los activos y el total de los pasivos de una misma denominación.

Estos riesgos son objeto de la Gestión de Activos y Pasivos, GAP, cuyo principio de cubrimiento sugiere que una entidad debe financiar sus activos de largo plazo con pasivos de largo plazo, y los activos temporales y de corto plazo con fondos de corto plazo. El propósito de este principio es proteger la liquidez de las entidades de tal manera que cuenten con los recursos necesarios cuando estos se requieran. En la práctica es difícil conseguir recursos a más de un año, cuando por otro lado se tiene colocada la cartera a más de un año y en muchos casos a 15 años (Ibíd.).

Los primeros intentos que se hicieron en Colombia por implementar un sistema de gestión de activos y pasivos se realizaron siguiendo las recomendaciones del Comité de Basilea a través de la resolución 001 de 1996 de la Superintendencia Bancaria, considerando únicamente la medición y el control de riesgos de mercado en el riesgo de liquidez, el riesgo de tasa de interés y el riesgo de tipo de cambio. Posteriormente el concepto de GAP evolucionó hacia una administración integral del riesgo, convirtiendo dicho concepto en una herramienta mejorada y de mayor envergadura para gestionar el riesgo en las instituciones financieras, lo cual se logró mediante las circulares 88 y 42 de la Superbancaria en los años 2000 y 2001, respectivamente.

Como resultado de la obligación de incorporar el riesgo de mercado en el cálculo de la relación de solvencia, se esperaba que la entidad que no quiera que esta variable se deteriore, disminuya la brecha al hacer un mejor cubrimiento de los activos. En términos generales la GAP tiene como objetivos medir y controlar los riesgos de mercado, pero no es el propósito de este artículo presentar esta metodología.

### **3. EL VALOR EN RIESGO, VAR**

La legislación cambiaria permite la participación en los mercados internacionales de futuros, y las operaciones a plazo de cumplimiento financiero, OPCF, en la Bolsa de Valores de Colombia, a

través de contratos *forwards*, *swaps* y opciones<sup>7</sup>. Este último mercado es ilíquido en nuestro país, porque a pesar de existir instituciones interesadas en adquirir este tipo de instrumentos, no se encuentra una contraparte que les ofrezca el producto.

Estos instrumentos financieros denominados derivados, que se usan para la administración de riesgos financieros, hacen necesario su conocimiento, sus características y posibilidades de utilización práctica, así como el sustento teórico para la valoración de cada uno de los instrumentos mencionados, porque aunque la aparición de estos mercados supuso la disponibilidad de cobertura de riesgos financieros, lo cierto es que en muchos casos se han generado cuantiosas pérdidas que han demostrado a las entidades financieras que el control de riesgos va a ser el caballo de batalla de la gestión financiera moderna.

En nuestro país, a pesar de que se ha dado importante desarrollo en este mercado, aún queda un largo camino por recorrer. Si bien el volumen negociado y el número de participantes vienen en aumento, lo que se han hecho son operaciones puntuales de algunas empresas grandes. Además, en la mayoría de los casos se limitan a derivados sobre dólar y en el corto plazo.

El abuso y mal uso de estos productos derivados en el mundo llevaron a las grandes pérdidas que se dieron a principio de los noventa y que pueden explicarse como una interpretación incorrecta de los riesgos que se asumieron, o como una mala administración, más que como defectos de los productos derivados en sí. La quiebra del Baring, un prestigioso banco de Inglaterra con más de 233 años de antigüedad, despertó la mayor polémica respecto a la administración del riesgo. La pérdida fue causada por una enorme exposición al riesgo en el mercado accionario japonés, a través de contratos de futuros, lo que llevó a la necesidad de buscar una medida que resumiera el riesgo

---

<sup>7</sup> Los contratos *forwards* constituyen una herramienta para cubrirse del riesgo de tasa de cambio. Ellos obligan a quien lo adquiere a comprar o vender en una fecha, determinada cantidad de dólares a una tasa fija en pesos. Las OPCF sobre tasa de cambio son similares a los *forwards*, pero tienen características estándar en tamaño, fechas y constitución de garantías, que las hacen comparables a un mercado de futuros. Los *swaps* o permutas financieras son operaciones en las que las partes se obligan a canjear flujos de efectivo. Las *opciones* generan el derecho al comprador, mas no la obligación de realizar una transacción de compra (*call*) o venta (*put*) a un precio y fecha definidos.

total que se estaba asumiendo, surgiendo de esta forma el concepto de *valor en riesgo* (Jorion, 2000).

Este concepto ha sido desarrollado extensivamente por el banco de inversiones de J. P. Morgan (1995), y es conocido internacionalmente como valor en riesgo o *Value -at-Risk* (VaR). Dicho modelo se basa en una técnica que valora las posiciones de la cartera de una entidad a precios de mercado, *Marked to Market*. El valor en riesgo es una medida que muestra las máximas pérdidas en las que puede incurrir un portafolio, en circunstancias normales, por un movimiento adverso de los precios de los activos que lo conforman, y con un determinado nivel de confiabilidad (Martín *et al.*, 2000). Por ejemplo, un inversionista tiene un portafolio de activos con un valor de \$100 millones de pesos, cuyo VaR de un día es de \$2,5 millones con un 95% de nivel de confianza (significa que la pérdida máxima esperada en un día será \$2,5 millones en cada 19 de cada 20 días). En otras palabras, sólo en un día de cada 20 de operación del mercado (1/20), en condiciones normales, la pérdida que ocurrirá puede ser mayor a \$2,5 millones.

Para las instituciones financieras en Colombia los valores en riesgo deberán ser estimados utilizando un intervalo de confianza mínimo del 98%, y cuando se utilizan modelos internos, estos deberán tener la capacidad de producir resultados sobre la exposición de la entidad a cada uno de los riesgos de mercado en forma diaria para el libro de tesorería y, al menos en forma quincenal, para el libro bancario<sup>8</sup>.

Como se puede observar, el VaR no otorga certidumbre con respecto a las pérdidas que se podrían presentar en una inversión, sino una expectativa de resultados basada en la estadística y en algunos supuestos de los modelos o parámetros que se utilizan para su cálculo. Por ello las instituciones financieras deben efectuar mediciones

8

Libro de tesorería: es el conjunto de posiciones que la entidad mantiene en operaciones de tesorería de acuerdo con el Capítulo XX de la Circular 100 de la Superbancaria. Libro bancario: comprende las posiciones en instrumentos financieros que mantiene la entidad en desarrollo de su actividad de intermediación financiera y prestación de servicios financieros.

que contemplen escenarios extremos, *stress testing* (Superbancaria, 2001)<sup>9</sup>.

Para aplicar un modelo de valor en riesgo es necesario dar los siguientes pasos (Martín *et al.*, 2000):

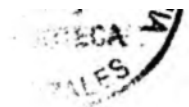
1. Valorar las posiciones a precios de mercado, para lo cual hay que partir de la existencia de cotizaciones en mercados secundarios organizados suficientemente líquidos. Dado que este hecho no siempre se produce, resulta necesario acudir a una técnica denominada *mapping*, y que traducimos por cartografía de posiciones. Dicho procedimiento consiste en descomponer una posición, de cotización desconocida, en otras equivalentes para las que sí existen precios conocidos en el mercado secundario. Normalmente se trabaja con posiciones básicas o vértices, definidos estos por un solo flujo de caja con un vencimiento determinado y una calificación crediticia dada.
2. Simular o estimar los cambios en el valor de la cartera como consecuencia de los movimientos en precios, tipos de interés, tipo de cambio, etc., que se produzcan en el mercado. Los posibles cambios en precios se definen mediante escenarios específicos o a través de la estimación de las correspondientes volatilidades y correlaciones de rendimientos.
3. Optimizar o establecer posiciones que produzcan una relación óptima, normalmente de carácter subjetivo, entre el rendimiento esperado y el riesgo de la cartera. Para ello necesitamos previsiones de los precios de mercado combinados con las volatilidades y correlaciones para los rendimientos de los diferentes activos.

Para estimar el riesgo de mercado de una posición determinada o de una cartera de ellas hay que tener en cuenta dos cuestiones fundamentales:

- a) La primera hace referencia a la normalidad de la distribución de los rendimientos producidos por los correspondientes cambios en precios de los activos financieros. Si

---

<sup>9</sup> En las pruebas *stress* o de valores extremos se crean escenarios que respondan a la pregunta "que pasaría si...", que obliga a los administradores a predecir pérdidas en condiciones de desastres financieros o de crisis provocadas por problemas políticos o desequilibrios en la economía.



se acepta tal hipótesis, los movimientos del mercado pueden describirse mediante volatilidades y correlaciones, es decir, pueden predecirse cambios de cierta magnitud con una determinada probabilidad. Estaríamos entonces ante previsiones de carácter paramétrico, y utilizaríamos sólo dos parámetros, la media y la desviación típica de la distribución de probabilidades de los rendimientos de cada activo, para caracterizarlos e identificarlos, así como las correlaciones entre activos. Si la distribución no fuese normal ni de cualquier otro tipo paramétrico, los movimientos de mercado serían mucho más difíciles de estimar y habría que acudir a la técnica de los escenarios.

- b) La segunda se refiere a la linealidad de la posición. Una posición es lineal si los cambios de valor de la misma son proporcionales a las oscilaciones de los factores de riesgo; en otras palabras, la linealidad permite evaluar una cierta sensibilidad de la cartera de activos a los cambios de mercado. La mayoría de las posiciones son aproximadamente lineales excepto las que contienen opciones. En este caso, el valor de la posición depende no sólo del cambio de precio subyacente, sino también del valor absoluto del mismo y de la volatilidad esperada en un futuro. Por tanto, cuando se consideran posiciones con opciones, para estimar cambios en su valor suelen necesitarse procedimientos de simulación estadística (Ibíd.).

### 3.1 Metodologías para el cálculo del VaR

Para calcular el riesgo de mercado pueden emplearse dos procedimientos fundamentales:

- Método de valoración delta – normal (paramétrico).
- Método de valoración global (no paramétrico).

El método de valoración delta es el más fácil de utilizar y requiere menos esfuerzo de cálculo que el de valoración global, pero su aplicación se reduce a posiciones lineales; la linealidad permite eva-



luar una cierta sensibilidad de la cartera de activos a los cambios del mercado. Se trata de un método paramétrico, siendo los parámetros los valores medios, las volatilidades y las correlaciones de las correspondientes distribuciones de rendimientos por variación de precios. Cuando los activos son opciones, hay que aplicar el procedimiento de valoración global de carácter no paramétrico, basado en escenarios probables (Ibíd.).

Cuando se utiliza el método delta, pueden emplearse dos fuentes para la estimación de las volatilidades y correlaciones:

- Observaciones históricas de tipos y precios
- Precio de opciones en mercados organizados

La primera fuente es la más genérica y fácil de usar; normalmente se calculan medias móviles exponenciales de las volatilidades históricas con un peso mayor, a las observaciones más recientes; la segunda es de carácter más bien limitado dada la menor amplitud de los mercados organizados.

Cuando se utiliza la valoración global también es posible seguir las siguientes alternativas:

- Uso de escenarios definidos
- Uso de escenarios extrapolados por simulación Montecarlo.

El uso de escenarios definidos maneja un conjunto de observaciones históricas sobre los rendimientos de activos y pronósticos razonables (*educated guesses*) sobre los mismos. Se emplean diversas técnicas desde la simple selección de un periodo histórico que aparezca como representativo, hasta el *bootstrapping* o método que genera muestras al azar de la distribución de precios.

Con el empleo de escenarios definidos pueden manejarse posiciones no lineales y describirse mercados no normales e inestables, pero todo ello a costa de un esfuerzo de sistematización considerable.

La posibilidad de utilizar escenarios extrapolados por simulación Montecarlo se realiza generando escenarios basados en volatilidades y correlaciones históricas o tomadas de los mercados de opciones. A partir de dichos datos se generan los escenarios de rendimientos esperados que, cuando se aplican a los precios y tipos corrientes o a pla-

zos, producen escenarios de precios y tipos futuros. En realidad este cuarto procedimiento utiliza elementos de los tres anteriores (Ibíd.).

El enfoque general o global se fundamenta en la distribución empírica y su cuantil muestral. El enfoque paramétrico, en contraste, pretende ajustar una distribución paramétrica, tal como la normal, a los datos; el VaR se mide entonces directamente a partir de la desviación estándar (Jorion, 2000).

### 3.2 Valor en riesgo de un activo individual

Bajo el supuesto de normalidad y de media de rendimiento igual a cero, el modelo paramétrico que determina el valor en riesgo de una posición es el siguiente:

$$VaR = F \cdot \sigma \cdot S \cdot \sqrt{t}$$

donde:

$F$  = factor que determina el nivel de confianza del cálculo. Para un nivel de confianza de 95%,  $F = 1,65$ , y para un nivel de confianza de 99%,  $F = 2,33$ .

$S$  = monto total de la inversión o la exposición total en riesgo.

$\sigma$  = desviación estándar de los rendimientos del activo.

$t$  = horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR (*holding period*).

Para ilustrar lo anterior, planteamos el siguiente ejemplo: un inversionista compra 10.000 acciones en el mercado accionario cuyo precio es de \$30 por acción y su volatilidad es de 20% anual (un año consta de 252 días de operación en el mercado, aproximadamente). Se desea conocer el VaR diario de esta posición considerando 95% de confianza (De Lara, 2002).

$$VaR = 1,65 \cdot \$300.000 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{1/252} = \$6.236,41$$

Esto significa que se espera que un día de cada 20, es decir, un día hábil del mes, el inversionista sufrirá una pérdida de \$6.236,41 o más. Esta cifra se puede utilizar como límite para el operador de la po-

sición, como revelación de información de riesgos del portafolio o para realizar una operación de cobertura mediante contrato de futuros.

### 3.3 El valor en riesgo de un portafolio (método de varianza-covarianza o delta normal)

En el fondo, el modelo del VaR retoma los conceptos de la teoría de cartera clásica, procedente de autores como Markowitz y Sharpe, y las aplica a un contexto más estandarizado y normalizado. De este modo, el concepto de valor en riesgo no es algo nuevo; lo que sí lo es tiene que ver con la aplicación sistemática del VaR a múltiples fuentes de riesgos financieros, incluyendo los derivados y culminando con un número que se aplica a toda la empresa. En esta sección se relacionan las medidas de VaR al total del portafolio y se muestra cómo puede descomponerse en componentes incrementales. El VaR incremental permite a los usuarios identificar el activo que contribuye de manera más significativa a su riesgo total. Una desventaja de los modelos lineales es que el tamaño de la matriz de covarianza se incrementa geométricamente con el número de activos; sin embargo, es posible realizar simplificaciones a la matriz basadas en los modelos y el diagonal de factor (Jorjón, 2000).

Un portafolio está compuesto por posiciones activas y pasivas que son afectadas por factores de riesgo<sup>10</sup>. Estas posiciones tienen un valor en riesgo que depende de la volatilidad de los factores de riesgo que la afectan.

En teoría, los portafolios están contruidos de tal manera que la relación entre los instrumentos que los componen hacen que el riesgo agregado del portafolio sea menor que la suma de los riesgos individuales; esto se conoce como diversificación del portafolio (Superbancaria, 2001).

<sup>10</sup> La Superintendencia Bancaria ha identificado 13 factores de riesgo que deben ser utilizados en la estimación del VaR de las entidades financieras. Un factor de riesgo es una variable del mercado con características particulares cuya variación genera un cambio en el valor de un instrumento financiero. Por ejemplo: DTF Tasa de Repos, Tasa Interbancaria, Tasa Real, Libor, Tasa Crédito de Consumo, Money Market USD, Tasa de TES, UVR, TRM, EURO, YEN, IGBC –Índice general de la Bolsa de Valores de Colombia.

Por lo anterior, la contribución de cada posición al riesgo del portafolio depende de la relación entre los diferentes factores de riesgo que lo componen.

El coeficiente de correlación ( $\rho$ ) es una medida estadística para medir el grado de asociación entre factores, y se encuentra entre  $-1$  y  $1$ . Si dos variables no están correlacionadas ( $\rho = 0$ ), se dice que los factores son independientes, y que el movimiento de uno no está condicionado por el del otro. Si la correlación es positiva ( $\rho > 0$ ), el movimiento de los factores tiende a moverse en la misma dirección. Si ( $\rho < 0$ ) tienen efecto inverso, los factores tienden a moverse en sentido contrario. En resumen, correlaciones positivas tienden a hacer los riesgos aditivos, en tanto que correlaciones negativas tienden a anular los riesgos entre sí.

Las correlaciones ayudan a diversificar el riesgo de un portafolio. Por esto se da el nombre de valor en riesgo “diversificado” a aquel que se calcula utilizando las correlaciones entre los factores de riesgo, siendo este menor que la suma de los VaR individuales, siempre y cuando las correlaciones sean menores que uno.

Para entender este concepto, supongamos un portafolio con dos activos riesgosos, con un peso específico del activo 1 en el portafolio,  $w_1$ , y un peso específico del activo 2 en el portafolio,  $w_2$ , de tal forma que  $w_1 + w_2 = 1$ . Según la teoría desarrollada por Markowitz en 1959, la varianza del portafolio es:  $\sigma_p^2 = w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2$

donde  $\rho$  es el coeficiente de correlación entre los rendimientos de los dos activos, el cual se calcula como:

$$\rho_{ij} = \frac{\text{COV}(r_i, r_j)}{\sigma_i\sigma_j}$$

La covarianza puede estimarse a partir de los datos muestrales como:

$$\hat{\sigma}_{ij}(\text{cov}) = \frac{1}{T-1} \sum (x_{i,t} - \bar{x}_i)(x_{j,t} - \bar{x}_j)$$

donde:

$\hat{\sigma}_{ij}$  : Covarianza entre el factor de riesgo  $i$  y el factor de riesgo  $j$ .

$x_{i,t}$  : Ocurrencia del factor de riesgo  $i$ .

$x_{j,t}$  : Ocurrencia del factor de riesgo  $j$ .

$\bar{x}_i$  : Media muestral del factor de riesgo  $i$ .

$\bar{x}_j$  : Media muestral del factor de riesgo  $j$ .

Una vez determinada la correlación entre los diferentes factores de riesgo que componen el portafolio, se puede proceder a calcular el VaR diversificado.

El valor en riesgo de un portafolio puede estimarse como:

$$VaR = F\sigma_p S\sqrt{t} = F[w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2]^{1/2} S\sqrt{t}$$

$$VaR = [VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2\rho_{12} VaR_1 VaR_2]^{1/2}$$

Para el caso en que se tienen más de dos activos en el portafolio, se llega a la siguiente ecuación:

$$VaR_{portafolio} = F\sigma_p S\sqrt{t} = F\{w\sigma Cw^t\}^{1/2} S\sqrt{t} = [VaR \cdot C \cdot VaR^t]^{1/2}$$

donde VaR es un vector de VaR individuales de dimensiones  $(1 \times n)$ ,  $C$  es la matriz de correlaciones de dimensiones  $(n \times n)$  y  $VaR^t$  es el vector transpuesto de VaR individuales de dimensiones  $(n \times 1)$ .

Cuando se trata del cálculo del valor en riesgo de un portafolio de  $n$  activos, es necesario utilizar matrices y manipular este tipo de instrumentos. Para esto asumimos que los valores en riesgo de cada factor están organizados de la siguiente manera, por ejemplo, para una entidad financiera:

$$\begin{bmatrix} VaR_{mor} \\ VaR_{dij} \\ \vdots \\ VaR_{real} \end{bmatrix}$$

Este es el vector de valores en riesgo (de dimensión  $n \times 1$ ) cuyos elementos representan cada uno de los valores en riesgo originados en los factores de riesgo o posiciones que tenga una entidad. El vector transpuesto de valores riesgo (de dimensión  $1 \times n$ ) equivale a un renglón con estos mismos valores.

$$[VaR_{mor} \quad VaR_{dij} \quad VaR_{trm} \quad VaR_{bbi} \quad VaR_{euro} \quad \dots \quad VaR_{real}]$$

De igual manera, la correlación entre los diferentes factores de riesgo se puede representar utilizando notación matricial. Para esto se organizan en una matriz las correlaciones entre los factores de riesgo, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Matriz de correlación: } C = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \rho_{1,1} & \rho_{1,2} & \dots & \rho_{1,n} \\ \rho_{2,1} & \rho_{2,2} & \dots & \rho_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n,1} & \rho_{n,2} & \dots & \rho_{n,n} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

donde:

- n : número de factores de riesgo.
- f<sub>i</sub> : factor de riesgo i.
- ρ<sub>ij</sub> : correlación entre el factor de riesgo i y el factor de riesgo j.

A continuación se expresa el valor en riesgo de un portafolio como la multiplicación del vector transpuesto de valores en riesgo multiplicado por la matriz de correlaciones (una matriz de n x n) y esto multiplicado de nuevo por el vector de valores en riesgo<sup>11</sup>.

$$(VaR_{\text{portafolio}})^2 = [V \ a \ R]^T \cdot \begin{bmatrix} C \\ a \\ R \end{bmatrix}$$

donde:

- [VaR]<sup>T</sup> : Vector de valores en riesgo transpuesto.
- C : Matriz de correlaciones
- VaR<sub>portafolio</sub> : Valor en riesgo del portafolio que equivale a  $\sqrt{(VaR_{\text{portafolio}})^2}$ .

Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{[VaR_1 \ VaR_2 \ \dots \ VaR_n] \cdot \begin{bmatrix} \rho_{1,1} & \rho_{1,2} & \dots & \rho_{1,n} \\ \rho_{2,1} & \rho_{2,2} & \dots & \rho_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n,1} & \rho_{n,2} & \dots & \rho_{n,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} VaR_1 \\ VaR_2 \\ \vdots \\ VaR_n \end{bmatrix}}$$

donde:

- n: Número de factores de riesgo.

<sup>11</sup> Este ejemplo ha sido tomado de la Superintendencia Bancaria. Circular N° 100, Capítulo 21.

- $VaR_f$  : Valor en riesgo correspondiente al factor  $f$ .  
 $\rho_{ij}$  : Correlaciones entre los factores de riesgo  $i$  y  $j$ .  
 $VaR_{\text{portafolio}}$  : Valor en riesgo del portafolio.

Así, por ejemplo, si se tiene un portafolio cuyo valor sólo depende de tres factores de riesgo,  $k$ ,  $l$  y  $m$ , el valor en riesgo del portafolio se obtiene de la siguiente manera:

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{[VaR_k \quad VaR_l \quad \dots \quad VaR_m] \cdot \begin{bmatrix} \rho_{k,k} & \rho_{k,l} & \rho_{k,m} \\ \rho_{l,k} & \rho_{l,l} & \rho_{l,m} \\ \rho_{m,k} & \rho_{m,l} & \rho_{m,m} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} VaR_k \\ VaR_l \\ VaR_m \end{bmatrix}} \quad (12)$$

Suponiendo que:

- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $k$  ( $VaR_k$ ) es de \$2'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $l$  ( $VaR_l$ ) es de \$1'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $m$  ( $VaR_m$ ) es de \$1'500.000
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $l$  es de 1
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $m$  es de 1
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $l$  y  $m$  es de 1

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{[2'000.000 \quad 1'000.000 \quad 1'500.000] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2'000.000 \\ 1'000.000 \\ 1'500.000 \end{bmatrix}}$$

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{20'250.000'000.000} = 4'500.000$$

En este caso, cuando las correlaciones entre los tres factores de riesgo es 1, es decir, cuando los factores tienden a moverse en la misma dirección, el valor en riesgo del portafolio equivale a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

Cuando las correlaciones entre los factores de riesgo no son exactamente 1, el valor en riesgo del portafolio no es igual a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores que lo componen.

Continuando con el ejemplo anterior, si se supone:

- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $l$  es de 0,5

- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $m$  es de  $-0,5$
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $l$  y  $m$  es de  $0,1$

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{[2'000.000 \quad 1'000.000 \quad 1'500.000] \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0.5 & -0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.1 \\ -0.5 & 0.1 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2'000.000 \\ 1'000.000 \\ 1'500.000 \end{bmatrix}}$$

$$VaR_{\text{portafolio}} = \sqrt{6'650.000'000.000} = 2'559.297$$

En este caso, los valores se compensan a causa de las correlaciones; por tanto, el valor en riesgo del portafolio es menor que la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

Cabe destacar que la definición de valor en riesgo es válida únicamente en condiciones normales de mercado, ya que en momentos de crisis y turbulencia la pérdida esperada se define por pruebas de *stress* o valores extremos. El VaR no otorga certidumbre con respecto a las pérdidas que se podrían presentar en una inversión, sino una expectativa de resultados basada en estadística (series de datos en el tiempo) y en algunos supuestos de los modelos o parámetros que se utilizan para su cálculo.

#### 4. CONCLUSIONES

Como consecuencia del proceso de globalización nace una competencia más agresiva en todos los campos de la economía. Las instituciones financieras que venían trabajando su base de clientes como si fuera un mercado cautivo han tenido que cambiar de actitud, mejorando sus servicios, diseñando nuevos productos y segmentando la clientela para mantenerse competitivos. Estos cambios han traído como consecuencia una reducción en los márgenes financieros del sector, obligando a las instituciones a implementar metodologías de gestión del riesgo para así tratar de recuperar su anterior rentabilidad. Esta tendencia se ve reflejada en el hecho de que la administración del riesgo no sólo es una herramienta alternativa de control interno, sino que su implementación se ha constituido en requisito exigido por la Superintendencia Bancaria.