

Artículo ganador del Premio  
EClciencia-Davivienda 2011,  
segunda edición.

# Tratamiento casero alternativo de agua para consumo humano por medio de fitoquímicos

## Home treatment alternative drinking water through phytochemicals

ÓSCAR EFRÉN OSPINA ZÚÑIGA<sup>1</sup> - HILDEBRANDO RAMÍREZ ARCILA<sup>2</sup>

1. Magíster en Ingeniería y Tecnología Ambiental. Grupo de Investigación Aqua de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué. osefos@gmail.com

2. Magíster en Investigación y Docencia Universitaria. Grupo de Investigación Aqua de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.

hisildebrandoramirez13@yahoo.es

Recibido: 10/06/2011 Aceptado: 09/09/2011

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

El agua potable en países en vías de desarrollo, como Colombia, es una opción poco factible para comunidades marginales y vulnerables, especialmente la población rural, ya que sus bajos ingresos familiares impiden acceder a tecnologías actuales de tratamiento del agua para consumo humano y a productos químicos industriales usados para tal fin. Con esta investigación se pretende subsanar tal situación desarrollando una tecnología casera alternativa para tratar el agua y hacerla apta para el consumo mediante el empleo de materiales accesibles, económicos, durables y reutilizados, que consiste en reemplazar productos químicos industriales por productos naturales (fitoquímicos, que corresponden a sustancias biológicamente activas y presentes naturalmente en plantas como compuestos bioactivos), abundantes en la flora colombiana, con la misma eficacia, bajo costo, y que no hacen daño al ser humano ni al medio ambiente.

**Palabras claves:** agua potable, tratamiento, productos naturales, vulnerable y rural.

### Abstract

Drinking water in developing countries like Colombia, is an unlikely option that marginalized and vulnerable communities, especially rural, low income, families access to current technology prevents water treatment for human consumption and industrial chemicals used to this purpose. The research aims to remedy this situation by developing an alternative home technology to treat water and make it fit for consumption, by using available materials in the environment, economic, durable and reused. Replacing industrial chemicals by using natural products (phytochemicals, which correspond to biologically active substances and naturally occurring bioactive compounds in plants), abound in the Colombian flora, with the same efficiency, low cost, harmless to human health and the environment.

**Keywords:** drinking water treatment, natural products, vulnerable, rural.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas es un problema recurrente hoy en los países en vías de desarrollo. Esta degradación del agua y la imposibilidad económica de acceder a sistemas eficaces de saneamiento, medios capaces de proporcionar protección contra las enfermedades diarreicas, el cólera, el tifus y otras transmitidas a través del agua son la causa de millones de muertes infantiles cada año en países en desarrollo, especialmente en la población rural. Para lograr la potabilización es preciso someterla a varios procesos elementales, que comprenden clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y organoléptico (Romero, 2000). Tradicionalmente, se usan plantas de tratamiento convencionales, conformadas por cinco unidades básicas: mezcla rápida, donde se aplica y diluye el coagulante químico a partir de la agitación del agua; floculadores, donde se aglutinan las partículas y se conforma el floc; sedimentadores, donde se sedimenta el floc conformado; filtros, donde se separan por lechos multicapa las partículas más pequeñas, y la desinfección, donde se aplica el desinfectante químico (Hilleboe, 1998).

En Colombia se utilizan tradicionalmente como coagulantes sulfato de aluminio, sulfato férrico, y para la desinfección, cloro y otra gama de productos químicos. La desinfección es de carácter químico y se efectúa mediante el uso de cloro gaseoso o en solución, que además es causante de daños irreversibles en la salud del conglomerado social y su consumo en grandes proporciones o durante largos periodos.

## PROBLEMÁTICA DETECTADA

Según el Censo de Población realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), durante el año 2005 la cobertura de acueducto en Colombia es de 94,3% en áreas urbanas y 47,1% en áreas rurales, para una tasa de cobertura nacional de 83,2%. La baja cobertura en algunas regiones está estrechamente ligada a la morbilidad y mortalidad infantil. Cada año en Colombia mueren aproximadamente 13.600 niños menores de cinco años. Más de la mitad ocurren por causas prevenibles y gran parte de ellas como consecuencia de la mala calidad del agua. Además, muchos más sufren de diarrea crónica, desnutrición, enfermedades e infecciones que comprometen su desarrollo físico, emocional e intelectual (Unicef, 2011). Según el

Tercer Diagnóstico sobre Calidad de Agua para Consumo Humano de la Defensoría del Pueblo, efectuado en 2007, 16,7 millones de colombianos no recibieron agua apta para consumo, de acuerdo con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos reportados por las secretarías de Salud (Defensoría del Pueblo, 2007).

El Grupo de Investigación Aqua, del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué, viene investigando desde el 2005 sobre la situación crítica de consumo de agua cruda en la mayoría de la población rural del departamento del Tolima, reflejo de la situación sanitaria del país. La sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de agua, esto es, la construcción de su infraestructura física, operación y mantenimiento, es factible para áreas urbanas con población significativa, cuyos ingresos económicos garantizan la estructura tarifaria, pero proscriba para áreas rurales donde se alojan comunidades vulnerables y marginadas (Suárez y Ospina, 2005).

Las fuentes superficiales que abastecen los acueductos urbanos del Tolima presentan altos índices de contaminación, especialmente por la fuerte intervención antrópica en sus cuencas hidrográficas, cuyas incidencias directas en la salud humana son evidentes, con alarmantes tasas de morbilidad y mortalidad (Ospina, Ramírez, Pastrana y Mora, 2007). Preocupa la presencia de residuales de agroquímicos, plaguicidas e incluso metales pesados en cuerpos de agua que abastecen vastos sectores de población urbana y rural, los que se usan para riego de amplias extensiones de cultivos. Es el caso del río Coello, en el departamento del Tolima, que contiene residual de cromo y abastece a los municipios de Espinal y Coello, así como el sistema de riego Usocoello (Ospina, Ramírez, Valencia y Castillo, 2009).

El esfuerzo estatal en la construcción de infraestructura física para el tratamiento del agua en estas comunidades no ha tenido los resultados esperados y los beneficiarios terminan abandonando el sistema. Prueba de ello es la gran cantidad de plantas en desuso, muchas de las cuales incluso nunca entraron en operación, como lo evidencia el Censo Sanitario de los Sistemas Comunitarios de Ibagué, efectuado por el Grupo de Investigación Aqua en los años 2007 y 2008 (Ospina, Ramírez, Chaves y Estupiñán, 2008). A continuación se ilustra un claro ejemplo, correspondiente al sistema de acueducto comunitario Los Túneles, del municipio de Ibagué, donde se abandonó la planta hace más de

diez años y actualmente los usuarios consumen agua contaminada (figura 1).



Fuente: Ospina, Ramírez, Chaves y Estupiñán, 2008.

**Figura 1.** Planta de tratamiento de agua abandonada, acueducto comunitario Los Túneles (Ibagué).

Lo anterior demuestra a las claras que el desconocimiento de la tecnología (manejo, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento) y los altos costos de los productos químicos industriales, inaccesibles para algunas comunidades, propician el abandono del proceso de potabilización y optan por consumir agua cruda.

Esta situación crítica que afronta la población rural, sobre todo la que se encuentra en condiciones de vulnerabilidad y marginalidad, puede resolverse a partir del uso de tecnologías alternativas que se construyan en forma económica y logrando el remplazo de los productos químicos industriales por productos naturales que abundan en la flora colombiana. La aplicación de esta sencilla solución implica la enseñanza y réplica de la tecnología a los directos beneficiarios, para que se apropien de la solución y garanticen su aplicabilidad, réplica masiva, beneficios socioeconómicos y sanitarios, pero principalmente su sostenibilidad en el tiempo. Los resultados permiten determinar que es factible el empleo de tecnologías alternativas apoyadas en el uso de productos naturales para clarificar y desinfectar el agua.

Los procedimientos utilizados en este proyecto se dan en campo, mediante la recolección y preparación inicial de las muestras extraídas de productos naturales; luego se llevan al laboratorio, donde se completa su preparación y se someten a pruebas que permiten medir la eficiencia del proceso y definir dosis óptimas; así mismo, el diseño de la planta de tratamiento casera

facilita su uso a bajos costos, sin consumo de energía industrial y con el empleo de técnicas simples, pero con altos índices de eficiencia.

## ANTECEDENTES

El hombre ha utilizado vegetales desde tiempos inmemoriales para la alimentación, como forraje y en medicina, entre otros usos. Los polielectrolitos naturales se han empleado en los países en desarrollo para clarificar el agua, como en el caso de la India, donde hace más de 400 años se utiliza el árbol de nirmali (*Strychnos potatorum*), para la clarificación de aguas turbias. Samia (1979) describe que en varios países del África (Chad, Nigeria, Sudán y Túnez), los aldeanos añaden al agua para beber plantas nativas, con el fin de reducir la turbiedad o los olores y sabores desagradables. Los británicos fueron los primeros en usar polielectrolitos naturales como coadyuvantes. Tal es el caso del alginato de sodio, extraído de algas pardas; otros productos naturales que se han utilizado en Inglaterra son la hidroxietilcelulosa (HEC), derivada del almidón de papa. El género *Opuntia*, de alta distribución en México, se está investigando para el tratamiento de aguas, en especial el nopal, por su poca exigencia para su desarrollo y fácil adaptación (Vásquez, 1994).

De la misma manera, para purificar el agua se han utilizado diversos métodos, pero el más popular es hervirla; sin embargo, hervirla no es fácil, porque se usa mucho combustible, es difícil de encontrar y a menudo caro. En la desinfección solar (método Sodis) se emplea radiación ultravioleta (UV). La radiación es un proceso demostrado para la desinfección del agua, aire y superficies sólidas contaminadas microbiológicamente (Fundación Sodis). El método se ha popularizado y su uso correcto desinfecta el agua tal como si se hirviera; puede utilizarse a nivel doméstico, sólo depende de la radiación solar y su costo es muy bajo o casi nulo.

Otro método es la desinfección por calor, donde la solución se calienta 30 segundos a 95 °C; su desventaja es la utilización de energía (eléctrica, vegetal o gas). Y en el método de filtración lenta en arena, se pueden obtener filtros en diferentes tamaños y materiales, tanto manuales como de funcionamiento automático.

Últimamente, la investigación ha permitido probar derivados naturales de origen animal, como el quitosano, polisacárido natural, biodegradable y biocompatible, se

obtiene de la quitina, sustancia abundante en la naturaleza y de baja toxicidad. Se encuentra en el exoesqueleto de crustáceos, insectos y hongos. Actualmente se están empleando en la producción de fármacos, como microbicida antibacteriano e incluso en el tratamiento del agua (Ochoa, 2004). Así mismo, la *Moringa oleifera* Lam, el samán y otras especies se usan en Cuba para el tratamiento del agua destinada al consumo humano en la Costa Oriental del Lago, con el propósito de ofrecer alternativas viables que permitan suministrar agua potable a los habitantes de siete municipios de esta subregión (Cabrera, 2009), con resultados exitosos.

En este proceso exploratorio se considera la utilidad que tiene la naturaleza en el tratamiento del agua para consumo, siguiendo la experiencia investigativa de otros países y la empírica de la cultura de ancestros de Colombia que emplean algunas plantas y frutos para mejorar su calidad de vida con resultados visibles, como es el caso de medicamentos con preparación casera a partir de plantas consideradas curativas. Ciertas dolencias físicas son mitigadas con la aplicación externa o el consumo de fitoquímicos con propiedades sedantes y relajantes; infecciones externas se tratan con plantas cuyas propiedades microbicidas contribuyen a reducir riesgos. De hecho, la medicina natural, considerada alternativa, ha dado un avance científico significativo, gracias a lo cual se aplica en muchos países del orbe (Gordillo, 2009).

Después de analizar experiencias culturales de comunidades rurales e indígenas del departamento del Tolima, se pudo establecer que la clarificación con productos naturales ha sido una práctica empírica con ciertos niveles de eficiencia. En el municipio de Rovira (Tolima) se utiliza una planta cuyo nombre común es sábila (nombre científico: *Aloe barbadensis*) para clarificar el agua mediante la aplicación de la savia extraída de sus pencas, con propiedades adherentes formadoras de grumos que se decantan. Este proceso lo efectúan en tinajas de arcilla vitrificada. En la fabricación de la panela, también conocida como raspadura, se requiere la clarificación del jugo extraído de la molienda de la caña de azúcar, conocido como guarapo, lo cual se logra mediante la aplicación de tallos de una planta cuyo nombre común es cadillo (nombre científico: *Bidens pilosa*).

Con base en estos antecedentes, recurrir a fitoquímicos para clarificar el agua mediante la remoción de la mayor cantidad posible de sólidos en suspensión y

coloidales se convierte en una nueva opción en el campo de la ingeniería para su aplicación práctica en actividades que requieran el tratamiento del agua en diferentes usos, especialmente para el consumo humano.

A partir del año 2006, Aqua investigó sobre los procesos de coagulación y floculación con productos naturales, determinándose en el año 2007 tres especies vegetales con propiedades coagulantes: moringa (nombre científico: *Moringa oleifera*), samán o árbol de lluvia (nombre científico: *Pithecellobium saman*) y tuna (nombre científico: *Opuntia ficus*) (Guevara, D., Ramírez, H. y Ospina, O., 2007). En el 2008 se estudiaron otras especies vegetales y se determinó otra especie natural eficiente en este proceso, denominada comúnmente antorcha peruana (nombre científico: *Trichocereus peruvianus*), cuyos resultados fueron aceptables (Peña, E., Ramírez, H. y Ospina, O., 2008). Las cuatro especies vegetales descritas mostraron propiedades coagulantes con capacidad de sustituir los productos químicos industriales para la clarificación del agua.

En el año 2008 se reconocieron varias especies vegetales con propiedades desinfectantes, llamadas camu camu (nombre científico: *Myrciaria dubia*), limón (nombre científico: *Citrus limonum* Risso) y marañón (nombre científico: *Anacardium occidentale*), con resultados aceptables (Arias, A., Ramírez, H. y Ospina, O., 2008), así como propiedades microbicidas con capacidad de remplazar los productos químicos industriales para la desinfección del agua.

Estos antecedentes, resultado de la experiencia realizada por el Grupo de Investigación Aqua, son la evidencia reciente y fiable de la actividad fitoquímica con capacidad para el proceso de clarificación y desinfección del agua para consumo humano. Los productos están debidamente avalados por la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (Ibal), que está certificada por las normas ISO 9001: 2000 y NTCGP: 1000: 2004.

## OBJETIVOS

Entre los objetivos que se pretende conseguir con este tratamiento, se destacan los siguientes:

- Desarrollar una tecnología alternativa que permita potabilizar el agua para población marginal y vulnerable, accesible a sus condiciones socioculturales.

- Evaluar el comportamiento de diferentes parámetros de calidad de agua, utilizando productos naturales como coagulante primario para clarificarla y desinfectarla, generando un conjunto de alternativas fitoquímicas que sustituyan los químicos industriales por productos naturales, económicos para cualquier población y con mínima o nula incidencia en la salud humana.
- Determinar, por medio de ensayos de laboratorio, la eficiencia y dosis óptima que hay que utilizar en los procesos de clarificación y desinfección.
- Diseñar una planta de tratamiento casera con los procesos básicos de potabilización del agua, que se pueda usar como solución unifamiliar, que permita su operación y mantenimiento por parte de los beneficiarios.

## METODOLOGÍA

En este proceso exploratorio se presenta la utilidad que tiene la naturaleza en el tratamiento del agua para consumo, siguiendo la experiencia empírica de la cultura de ancestros en Colombia. Se iniciaron la recolección, el secado y la maceración de muestras con la obtención del producto natural procesado en el laboratorio de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.

El proyecto se desarrolló mediante la utilización de diversas muestras de productos naturales (fitoquímicos), luego llevadas al laboratorio con el fin de someterlas a pruebas de clarificación (prueba de jarras) y desinfección (con indicadores de coliformes totales y fecales, *Escherichia coli*) en agua cruda extraída del río Combeima, que abastece el sistema de acueducto de la ciudad de Ibagué, capital del departamento del Tolima; las muestras se procesaron en el laboratorio de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado Ibal S.A. ESP, oficial, el cual está debidamente certificado en aseguramiento de la calidad por las normas NTCGP-2004 y ISO-9001-2004. La experimentación se realizó con pruebas de ensayo y error, hasta determinar los fitoquímicos capaces de cumplir con el objetivo propuesto, en cumplimiento de la normatividad vigente en Colombia respecto a la calidad del agua para consumo humano (Resolución 2115 de 2008), y la protección y control del agua para consumo humano (Decreto 1575 de 2007).

Obtenidos los productos naturales (fitoquímicos) para la clarificación y desinfección, se procedió a diseñar, construir y operar la planta casera siguiendo las normas técnicas existentes; para su diseño se emplearon materiales de fácil consecución, biodegradables y de bajo costo.

### Coagulación con productos naturales

Para sustituir el producto químico industrial comúnmente utilizado (sulfato de aluminio), se emplearon varios tipos de plantas que se presumió poseían la capacidad de coagulación de partículas suspendidas y coloidales. Mediante la experimentación, se prepararon muestras a través de procesos de trituración, secado, maceración y pulverización, para aplicarlas en el agua cruda con el ensayo en el equipo de jarras (simulación de la clarificación), valorando los resultados obtenidos de turbiedad o turbidez, pH y color, para determinar las dosis óptimas. Este ensayo se efectuó siguiendo los parámetros establecidos por la norma técnica colombiana 3093 (NTC 3093, 1996).



**Fuente:** Guevara, Ramírez y Ospina, 2007, y Peña, Ramírez y Ospina, 2008.

**Figura 2.** Preparación de muestras extraídas de productos naturales, Laboratorio de la Universidad Cooperativa de Colombia.

De las muestras, se escogieron aquellas que cumplieran con el proceso coagulante y cuyo potencial permitiera el remplazo del sulfato de aluminio.



**Fuente:** Guevara, Ramírez y Ospina, 2007, y Peña, Ramírez y Ospina, 2008.

**Figura 3.** Equipos de laboratorio para coagulación, empresa Ibal S.A. ESP, oficial (equipo de jarras, balanza de precisión y turbidímetro).

Durante el ensayo se verifica la propiedad coagulante del producto natural, con el propósito de aceptarlo para el proceso de clarificación; por tanto, se observa la forma como se desarrolla el floc en cada una de las jarras, escogiendo aquella que produzca el floc más grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente y que deje un agua más cristalina entre las partículas coaguladas. La comparación de los tamaños del floc se efectúa usando el índice de Willcomb (tabla 1) (Cepis, 1981). Se acepta como coagulante para someterla a la medición de turbidez residual aquella muestra que obtenga un índice de 8 (floc que se deposita fácil pero no completamente) o 10 (floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina). En caso contrario, se descarta del proceso.

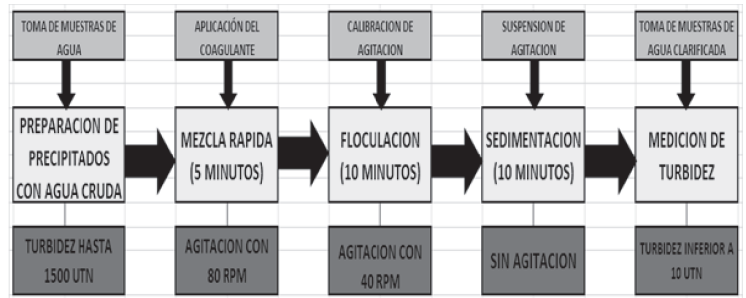
**Tabla 1**  
Índice de floculación de Willcomb

Índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido (sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo y deja el agua cristalina.

Fuente: Cepis, 1981.

Para la obtención de la dosis óptima de coagulante se aplican diferentes dosis de coagulante en las jarras, determinando la turbiedad obtenida en cada una de ellas. Se grafican los valores logrados en un sistema de coordenadas, donde las abscisas son las dosis de coagulante y las ordenadas la turbiedad final o residual. El proceso de clarificación efectuado en la prueba de jarras del laboratorio se resume a continuación (figura 4).

Los parámetros de turbidez final luego del proceso de sedimentación y filtración obedecen a los establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (Resolución 1096 de 2000).



**Figura 4.** Diagrama del proceso de clarificación que hay que efectuar en el laboratorio.

### Desinfección con productos naturales

Similar procedimiento se efectuó para el proceso de desinfección, donde la muestra extraída del producto natural se aplicó a agua cruda con presencia de coliformes totales y coliformes fecales (*E. coli* como indicador); posteriormente, se administró el producto natural desinfectante y se verificó su efecto. Se usaron varias plantas y frutos, hasta determinar aquellas con capacidad de remover la presencia de patógenos en el agua; se estableció también la dosis óptima para remover la totalidad de coliformes totales y *E. coli*.



Fuente: Arias, Ramírez y Ospina, 2008.

**Figura 5.** Equipos de laboratorio para desinfección, empresa Ibal S.A. ESP, oficial (pantalla ultravioleta, placas para detección de *E. coli*).

Efectuados los ensayos en el laboratorio, se pudo determinar que los fitoquímicos empleados en la investigación lograron reducir el agua de 1500 unidades nefelométricas de turbidez (UTN) a las prescritas en la norma, entre 3-5 UTN, utilizando fitoquímicos en un tiempo aproximado de 25 minutos (quince minutos de coagulación - floculación y diez minutos de sedimentación).

## Planta casera de tratamiento de agua

Se diseñó un sistema de tratamiento de agua, llamado prototipo Aqua 1, en el que se integraron los procesos básicos: mezcla rápida, coagulación - floculación, sedimentación, filtración y desinfección, para tratar pequeños caudales de agua que garantizaran el abastecimiento en viviendas como soluciones individuales o integradas; por tal razón se usaron materiales livianos, económicos, no tóxicos y duraderos, y se reutilizaron algunos (figura 6).



Figura 6. Sistema de tratamiento casero, prototipo Aqua 1.

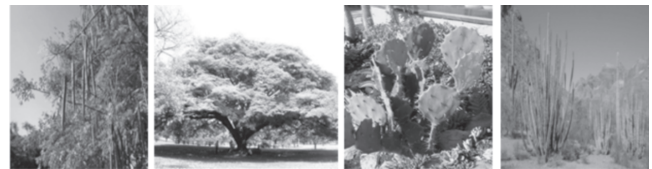
La planta casera se diseñó siguiendo los parámetros establecidos por la norma RAS y aspectos técnicos de diseño básico (Arboleda, 2000), así como los procesos de tratamiento de agua (Romero, 1997). Está concebida para operar por efecto de la gravedad (flujo descendente) sin consumo de energía y la puede manipular una persona, con aplicación de los productos naturales anteriormente expuestos y para operar según las condiciones del agua. Su durabilidad puede ser superior a diez años, dadas las calidades de los materiales, lo que permite el tratamiento convencional del agua para caudales que abastecen una vivienda. Está conformada por dos recipientes plásticos (botellones de 20 litros cada uno), acondicionado el primero (superior) para realizar la floculación con paletas de madera en un eje vertical giratorio manipulado manualmente, previa aplicación del coagulante, y allí mismo ocurre la sedimentación una vez formado el floc. El segundo posee un

plato plástico perforado que garantiza la distribución uniforme del flujo, donde se aplica el desinfectante natural. Contiene un lecho de arena gruesa apoyada en un falso fondo en tubería PVC perforada, donde ocurre la filtración por flujo descendente. Entre el primero y segundo recipientes se ubicó una válvula para la remoción de sedimentos y separación del agua clarificada.

## RESULTADOS

### Coagulación con productos naturales

Para la coagulación con productos naturales se obtuvieron resultados satisfactorios de cuatro coagulantes naturales extraídos de las siguientes plantas: moringa (nombre científico: *Moringa oleífera*), samán o árbol de lluvia (nombre científico: *Pithecellobium saman*), tuna (nombre científico: *Opuntia ficus*) y antorcha peruana (nombre científico: *Trichocereus peruvianus*), cuya forma típica se aprecia a renglón seguido (figura 7).



Fuente: Guevara, Ramírez y Ospina, 2007, y Peña, Ramírez y Ospina, 2008.

Figura 7. Productos naturales para coagulación: moringa, samán, tuna y cactus.

Su eficiencia se midió a partir de la coagulación-floculación y sedimentación del agua cruda del río Combeima –que abastece al acueducto urbano de la ciudad de Ibagué–, en épocas de lluvia y con turbiedades hasta de 1500 UNT, con el fin de conseguir las dosis óptimas en cada uno de ellos que permitieran obtener una turbidez final inferior a 10 UNT. Comparativamente, se utilizó el sulfato de aluminio para obtener un comparativo entre este producto químico y los naturales. Los resultados alcanzados se resumen seguidamente (tabla 2).

Tabla 2

Resultados de dosis óptimas del coagulante químico y los productos naturales para diferentes rangos de turbidez

Rango (UNT)	Sulfato de aluminio (mg/l)	Moringa (mg/l)	Samán (mg/l)	Tuna opuntia (mg/l)	Antorcha peruana (mg/l)
0	20	24	30	36	45
20	40	28	35	42	52
41	80	32	40	48	60
81	100	37	46	56	68
101	130	39	49	59	70
131	180	41	51	62	73
181	200	43	54	65	77
201	240	44	55	66	80
241	280	46	58	69	81
281	320	48	60	72	85
321	360	52	65	78	93
361	400	54	68	81	95
401	450	55	69	83	98
451	500	56	70	84	98
501	550	56	70	84	98
551	600	60	75	90	105
601	650	60	75	93	104
651	700	62	78	93	109
701	750	62	78	95	108
751	800	63	79	95	111
751	850	63	79	96	111
801	900	63	80	96	111
851	950	64	80	96	111
901	1100	65	81	96	113
951	1200	66	83	98	114
1101	1300	70	88	98	123
1201	1400	70	88	99	121
1301	1500	76	95	105	130

Fuente: Guevara, Ramírez, Ospina y 2007, y Peña, Ramírez y Ospina, 2008.

La dosificación requerida del coagulante químico para remover la turbiedad a valores inferiores a 10 UNT es ligeramente menor que la de los productos naturales, siendo la moringa la más eficiente.

El control de la calidad del agua para este caso se refiere a los procesos fisicoquímicos involucrados y medidos a partir de eficiencia en remoción de turbidez y color, sin afectar el PH (Weber, 1979). Los resultados evidencian la posibilidad de emplear productos naturales para reemplazar los coagulantes químicos en el tratamiento del agua para consumo humano, siendo una alternativa viable ambiental, social, económica y técnica.

### Desinfección con productos naturales

Al ensayar diversas plantas, se obtuvieron tres de ellas con resultados satisfactorios para desinfectar el agua para consumo humano: camu camu (nombre científico:

*Myrciaria dubia*), limón (nombre científico: *Citrus limonum* Risso) y marañón (nombre científico: *Anacardium occidentale*), que cumplen los requerimientos establecidos en la norma colombiana sobre calidad del agua para consumo humano, removiendo en su totalidad los coliformes totales y fecales presentes en las muestras.

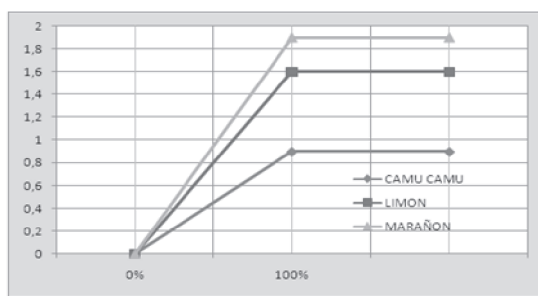


Fuente: Arias, Ramírez y Ospina, 2008.

Figura 8. Productos naturales para desinfección: camu camu, marañón y limón.



Los resultados obtenidos muestran la eficiencia de los tres productos naturales, variando la dosificación óptima para remover la totalidad de los coliformes (figura 9). El camu camu remueve la totalidad de coliformes con dosis de 0,9 mg/l, el limón con 1,6 mg/l y el marañón con 1,9 mg/l.



Fuente: Arias, Ramírez y Ospina, 2008.

Figura 9. Productos naturales para desinfección: camu camu, marañón y limón.

Las propiedades inherentes a los desinfectantes naturales hacen que el efecto sinérgico de los ácidos ascórbico, fumálico y cítrico, presentes en ellos, incidan en la pared celular y el citoplasma del microorganismo, interfiriendo en la respiración bacteriana. No son volátiles, son biodegradables, con espectro de acción amplio, toxicidad casi nula y acción residual, que garantizan su permanencia en el cuerpo de agua y prolongan su acción desinfectante.

### Planta de tratamiento casero

El prototipo Aqua 1 permitió tratar el agua cruda para mejorar sus condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas y hacerla apta para el consumo humano, de acuerdo con la norma colombiana vigente (Resolución 2115 de 2007). Su capacidad de remoción de turbidez es eficiente hasta valores máximos cercanos a 500 UTN aproximadamente, disminuyéndola en el proceso de tratamiento hasta valores inferiores a 3 UTN, usando los productos naturales descritos. Las pruebas efectuadas permiten definir la operación de esta planta casera con dos opciones: agua con turbidez entre 30 y 500 UTN, que corresponde a las condiciones típicas en las dos épocas de lluvia del año, y agua con turbidez entre 0 y 30 UTN, que corresponde a las dos épocas secas

del año. Para todas las situaciones, remueve el 100% de coliformes totales y fecales (*E. coli*).

Para el primer caso, el proceso de tratamiento se efectúa de manera completa, esto es, aplicando el coagulante extraído del producto natural en el agua cruda previamente depositada en el botellón superior. La capacidad de tratamiento se limita a 20 litros de agua en un lapso aproximado de 20 a 30 minutos (10 a 15 minutos de coagulación - floculación, 5 a 10 minutos de sedimentación y 5 minutos de filtración - desinfección). Para el segundo caso, el proceso no requiere coagulación - floculación (sin aplicación de coagulante) y sólo se efectúan la filtración y la desinfección en el segundo botellón. La capacidad de tratamiento es de flujo continuo y únicamente implica el lavado del lecho del filtro (arena gruesa) cuando se evidencie algún tipo de colmatación.

La ficha técnica del prototipo se describe a continuación (figura 10).

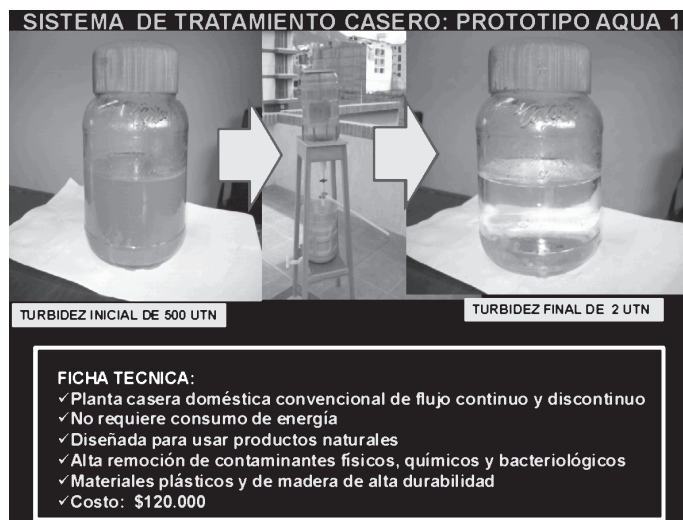


Figura 10. Ficha técnica del prototipo Aqua 1.

El prototipo cuesta aproximadamente \$120.000, pero debido a que se construye con materiales disponibles en el medio, es factible usarlos sin ningún costo y disminuir así su valor.

## CONCLUSIONES

Los antecedentes históricos demuestran que en las actuales circunstancias no es posible que comunidades vulnerables y marginales, especialmente en el área rural, puedan acceder al agua potable. De continuar así, estas comunidades estarán condenadas a subsistir consumiendo agua cruda con contaminantes diversos que les seguirán deteriorando su calidad de vida, e incluso llegar a ocasionarles la muerte.

La solución surge al considerar las principales causas que impiden el consumo masivo de agua potable: la falta de recursos económicos y el nivel de dificultad de la tecnología, inapropiada culturalmente para la comunidad beneficiada. Este proyecto plantea una alternativa técnica que resuelve integralmente el problema, involucrando como columna vertebral la *sostenibilidad desde una visión ingenieril*. Abre la posibilidad de explorar nuevas perspectivas para quitarles a millones de compatriotas el lastre de sufrir las nefastas consecuencias de usar agua poluta para su subsistencia. La tecnología presentada es accesible a la población porque, con elementales y sencillos principios ingenieriles, permitirá su acceso al agua potable sin distinción alguna.

El uso de especies vegetales para extraer muestras con propiedades aglutinantes y útiles en el proceso de tratamiento del agua para consumo humano es una realidad. Los resultados evidencian la posibilidad de utilizar productos naturales para remplazar los coagulantes químicos industriales en el tratamiento del agua para consumo humano, opción viable desde la óptica ambiental, social, económica y técnica. Implementar esta tecnología limpia tendrá un gran impacto en la disminución del efecto ambiental producido por químicos de uso frecuente (cloro, sulfato de aluminio) en todos sus procesos: producción, transporte, manipulación, uso, efecto residual y disposición final.

Es probable que existan otras especies vegetales con mayor potencial coagulante que las descritas, lo cual contribuiría al mejoramiento de los resultados de esta alternativa e implicaría un compromiso académico e intelectual de proseguir la investigación, para lo cual los centros e instituciones académicas de Colombia están llamados a trabajar al respecto.

Por las condiciones mismas de la tecnología, las repercusiones a nivel local y nacional permitirán mejorar la calidad de vida. Esto mitigaría los efectos de morbimortalidad que producen los químicos residuales so-

bre la salud humana, ahorro de recursos en el tratamiento de enfermedades gástricas y diarreicas, particularmente en la población infantil por el consumo de aguas no tratadas. Un efecto intrínseco de la propuesta es la reducción de los gastos que generaría esta tecnología en la canasta familiar, pues se presupone una disminución ostensible de recursos para el tratamiento del agua con productos limpios. Contribuye a disponer de agua apta para consumo sin riesgo para la salud, por efectos directos y secundarios y a bajo costo.

La planta prototipo Aqua 1 demuestra la amplia posibilidad de diseñar y construir nuevas alternativas en el tratamiento del agua, con soluciones sencillas y accesibles para el entorno socioeconómico de las comunidades rurales, donde se aloja la población más pobre de Colombia. Se rompe así el paradigma de la inaccesibilidad de tecnologías para potabilizar el agua en áreas rurales. El concepto básico aplicado en el diseño, construcción y operación del prototipo le abre puertas a la ingeniería en Colombia para diseñar prototipos más avanzados, con mayor capacidad de caudal para soluciones multifamiliares, con materiales más económicos, durables, reciclados y reutilizados.

Este prototipo se caracteriza porque se puede fabricar, operar y mantener con facilidad, con materiales disponibles en el entorno, lo cual facilita la apropiación de la tecnología y, por ende, garantiza su sostenibilidad al no requerir energías industriales en la operación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*, tomo 1, 3.ª ed. Bogotá: Nomos S.A.
- Arias, A., Ramírez, H. & Ospina, O.E. (2009). *Desinfección del agua para consumo con productos naturales*. Tesis meritoria de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Cabrera, G. (2009). *Coagulantes naturales para purificar el agua*. Cuba: LUZ-COL, Laboratorio de Investigaciones Ambientales.
- Cepis (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) (1981). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*, Serie Técnica 13.
- Decreto 1575 (2007). *Sistema para la protección y control del agua para consumo humano*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
- Defensoría del Pueblo (2007). *Tercer diagnóstico sobre calidad de agua para consumo humano*.
- Fundación Sodis. *Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions* (Unicef). P. García, Wikipedia. Lareserva.com.
- Gordillo, S. (2009). *Plantas nativas de Cerro Colorado, provincia de Córdoba*. Guía práctica para el reconocimiento de árboles,

- arbustos, cactáceas, enredaderas, arrosietadas y epifitas (versión digital en [www.cerccoloradoweb.com.ar](http://www.cerccoloradoweb.com.ar)).
- Guevara, D.O., Ramírez, H. & Ospina, O. (2007). Procesos de coagulación y floculación de aguas para consumo, con productos naturales. Tesis meritosa de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Hilleboe, H.E. (1998). *Manual de tratamiento de aguas*. Nueva York: Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany.
- Jahn, S. (1989). *Uso apropiado de coagulantes naturales africanos por el abastecimiento de agua en el medio rural*. Lima: Cepi-OPS-OMS.
- Norma técnica colombiana NTC 3093 (1996). Procedimiento para el método de jarras en la coagulación-floculación del agua. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).
- Ochoa, V. & Ruiz, C. (2004). *El quitosano: usos farmacéuticos y biológicos*. Madrid: Universidad Complutense, Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica.
- Ospina, N., Ramírez, H., Pastrana, N. & Mora, F. (2007). Modelos agua segura. Incidencia del agua en la salud humana. Tesis laureada de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Ospina, O., Ramírez, H., Chaves, J. & Estupiñán, J. (2007). Censo sanitario de los sistemas comunitarios urbanos de Ibagué. Evaluación calificación Aqua. Tesis laureada de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Ospina, O., Ramírez, H., Valencia, M. & Castillo, O. (2009). Evaluación integral de sistemas de acueducto, Eisa-10. Tesis meritosa de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia seccional Ibagué.
- Peña, E.F., Ramírez, H. & Ospina, O. (2008). Procesos de coagulación y floculación de aguas para consumo, con productos naturales fase II. Tesis meritosa de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Resolución 1096 (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Ministerio de Desarrollo Económico de la República de Colombia.
- Resolución 2115 (2007). Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de la Protección Social de la República de Colombia.
- Romero, J.A. (2000). *Purificación del agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J.A. (1997). *Acuipurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Suárez, A. & Ospina, O. (2005). Censo sanitario urbano del departamento del Tolima. Tesis de pregrado. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Ibagué.
- Unicef (2011, agosto). El agua potable, el saneamiento y el ambiente sano: un derecho humano. Extraído de <http://www.unicef.org.co/0-aguaysaneamiento.htm>.
- Vásquez, O. (1994). *Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Weber, Jr., W.J. (1979). *Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

# Una revisión al tema de simplificación de fórmulas booleanas y difusas

## A review to the topic of simplification of boolean and fuzzy formulas

**ÓMAR SALAZAR MORALES<sup>1</sup> - JOSÉ JAIRO SORIANO MÉNDEZ<sup>2</sup>**

1. Estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica. Laboratorio de Automática, Microelectrónica e Inteligencia Computacional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. [jairosoriano@udistrital.edu.co](mailto:jairosoriano@udistrital.edu.co)

2. Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Laboratorio de Automática, Microelectrónica e Inteligencia Computacional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. [osalazarm@correo.udistrital.edu.co](mailto:osalazarm@correo.udistrital.edu.co)

Recibido: 15/06/2011 Aceptado: 15/09/2011  
Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

En este artículo se hace una revisión del tema de simplificación de fórmulas booleanas y difusas: las primeras son claves en el diseño de circuitos digitales, circuitos con relevos o el estudio matemático de la lógica bivalente, y las segundas son importantes en inteligencia computacional para el desarrollo de sistemas expertos o el estudio matemático de la lógica difusa (una lógica multivalente).

El objetivo es presentar algunos antecedentes del tema, así como avances recientes, en especial el desarrollo de un método tabular de simplificación para fórmulas difusas, cuyas álgebras son infinitas, basado en álgebras finitas, que también integra la simplificación de fórmulas booleanas.

**Palabras claves:** álgebra, lógica clásica, lógica difusa, fórmulas y simplificación.

### Abstract

This paper presents a review in the topic of simplification of boolean and fuzzy formulas. The first type of formulas is important in the design of digital circuits, relay circuits or the mathematical study of bi-valued logic. The second type of formulas is important in computational intelligence for the development of expert systems or the mathematical study of the fuzzy logic (multivalued logic). The aim is to present some antecedents and recent advances in the topic. In particular the development of a tabular method of simplification of fuzzy formulas, whose algebras are infinite, based on finite algebras which also integrates the simplification of boolean formulas.

**Keywords:** algebra, classical logic, fuzzy logic, formulas, simplification.

### INTRODUCCIÓN

Una fórmula es la concatenación de símbolos de variables, constantes y operadores. Esta concatenación no es arbitraria y es necesario que tenga sentido. Debe indicar en forma clara cómo los operadores actúan sobre las variables y constantes. Estas fórmulas se conocen como *fórmulas bien formadas* (Gehrke, Walker y Walker, 1997, 2003; Maes y De Baets, 2005).

En el álgebra de Boole de dos elementos  $B_2 = \langle \{0,1\}; \vee, \wedge, ', 0, 1 \rangle$ , donde  $\vee$  y  $\wedge$  son operaciones binarias llamadas *disyunción* y *conjunción*, y  $'$  una operación unaria denominada *complemento* dadas en la tabla 1 que cumplen las propiedades de la tabla 2 (Burris y Sankappanavar, 1981; Fuchs, 1963; Grätzer, 1978), sus fórmulas involucran los símbolos 0, 1,  $\vee$ ,  $\wedge$  y  $'$  junto con las variables pertinentes. Por ejemplo, si  $x, y$  y  $z$  son variables, entonces  $(x \wedge y) \vee (y' \vee z \vee 0)'$  es una fórmula. Pero no lo es  $xy \vee \wedge \vee y' z 0'$ , dado que no tiene sentido, a pesar de que involucra los mismos símbolos.  $B_2$  como sistema algebraico se usa en el análisis de la lógica bivalente o clásica (Supess, 1957), así como en aplicaciones de análisis y diseño de sistemas con elementos bivalentes como relevos (Shannon, 1938), compuertas lógicas (Morris Mano, 1982), transistores en corte-saturación (Hachtel y Somenzi, 1996) y otros.

Para  $B_2$  se conocen métodos de simplificación de fórmulas, como los *mapas de Karnaugh*, también llamados *diagramas de Veitch* (Morris Mano, 1982), o el *método de Quine-McCluskey* (Hachtel y Somenzi, 1996) entre los más conocidos de la literatura. El primero es un método gráfico y el segundo es tabular. En ambos se manipulan ceros y unos, además del manejo de condiciones de “no importa”. Lo importante de ellos es que es finito el número de pasos aplicados sobre una fórmula hasta obtener una fórmula final simplificada. Por ejemplo, la fórmula  $f(x,y,z) = (x \wedge y) \vee (z \wedge y') \vee (x \wedge z)$  se puede simplificar a  $g(x,y,z) = (x \wedge y) \vee (z \wedge y')$  con alguno de los métodos mencionados. Si se calcula el valor de  $f$  y  $g$  para todo  $\langle x,y,z \rangle \in \{0,1\}^3$  se encuentra que  $f=g$ . Entonces  $f$  y  $g$  se dicen *equivalentes*. Si  $f$  modela un circuito digital donde  $x, y$  y  $z$  son entradas y  $\vee, \wedge$  y  $'$  se construyen con compuertas OR, AND y NOT, entonces  $g$  modela un circuito equivalente que realiza la misma función en términos de entrada-salida pero con menos compuertas. Esto implica un circuito más sencillo y menos costoso. En  $B_2$  el procedimiento para determinar la equivalencia de dos fórmulas es finito. Basta con hallar la tabla de valores para ambas fórmulas y comparar sus valores. Por ejemplo, usando las operaciones de  $B_2$  se obtiene la tabla 3 para  $f$  y  $g$  dadas más arriba. Debido a que las columnas para  $f$  y  $g$  son iguales fila a fila, entonces las fórmulas son equivalentes. Otra forma de ver esta equivalencia es usar un método de simplificación y mostrar que se puede obtener  $g$  de  $f$ .

**Tabla 1**  
Operaciones del álgebra de Boole  $B_2$

$\vee$	0	1	$\wedge$	0	1	$'$	
0	0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1	0

**Tabla 2**  
Propiedades en el álgebra de Boole, Kleene y De Morgan

(Idempotencia)	$a \vee a = a$	$a \wedge a = a$
(Conmutatividad)	$a \vee b = b \vee a$	$a \wedge b = b \wedge a$
(Asociatividad)	$(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c)$	$(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$
(Absorción)	$a \vee (a \wedge b) = a$	$a \wedge (a \vee b) = a$
(Distributividad)	$a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$	$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$
(Identidad)	$a \vee 0 = a$	$a \wedge 1 = a$
(Absorción por 1 y 0)	$a \vee 1 = 1$	$a \wedge 0 = 0$
(Involución)	$(a')' = a$	
(Leyes de De Morgan)	$(a \vee b)' = a' \wedge b'$	$(a \wedge b)' = a' \vee b'$
(Desigualdad de Kleene)*,†	$a \wedge a' \leq b \vee b'$	
(Complementación)#,‡	$a \vee a' = 1$	$a \wedge a' = 0$

\*Esta desigualdad en ocasiones se escribe con las ecuaciones  $(a \wedge a') \wedge (b \vee b') = a \wedge a'$  y  $(a \wedge a') \vee (b \vee b') = b \vee b'$ , llamadas leyes de Kleene (Mukaidono, 1997).

#No se cumple en un álgebra de Kleene.

‡No se cumplen en un álgebra de De Morgan.

**Tabla 3**  
Ejemplo de determinación de equivalencia de dos fórmulas booleanas

x	y	z	f	g
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

El problema de determinar la equivalencia o simplificación de fórmulas es complejo cuando las variables ya no toman valores en  $\{0,1\}$ , sino en todo el intervalo cerrado  $[0,1]$  de números reales, y las operaciones  $\vee$ ,  $\wedge$  y  $\prime$  se generalizan para trabajar en este conjunto. Un procedimiento tabular no es útil dado que no es posible, desde un punto de vista práctico, especificar todas las combinaciones de valores reales de las variables. El problema es más complejo cuando las variables toman valores en  $M = \{[a,b] \mid a,b \in [0,1] \text{ y } [a,b] \subseteq [0,1]\}$  (el conjunto de intervalos cerrados subconjuntos de  $[0,1]$ ) y se generalizan las operaciones  $\vee$ ,  $\wedge$  y  $\prime$  para trabajar con los elementos de  $M$ . Entonces para las fórmulas  $f$  y  $g$  dadas más arriba se plantean las siguientes preguntas: ¿para qué valores  $a,b,c \in [0,1]$  o  $a,b,c \in M$  es cierto que  $f(a,b,c) = g(a,b,c)$ ? ¿Es posible obtener  $g$  de  $f$  por algún método? Si la respuesta a la última pregunta es afirmativa, ¿se conserva la equivalencia entre  $f$  y  $g$  en  $[0,1]$  o en  $M$  con el método empleado? Este tipo de preguntas se presentan en el problema de determinar la equivalencia y simplificación de fórmulas en las álgebras que surgen de la lógica difusa y la lógica difusa de intervalo, donde se usan  $[0,1]$  y  $M$  para representar sus valores de verdad.

## PRELIMINARES

En 1965, Lofti Zadeh propuso la teoría de conjuntos difusos (Zadeh, 1965), denominados también conjuntos borrosos, de donde se deriva la lógica difusa (una lógica multivalente). El sistema algebraico que se usa para su análisis es el intervalo unitario  $[0,1]$  junto con dos operaciones binarias, llamadas *t-conorma* y *t-norma*, y una operación unaria denominada *complemento difuso*.

Su estructura algebraica no es un álgebra de Boole, sino que depende de los operadores que se usen (Nguyen y Walker, 2006; Klement, Mesiar y Pap, 2005; Klir y Yuan, 1995; Wang, 1997). Los operadores más usados, conocidos como *operadores estándar* (Nguyen y Walker, 2006; Klir y Yuan, 1995), son  $a \vee b = \sup\{a,b\}$ ,  $a \wedge b = \inf\{a,b\}$  y  $a' = 1 - a$  para todo  $a,b \in [0,1]$ . El álgebra  $K_c = \langle [0,1]; \vee, \wedge, \prime, 0, 1 \rangle$ , con los operadores estándar y  $[0,1]$  como conjunto subyacente, se conoce como *álgebra difusa estándar*. Su estructura algebraica es la de un *álgebra de Kleene* (Gehrke et ál., 1997, 2000, 2003; Nguyen y Walker, 2006). Un álgebra de Kleene cumple las propiedades de la tabla 2, con excepción de la complementación. Entonces es una estructura algebraica más pobre que un álgebra de Boole.  $K_c$  como sistema algebraico se utiliza en el análisis de la lógica difusa estándar y en aplicaciones de análisis y diseño de sistemas difusos aplicados a inteligencia computacional (Klir y Yuan, 1995), control automático (Wang, 1997; Nguyen, Prasad, Walker y Walker, 2003) y otros.

La simplificación de las fórmulas de  $K_c$ , que involucran los símbolos  $0, 1, \vee, \wedge, \prime$ , junto con las variables pertinentes que toman valores en  $[0,1]$ , la estudiaron algunos autores (Kandel, 1973a, 1973b; Siy y Chen, 1972; Zhiwei, 1984). Sus métodos se basan en la manipulación directa de la fórmula usando las propiedades de  $K_c$ . El método propuesto por Siy y Chen (1972) tiene evidentes errores matemáticos, tal como lo demostró Kandel (1973b). El método propuesto por Kandel recibió también críticas por posibles errores matemáticos, como lo mostró Bhat (1980). Zhiwei (1984) propuso la generalización de los mapas de Karnaugh basado en varios de los teoremas presentados por Kandel. Otros autores proponen simplificar la base de reglas de los sistemas difusos, usando métodos heurísticos (Gersnowicz, Baturone y Moreno Velo, 2006) o el álgebra de Boole  $B_2$  (Gobi y Pedrycz, 2008; Rovatti, Guerrieri y Bacarani, 1993, 1995). Esto último forma parte de un esquema de simplificación de base de reglas y no de fórmulas propiamente.

En 1975, Lofti Zadeh propone el concepto de conjunto difuso tipo-2, el cual es una generalización de un conjunto difuso ordinario, a través de un artículo dividido en tres partes (Zadeh, 1975a, 1975b, 1975c). Un caso particular son los conjuntos difusos tipo-2 de intervalo, de donde se deriva su correspondiente lógica tipo-2 de intervalo. En esta lógica, los valores de ver-

dad no se representan con números reales en  $[0,1]$  sino como intervalos cerrados  $[a,b] \subseteq [0,1]$ . El conjunto  $M = \{[a,b] \mid a,b \in [0,1] \text{ y } [a,b] \subseteq [0,1]\}$  junto con las operaciones estándar  $[a,b] \vee [c,d] = [a \vee c, b \vee d]$ ,  $[a,b] \wedge [c,d] = [a \wedge c, b \wedge d]$  y  $[a,b]' = [b', a'] = [1-b, 1-a]$  para todo  $[a,b], [c,d] \in M$ , siendo las operaciones en cada componente las mismas que en  $K_c$ , forman la estructura algebraica que se utiliza en el análisis de la lógica difusa tipo-2 de intervalo (Gehrke et ál., 1996, 2001b). Esta álgebra se nota como  $M_c = \langle M; \vee, \wedge, ', 0, 1 \rangle$  y se conoce como *álgebra difusa estándar de intervalo*. Su estructura algebraica no es un álgebra de Boole, sino un álgebra de De Morgan (Gehrke et ál., 1997, 2001a, 2003; Mukaidono, 1997; Nguyen, Kosheleva y Kreinovich, 1996). Un álgebra de De Morgan cumple las propiedades de la tabla 2, con excepción de la complementación y la desigualdad de Kleene. Entonces es una estructura algebraica más pobre que un álgebra de Boole y Kleene. Hasta la fecha no se han encontrado propuestas de métodos de simplificación de las fórmulas de  $M_c$ , las cuales involucran nuevamente los símbolos 0, 1,  $\vee$ ,  $\wedge$ ,  $'$ , junto con las variables pertinentes que toman valores en  $M$ .

**NECESIDADES ACTUALES DE UN MÉTODO DE SIMPLIFICACIÓN**

La necesidad de un método de simplificación de fórmulas difusas se identifica en el trabajo desarrollado por Espitia (2009) en su tesis de maestría, específicamente en la propuesta desarrollada sobre CBR (Concesor basado en Relaciones Booleanas, en inglés, *Concretion based on Boolean Relations*), de donde se deriva la técnica llamada DBR (*Defuzzification based on Boolean Relations*). CBR es un modelo de sistema difuso propuesto por Soriano, González, Munar y Ramos (2001) que tiene como objetivo reducir la carga computacional en su implementación. Otros modelos de sistemas difusos se pueden encontrar en la literatura (Nguyen y Walker, 2006; Klir y Yuan, 1995; Wang, 1997; Nguyen et ál., 2003). Por ejemplo, el modelo Mamdani y Takagi-Sugeno-Kang.

CBR se ha probado en varias aplicaciones, entre las cuales están la identificación de sistemas no lineales (Velásquez, 2009; Morales, 2009), identificación de series de tiempo (Figueroa y Soriano, 2007; Morales, Espitia y Soriano, 2010), identificación de personas

(Gálvez y Vargas, 2004), control para convertidores DC-DC (Chamorro, Díaz, Soriano y Espitia, 2010; Chamorro y Ríos, 2010), control para motores (Soriano, Olarte y Melgarejo, 2005), procesos químicos (Soriano, 2009) y otros. También ha motivado la investigación de otros autores en estrategias de control difuso para sistemas Mimo (*Multiple-Input Multiple-Output*) (Patil, Bhaskar y Shrimanth Sudheer, 2011). Recientemente se inició la investigación matemática de sus fundamentos. Por ejemplo, su extensión a sistemas difusos tipo-2 (Espitia, 2009), extensión de conceptos booleanos al caso difuso (Salazar y Soriano, 2011a, 2011c) y desarrollo de herramientas matemáticas destinadas a la creación de una metodología de diseño basada en tablas, análoga a la existente en sistemas booleanos (Salazar y Soriano, 2011b; Salazar, Soriano, Hernández y Barreiro, 2011; Salazar, 2011). Varios de esos resultados están a punto de ser publicados.

**PROPUESTA DE UN MÉTODO DE SIMPLIFICACIÓN**

Gehrke et ál. (2003) mostraron la conexión algebraica existente entre las fórmulas de las álgebras difusas  $K_c$  y  $M_c$  con las de las álgebras finitas  $K_3 = \langle \{0,u,1\}; \vee, \wedge, ', 0, 1 \rangle$  y  $M_4 = \langle \{0,u,v,1\}; \vee, \wedge, ', 0, 1 \rangle$ , respectivamente (tablas 4 y 5). Se sabe que  $K_3$  es un álgebra finita de Kleene (Gehrke et ál., 1997, 2003). Este sistema algebraico finito se emplea en el análisis de la lógica trivalente de Kleene (Kleene, 1952) y en análisis de circuitos digitales donde el estado de la señal digital es 1 o 0, y además puede tener un tercer estado indeterminado o ambiguo (Muller, 1959). Por otro lado, se sabe que  $M_4$  es un álgebra finita de De Morgan (Gehrke et ál., 1997, 2001a, 2003; Kauffman, 1978). Este sistema algebraico se usa en el análisis de la lógica tetravalente (Font y Verdú, 1988).

**Tabla 4**  
Operaciones del álgebra de Kleene  $K_3$

$\vee$	0	u	1	$\wedge$	0	u	1	$'$	
0	0	u	1	0	0	0	0	0	1
u	u	u	1	u	0	u	u	u	u
1	1	1	1	1	0	u	1	1	0

**Tabla 5**  
Operaciones del álgebra de De Morgan  $M_4$

$\vee$	0	$u$	$v$	1	$\wedge$	0	$u$	$v$	1	'	
0	0	$u$	$v$	1	0	0	0	0	0	0	1
$u$	$u$	$u$	1	1	$u$	0	$u$	0	$u$	$u$	$u$
$v$	$v$	1	$v$	1	$v$	0	0	$v$	$v$	$v$	$v$
1	1	1	1	1	1	0	$u$	$v$	1	1	0

La conexión algebraica que presenta Gehrke et ál. (2003) se puede resumir en lo siguiente:

- Dos fórmulas  $f$  y  $g$  en el álgebra  $K_c$  son equivalentes si y sólo si son equivalentes en el álgebra  $K_3$ .
- Dos fórmulas  $f$  y  $g$  en el álgebra  $M_c$  son equivalentes si y sólo si son equivalentes en el álgebra  $M_4$ .

Lo anterior dice que para determinar la equivalencia de dos fórmulas en las álgebras difusas  $K_c$  y  $M_c$  (que son infinitas) basta con determinar su equivalencia en las álgebras finitas  $K_3$  y  $M_4$ . Esto cambia un problema de naturaleza infinita por uno finito usando tablas. Con este principio básico entre 2010 y 2011, Salazar (2011) propone un método tabular de simplificación de las fórmulas difusas usando las álgebras finitas  $K_3$  y  $M_4$ . La propuesta incluye también la simplificación de las fórmulas del álgebra de Boole  $B_2$ , por lo que se integra en un solo procedimiento la simplificación de tres tipos de fórmulas. En ese mismo trabajo se introduce el concepto de *álgebras difusas cuasiestándar* (Salazar y Soriano, 2011b), notadas como  $K_{ce}$  y  $M_{ce}$ , como una generalización de las álgebras difusas estándar  $K_c$  y  $M_c$  al generalizar la operación de complemento  $a' = 1 - a$ , para todo  $a \in [0, 1]$ , por uno que cumpla dos requerimientos axiomáticos: *monótono decreciente e involutivo*. Es decir, si  $a \leq b$ , entonces  $a' \geq b'$  y  $(a')' = a$  para todo  $a, b \in [0, 1]$ . Esta generalización del complemento no cambia la estructura algebraica de las álgebras cuasiestándar, dado que siguen siendo álgebras de Kleene y de De Morgan. También se muestra que la simplificación de las fórmulas en  $K_{ce}$  y  $M_{ce}$  es posible con las álgebras finitas  $K_3$  y  $M_4$ .

## TRABAJO PRESENTE Y FUTURO

En la actualidad, se desarrolla una primera implementación por computador (sobre LabView®) del método de simplificación basado en álgebras finitas propuesto

por Salazar. Esto como parte de un trabajo de grado en el área de control automático hecho por Julián Barreiro y Miguel Hernández, de la Universidad Santo Tomás de Aquino. La aplicación del método no forma parte central de su trabajo, sino que se usa como herramienta que contribuye en el diseño del control de un doble péndulo invertido.

Las primeras pruebas de los algoritmos desarrollados e implementados por Barreiro y Hernández (Salazar et ál., 2011) indican que se pueden ocupar todos los recursos de memoria del computador cuando el número de variables es mayor de diez para el caso del álgebra de cuatro elementos  $M_4$  (simplificación en el álgebra de intervalos). Teoremas presentados en el trabajo de Salazar (2011) muestran que es posible evitar este problema al eliminar datos innecesarios de la memoria del computador a través de una prueba sencilla sobre éstos (lo cual no tuvieron en cuenta Barreiro y Hernández en su primera implementación). Estos datos eliminados no afectan el resultado final y así se minimiza el uso de memoria. En el futuro se espera tener implementaciones por computador con lenguajes cercanos a la máquina, como el lenguaje C, evitando la implementación sobre lenguajes que funcionan sobre plataformas virtuales, como el lenguaje Java, por consideraciones de tiempo de procesamiento. Actualmente se trabaja en mejoras teóricas (como el manejo de condiciones de “no importa”) para conseguir un método depurado y en su publicación.

## CONCLUSIÓN

En este artículo se hizo una revisión del tema de simplificación de fórmulas booleanas y difusas. Las primeras tienen métodos conocidos (mapas de Karnaugh o método de Quine-McCluskey como los más representativos) y sus procedimientos son finitos debido a la naturaleza del álgebra. En las segundas, dado que son infinitas, los métodos propuestos se basan en la manipulación directa de la fórmula (método de Kandel como el más conocido).

Un nuevo método de simplificación se propuso (método propuesto por Salazar) para las fórmulas difusas cuasiestándar (las cuales son álgebras de Kleene y de De Morgan) utilizando dos álgebras finitas con el mismo tipo de estructura, dada la conexión algebraica que permite conservar la equivalencia. El método propuesto



Tabla 6

Cuadro de comparación cualitativa de los métodos de simplificación de fórmulas booleanas y difusas

	Mapas de Karnaugh	Método de Quine-McCluskey	Método de Kandel	Método de Salazar (basado en álgebras finitas)
¿Simplifica las fórmulas del álgebra de Boole de dos elementos $B_2$ ?	Sí	Sí	No	Sí
¿Simplifica las fórmulas del álgebra difusa estándar $K_e$ o cuasiestándar $K_{ce}$ ?	No	No	Sí	Sí
¿Simplifica las fórmulas del álgebra difusa estándar de intervalo $M_e$ o cuasiestándar de intervalo $M_{ce}$ ?	No	No	No	Sí
¿Usa álgebras finitas en la simplificación?	Sí	Sí	No	Sí
¿El método usa mapas?	Sí	No	No	No
¿El método usa tablas?	No	Sí	No	Sí
¿El método es analítico?	No	No	Sí	Sí
¿Maneja condiciones "no importa"?	Sí	Sí	No	No

por Salazar también permite la simplificación de las fórmulas booleanas, integrando en un solo procedimiento la simplificación de tres tipos de fórmulas. La importancia de cambiar un problema infinito por uno finito radica en que es posible una implementación por computador del método. En la actualidad se realiza una primera implementación con el fin de asistir en el diseño del control de un doble péndulo invertido, por lo que sólo hay resultados parciales en dicha implementación.

Así mismo, se presenta un cuadro comparativo con las ventajas y desventajas de los métodos de simplificación de fórmulas booleanas y difusas más representativos reportados en este artículo (tabla 6). Los detalles del uso de cada método se pueden consultar en la bibliografía adjunta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bhat, K. V. S. (1980, October). Comments on "simplification of fuzzy switching functions". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-10 (10), 637-642.

Burris, S. & Sankappanavar, H. P. (1981). *A course in universal algebra* (vol. 78). New York: Springer-Verlag.

Chamorro, H. R. & Ríos, M. A. (2010, September). PSS fuzzy controllers with new defuzzification strategies for a multimachine system. *2010 IEEE Andescon* (pp. 1-6). Bogotá.

Chamorro, H. R., Díaz, N. L., Soriano, J. J. & Espitia, H. E. (2010, November). Active and reactive power flow fuzzy controller for VSC HVDC using DBR and DBR type 2. *2010 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America* (pp. 304-309). São Paulo.

Espitia Cuchango, H. E. (2009). *Aplicación del congresor basado en relaciones booleanas para sistemas de lógica difusa tipo*

*dos*. Tesis de maestría en ingeniería industrial. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.

Figueroa García, J. C. & Soriano Méndez, J. J. (2007, June). A comparison of Anfis, ANN and DBR systems on volatile time series identification. *Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society Nafips 2007* (pp. 319-324). San Diego, California, USA.

Font, J. M. & Verdú, V. (1988, May). Abstract characterization of a four-valued logic. *Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Multiple-valued Logic* (pp. 389-396). Palma de Mallorca, España.

Fuchs, L. (1963). *Partially ordered algebraic systems* (vol. 28). Budapest: Addison-Wesley Publishing Company Inc.

Gálvez, C. A. & Vargas, D. E. (2004). *Identificación de personas por medio de diometría en la planta de la mano usando técnicas digitales de procesamiento de imágenes y congresor difuso basado en relaciones booleanas*. Tesis de pregrado en ingeniería electrónica. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.

Gehrke, M., Walker, C. & Walker, E. (1996, October). Some comments on interval valued fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 11 (10), 751-759.

Gehrke, M., Walker, C., & Walker, E. (1997, June). A mathematical setting for fuzzy logic. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 5 (3), 223-238.

Gehrke, M., Walker, C. & Walker, E. (2000, May). Some comments on fuzzy normal forms. *Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (vol. 2, pp. 593-598). San Antonio, Texas.

Gehrke, M., Walker, C. & Walker, E. (2001b, July). Some basic theory of interval-valued fuzzy sets. *Joint 9th Ifsa World Congress and 20th Nafips International Conference* (vol. 5, pp. 1332-1336). Vancouver, British Columbia, Canada.

Gehrke, M., Walker, C. & Walker, E. (2001a, July). Normal forms and truth tables for interval-valued fuzzy logic. *Joint 9th Ifsa World Congress and 20th Nafips International Conference* (vol. 5, pp. 1327-1331). Vancouver, British Columbia, Canada.

Gehrke, M., Walker, C., & Walker, E. (2003, August). Normal forms and truth tables for fuzzy logics. *Fuzzy Sets and Systems*, 138 (1), 25-51.

- Gersnoviez, A. A., Baturone, I. & Moreno Velo, F. J. (2006, septiembre). Extracción de bases de reglas simples y lingüísticamente interpretables. *Proc. XIII Congreso Español de Tecnologías y Lógica Fuzzy*, (ESTYLF 2006) (pp. 111-116).
- Gratzer, G. (1978). *General lattice theory*. New York: Academic Press Inc.
- Gobi, A. F. & Pedrycz, W. (2008, June). Logic minimization as an efficient means of fuzzy structure discovery. *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, 16 (3), 553-566.
- Hachtel, G. D. & Somenzi, F. (1996). *Logic synthesis and verification algorithms*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kandel, A. (1973a, February). Comments on "minimization of fuzzy functions". *IEEE Transactions on Computers*, C-22 (2), 217.
- Kandel, A. (1973b, September). On minimization of fuzzy functions. *IEEE Transactions on Computers*, C-22 (9), 826-832.
- Kauffman, L. H. (1978). De morgan algebras - completeness and recursion. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Multiple-valued Logic* (pp. 82-86). Rosemont, Illinois, United States.
- Kleene, S. C. (1952). *Introduction to metamathematics* (vol. 1). Amsterdam: North-Holland Publishing Co.
- Klement, E. P., Mesiar, R. & Pap, E. (2005). Triangular norms: basic notions and properties. En E. P. Klement & R. Mesiar (eds.). *Logical, algebraic, analytic, and probabilistic aspects of triangular norms* (1ª ed., pp. 17-60). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Klir, G. J. & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Maes, K. & De Baets, B. (2005, June). Facts and figures on fuzzified normal forms. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13 (3), 394-404.
- Morales Laguado, L. C. (2009). *Estudio y evaluación del método de defuzzificación basado en relaciones booleanas (DBR) aplicado a las redes neurodifusas, para la identificación de sistemas no lineales*. Tesis de pregrado en ingeniería electrónica. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.
- Morales Laguado, L. C., Espitia Cuchango, H. E. & Soriano Méndez, J. J. (2010, diciembre). Propuesta de un sistema neuro-DBR y su aplicación en la predicción de la serie de tiempo de Lorenz. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20 (2), 31-51.
- Morris Mano, M. (1982). *Lógica digital y diseño de computadores*. México: Prentice Hall Hispanoamérica S. A.
- Mukaidono, M. (1997, July). Algebraic structures of interval truth values in fuzzy logic. *Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (vol. 3, pp. 699-705). Barcelona, Spain.
- Muller, D. E. (1959, September). Treatment of transition signals in electronic switching circuits by algebraic methods. *IRE Transactions on Electronic Computers*, EC-8 (3), 401.
- Nguyen, H. T., Kosheleva, O. M. & Kreinovich, V. (1996, May). Is the success of fuzzy logic really paradoxical? Or Towards the actual logic behind expert systems. *International Journal of Intelligent Systems*, 11 (5), 295-326.
- Nguyen, H. T., Prasad, N. R., Walker, C. L. & Walker, E. A. (2003). *A first course in fuzzy and neural control*. Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC.
- Nguyen, H. T. & Walker, E. A. (2006). *A first course in fuzzy logic* (3ª ed.). Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC.
- Patil, S. S., Bhaskar, P. & Shrimanth Sudheer, L. (2011, May). Design and implementation of an integrated fuzzy logic controller for a multi-input multi-output system. *Defence Science Journal*, 61 (3), 219-227.
- Rovatti, R., Guerrieri, R. & Bacarani, G. (1993, March). Fuzzy rules optimization and logic synthesis. *Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (vol. 2, pp. 1247-1252). San Francisco, California.
- Rovatti, R., Guerrieri, R. & Bacarani, G. (1995, August). An enhanced two-level boolean synthesis methodology for fuzzy rules minimization. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 3 (3), 288-299.
- Salazar Morales, O. (2011). *Método de simplificación de fórmulas booleanas, borrosas cuasiestándar y borrosas cuasiestándar de intervalo por medio de álgebras finitas*. Tesis de pregrado en ingeniería electrónica. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.
- Salazar Morales, O. & Soriano Méndez, J. J. (2011a). Las leyes de tercero excluido y contradicción como valores límite en lógica difusa. *Revista Ingeniería* (Universidad Distrital Francisco José de Caldas) (Artículo aceptado. En publicación).
- Salazar Morales, O. & Soriano Méndez, J. J. (2011b, June). Quasi-standard fuzzy algebras. A short mathematical characterization. *2011 IFSA World Congress and AFSS International Conference*. Surabaya and Bali Island, Indonesia (artículo aceptado. En publicación).
- Salazar Morales, O. & Soriano Méndez, J. J. (2011c, August). A special class of fuzzified normal forms. En *2011 Seventh International Conference on Intelligent Computing* (Icic 2011). Zhengzhou, China (artículo aceptado. En publicación).
- Salazar Morales, O., Soriano Méndez, J. J., Hernández Figueredo, M. E. & Barreiro Gómez, J. (2011, October). A first approach in the implementation of the simplification method of boolean and fuzzy formulas based on finite algebras. *2011 4th International Symposium on Computational Intelligence and Design (Iscid 2011)*. Hangzhou, China (artículo aceptado. En publicación).
- Shannon, C. E. (1938, December). A symbolic analysis of relay and switching circuits. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, 57 (12), 713-723.
- Siy, P. & Chen, C. S. (1972, January). Minimization of fuzzy functions. *IEEE Transactions on Computers*, C-21 (1), 100-102.
- Soriano, J. J., González Melo, O. L., Munar Fontecha, F. V. & Ramos Acosta, A. A. (2001). Propuesta de conresor basado en relaciones booleanas. *Revista Ingeniería*, 6 (2), 42-50 (Bogotá, Colombia).
- Soriano, J., Olarte, A. & Melgarejo, M. (2005, May). Fuzzy controller for MIMO systems using defuzzification based on boolean relations (DBR). *Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 271-275). Reno, Nevada, USA.
- Soriano M., J. J. (2009, June). Proposal of a minimal expression for nonlinear fuzzy approximation for the vapor liquid equilibrium VLE of the ethanol-water system at 560 mm Hg using defuzzification based on boolean relations DBR and singleton model. *The 28th North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference (Nafips 2009)* (pp. 1-6). Cincinnati, Ohio, USA.
- Supess, P. (1957). *Introduction to logic*. Van Nostrand Reinhold Company.
- Velásquez, J. M. (2009). *Uso de conresor basado en relaciones booleanas en sistemas Hammerstein para identificación de sistemas dinámicos no lineales*. Tesis de pregrado en ingeniería electrónica. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería.
- Wang, L. X. (1997). *A course in fuzzy systems and control*. Prentice Hall International, Inc.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975a). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, 8 (3), 199-249.

Zadeh, L. A. (1975b). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-II. *Information Sciences*, 8 (4), 301-357.

Zadeh, L. A. (1975c). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III. *Information Sciences*, 9 (1), 43-80.

Zhiwei, X. (1984, July). Multivalued logic and fuzzy logic - their relationship, minimization, and application to fault diagnosis. *IEEE Transactions on Computers*, C-33 (7), 679-681.

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

# Aportes de Mary Parker Follet y Chester Irving Barnard al desarrollo del comportamiento organizacional y la teoría del hombre social: una introducción

## The contributions of Mary Parker Follet and Chester Irving Barnard to the development of the organizational behavior and the social man theory: an introduction

**JAIRO RAÚL CHACÓN VARGAS**

Magíster en Ingeniería industrial. Programa de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

jairo.chacon@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/09/2011 Aceptado: 30/09/2011

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

En el presente artículo se ofrece una perspectiva general de los aportes que hicieron Mary Parker Follet y Chester Irving Barnard al comportamiento organizacional. Para facilitar la comprensión del legado de estos pensadores a la administración, se comienza con una explicación breve del comportamiento organizacional, de manera que el lector pueda entender más adelante los vínculos entre los planteamientos de los anteriores autores y ese campo de la administración de las organizaciones. Posteriormente, se abordan las contribuciones que hicieron Parker Follet y Barnard al tema de la importancia de los aspectos sociales de las organizaciones, sobre todo en aspectos como la cooperación, la solución de conflictos, el empoderamiento y la coordinación.

**Palabras claves:** comportamiento organizacional, administración, teoría de la organización, organizaciones.

### Abstract

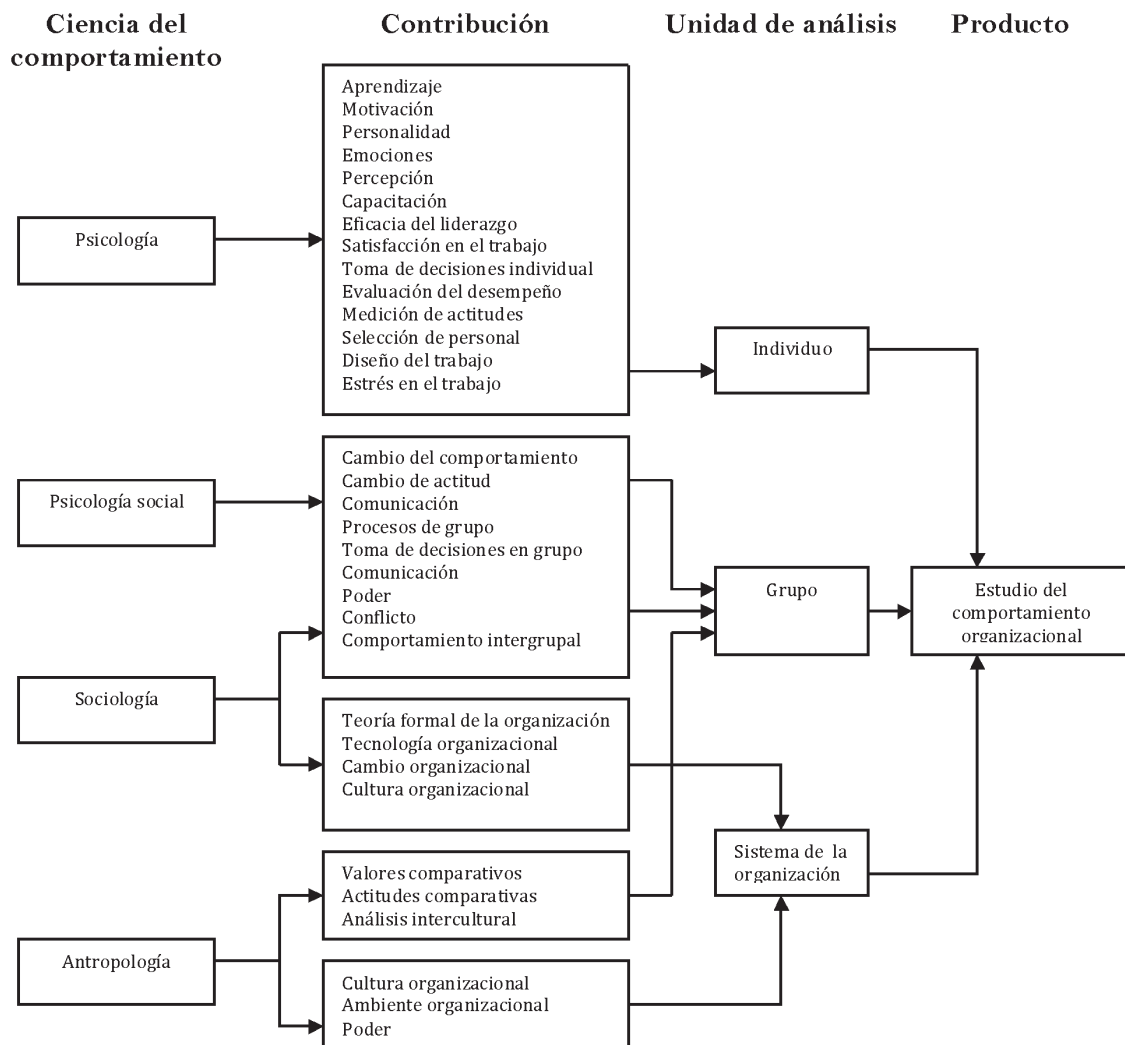
The article provides an overview of the contributions made by Mary Parker Follett and Chester Irving Barnard to the organizational behavior. To understand the legacy that these thinkers did to the administration, was started with a brief explanation of organizational behavior, so that the reader could later understand the links between the approaches of previous authors and the field of management of organizations. Next, they consider the contributions made by Parker Follett and Barnard to the importance of social aspects organizations, on issues such as cooperation, conflict resolution, empowerment and coordination

**Keywords:** organizational behaviour, management, organization theory, organizations.

## INTRODUCCIÓN

El propósito del presente artículo es ilustrar, desde una perspectiva general, las ideas de Mary Parker Follet y Chester Irving Barnard sobre el comportamiento organizacional y la teoría del hombre social. Para comprender los aportes hechos por dichos pensadores a este campo de la administración, resulta útil primero tener una aproximación conceptual de lo que trata el comportamiento en las organizaciones y las disciplinas sobre las que se soporta ese comportamiento, de manera que una vez que se comprenda de qué trata esta materia, será más fácil establecer los vínculos entre los planteamientos de Parker Follet y Bernard y ese campo de la administración de empresas.

Se hizo una revisión de la bibliografía especializada y de algunas obras de los mismos pensadores para entender y exponer de manera breve el discurso que ellos esgrimieron, y de allí se extrajeron aquellos planteamientos que ejercieron una influencia sobre la teoría del comportamiento organizacional, todo con el fin de que el lector tenga una perspectiva histórica de la evolución de dicho campo; si bien esta perspectiva no es completa, porque se deja de lado el aporte de otros pensadores, permite al lector una primera aproximación a las razones por las cuales el comportamiento organizacional es hoy un cuerpo de conocimientos maduro.



Fuente: Tomado y adaptado de Robbins y Judge (2009, p.14).

Figura 1. Disciplinas que intervienen en el campo del comportamiento organizacional.

## EL COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL Y SU EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Para comprender los planteamientos de Mary Parker Follet y Chester Barnard a la teoría del hombre social, es conveniente establecer un marco específico relacionado con la administración de las organizaciones, de manera que éste pueda servir para determinar el vínculo existente entre las ideas de estos pensadores con ese referente, lo que permitiría entonces inferir o explicar su contribución a ese marco y sus elementos constitutivos.

El contexto referido corresponde al comportamiento organizacional (CO). Para su explicación se consideran dos elementos: qué es el CO y las disciplinas que intervienen, y su evolución histórica. Según Robbins y Judge (2009, p. 10), así como Hellriegel et ál. (1999, p. 26), el CO es una campo de investigación que indaga sobre las consecuencias que el comportamiento de los individuos y grupos tiene dentro de las organizaciones, con el fin de aplicar los conocimientos derivados de tal

estudio para mejorar la efectividad de las organizaciones y la capacidad de las personas.

Las disciplinas que han contribuido al campo del CO se ilustran con cada uno de los componentes donde éstas han hecho su contribución (figura 1), y para la explicación resumida que viene a continuación de cada una de ellas se ha tomado en cuenta a Robbins y Judge (pp. 13-15).

La psicología es la ciencia que explica o modifica en algunos casos, el comportamiento de los seres humanos y otros animales. La psicología social se nutre de los conocimientos tanto de la psicología como de la sociología y aborda principalmente el estudio de la influencia de las personas entre sí. La sociología estudia a los individuos y su relación con su entorno social o cultural, y por último está la antropología, que estudia a las sociedades y tiene como finalidad comprender a los seres humanos y sus actividades.

Para una explicación breve de la historia del CO se recurrió a Robbins (2004, pp. 594-603), cuyos planteamientos al respecto se resumen a continuación (tabla 1).

**Tabla 1**  
Evolución histórica abreviada del comportamiento organizacional

Acontecimientos
<b>Adam Smith</b> (1723-1790) y sus obras <i>La riqueza de las naciones</i> (1776) y <i>Teoría de los sentimientos morales</i> (1759). En la primera de ellas explica las ventajas de la división del trabajo y en la segunda, las motivaciones humanas que guían las respuestas emocionales a las necesidades del otro.
<b>Charles Babbage</b> (1791-1871) y su libro <i>Sobre la economía de la maquinaria y las manufacturas</i> <sup>1</sup> , en el que expone las ventajas de la división del trabajo.
<b>Robert Owen</b> (1771-1858) y sus obras <i>La formación del carácter humano</i> (1813) y <i>Una nueva visión de la sociedad</i> (1823), en las que reconocía el papel que cumplen las personas en la productividad de las organizaciones.
<b>Administración científica</b> , cuyo representante más prominente fue Frederick W. Taylor (1856-1915), quien en su libro <i>Principios de la administración científica</i> se enfocaba más en el método y en las herramientas del trabajo para lograr una mayor productividad.
<b>Teoría administrativa</b> , cuyo representante fue Henri Fayol (1841-1925), que en su obra <i>Administración industrial y general</i> (1916) postuló las funciones administrativas: planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar.
<b>Teoría estructuralista</b> , cuyo representante principal fue Max Weber (1864-1920), quien en una de sus obras, <i>La teoría de las organizaciones sociales y económicas</i> (1947), postulaba que las actividades de las organizaciones se basaban en relaciones de autoridad.
<b>Teoría del hombre social</b> <sup>2</sup> . Mary Parker Follet (1868-1933) y Chester Irving Barnard (1886-1961) fueron sus representantes más sobresalientes. Sus planteamientos muestran la importancia de los aspectos sociales de las organizaciones, específicamente cómo la cooperación entre los seres humanos cobraba un papel relevante.
<b>Era conductual</b> , que empezó en 1930 y se caracterizó por la aplicación generalizada en las organizaciones de las investigaciones de las ciencias de la conducta. Sus representantes más sobresalientes son Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), David McClelland (1917-1998), Fred Fiedler (1922-2008), Frederick Herzberg (1923-2000), J. Richard Hackman y Greg Oldham.
<b>Psicología industrial</b> , cuyo representante más destacado fue Hugo Münsterberg, quien creó el campo de la psicología industrial con la publicación en 1913 de <i>Psicología y la eficiencia industrial</i> , que dio nacimiento al campo de la psicología industrial.
<b>Relaciones humanas</b> , cuyos representantes más relevantes fueron Elton Mayo (1880-1949), Dale Carnegie (1888-1955), Abraham Maslow (1908-1970) y Douglas McGregor (1906-1964), donde el principal argumento consistía en que la mejora de la productividad en las organizaciones descansaba en incrementar la satisfacción de los trabajadores.

**Fuente:** Elaboración del autor a partir de Robbins (2004, pp. 594-603).

1. Obra hecha a mano o con auxilio de máquina (*Diccionario de la lengua española*. Madrid: Real Academia Española, 2001).
2. Otros autores denominan a esta corriente administrativa *teoría de acción social* (Bryans y Croning, 1985, p. 10).

## MARY PARKER FOLLET Y SU CONTRIBUCIÓN AL COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL Y A LA TEORÍA DEL HOMBRE SOCIAL

A continuación se expone en forma sucinta las ideas de Mary Parker Follet, de manera que pueda entenderse su contribución al contexto que se expuso anteriormente en este ensayo.

Para comenzar, hagamos una reseña biográfica breve de esta mujer, pionera en la exposición de interesantes ideas en el campo de la administración de organizaciones. No existe abundante bibliografía sobre la vida de esta mujer, pero Domínguez y García (2005, pp. 2-7), Graham (2003, pp. 12-19) y Melé (2006, p. 2) ofrecen una reseña biográfica sintética pero al mismo tiempo con los suficientes detalles para hacerse una idea de los acontecimientos más importantes en la vida de este personaje y sus obras:

Mary Parker Follet (1868-1933) nació en Quincy (Massachusetts), cerca de Boston. Estudió en el anexo de la Universidad de Harvard, una institución creada para mujeres que no pertenecían oficialmente a esa universidad<sup>3</sup>. Parker Follet se graduó en 1898 en economía, gobierno, leyes y filosofía, con *summa cum laude*, y luego concluyó sus estudios de doctorado en París. En 1900, de regreso a su país natal, empezó a hacer trabajos comunitarios y posteriormente efectuó su contribución más importante al pensamiento administrativo en materia de las relaciones personales y de grupo en las organizaciones (Merryll, 1986, p. 264).

Entre sus principales obras están *El nuevo Estado: organización de grupos, la solución del gobierno popular* (1918) (*The new State: group organization, the solution of popular government*), *La experiencia creativa* (1924) (*Creative experience*) y un conjunto de conferencias que ofreció para la Oficina de Administración de Personal de la ciudad de Nueva York, como por ejemplo “Las bases psicológicas de la administración de empresas” (“The psychological foundations of business administration”), “El dar órdenes” (“The giving of orders”), “La empresa como una unidad integradora” (“Business as integrative unity”), “Poder” (“Power”), “El significado de responsabilidad en la administración de empresas” (“The

meaning of responsibility in business management”), “La psicología del control” (“The psychology of control”), “La psicología del consentimiento y la participación” (“The psychology of consent and participation”) y “La psicología de la conciliación y el arbitramento” (“The psychology of conciliation and arbitration”)<sup>4</sup>.

De acuerdo con los planteamientos expuestos, no hay duda de que Parker Follet hizo notables contribuciones a la administración de empresas y específicamente a la teoría del hombre social, entendida ésta como la que pone al hombre como el centro de las organizaciones y su esencia natural como animal social (Robbins, 2004, p. 598) (tabla 1). Parker Follet, como lo señala Seers (2005, p. 310), fue una investigadora social en el sentido de que observó el comportamiento humano en las organizaciones y derivó sus propias explicaciones y teorías acerca de las motivaciones y razones de ese comportamiento.

Parker Follet, entonces, aporta ideas interesantes a los temas contemporáneos que conforman el cuerpo de conocimientos del CO relacionados con:

### 1. Liderazgo

En la conferencia “Los elementos esenciales del mando” (Parker Follet, 1933), que aparece en el libro de Merryll (1986, pp. 279-290), ella enuncia algunos atributos de las personas que ejercen cargos de dirección en las organizaciones, como inteligencia general, conocimiento completo de su trabajo, capacidad para comprender una posición total, aprender a pensar sistémicamente, es decir, ver la relación entre los factores de una situación, el empleo, el conocimiento y saberlo relacionar e integrar en una situación total, formar equipos y conducirlos a un fin común, la franqueza en su relación con sus colaboradores, vitalidad, energía, la resistencia física y la integración de las políticas de su empresa en una política. Llama la atención cómo Parker Follet consideraba que el liderazgo puede apren-

3. Pone de manifiesto las políticas discriminatorias que en aquella época mantenía la Universidad de Harvard.

4. Muchas de sus conferencias se recopilaron póstumamente en dos libros: *Administración dinámica* (1940) (*Dynamic administration*) y *Libertad & coordinación* (1949) (*Freedom & coordination*).

derse en parte<sup>5</sup>, al respecto ella expone en su conferencia “La administración como profesión” (Parker Follet, 1933) que trae el libro de Merryll (1986, pp. 265-277):

“... Tenemos la esperanza de que existan muchas cosas que no han sido calculadas todavía, pero son susceptibles del cálculo. Creo que una de las esperanzas para la administración de empresas radica en el hecho de que el liderazgo directivo es susceptible de análisis y que pueden adiestrarse hombres para ocupar esas posiciones” (Parker Follet, 1933, citada en Merryll, 1986, p. 267).

## 2. Solución de conflictos

En su conferencia “Coordinación” (Parker Follet, 1933), incluida en el libro de Merryll (1986, pp. 291-304), plantea el concepto de integración para solucionar las diferencias entre los individuos y grupos. Ella considera que existen tres formas para resolver los conflictos: por imposición, por transacción y mediante la integración. La imposición no es más que la presión o coacción que ejerce una de las partes sobre la otra para salir victoriosa con la derrota de la otra; la transacción es aquella acción en que cada una de las partes sacrifica algo para llegar a un acuerdo, y la integración es aquel proceso que, en palabras de Parker Follet, tiene el significado siguiente:

“... La integración quiere decir hallar una tercera forma que incluirá tanto lo que desea A como lo que quiere B, un medio por el que ninguna de las partes ha tenido que sacrificar nada” (Parker Follet, 1933, citada en Merryll, 1986, p. 295). Al respecto resulta interesante citar lo que un autor de los consultados para el desarrollo del presente ensayo dice sobre este mismo tema en otras de las obras de Parker:

“‘Creative experience’ tuvo una repercusión excepcional entre sus contemporáneos y sus ideas todavía se utilizan hoy en día, aunque no se reconozca la influencia de su autora; por ejemplo, los procesos de integración descritos por Parker Follet constituyen la base de la denominada perspectiva “ganar-ganar” en la resolu-

ción de conflictos. Su distinción está entre el poder con y el poder sobre ha sido utilizada posteriormente por pensadores sociales y su apuesta por la riqueza de la diversidad resuena en tendencias actuales en la teoría organizacional” (Domínguez y García, 2005, p. 5).

No obstante lo anterior, considero que cualquiera que sea la buena intención en una solución de un conflicto, las partes siempre dejarán de ceder algo o de recibir algo, por lo que el ideal de Parker es difícil de alcanzar; como bien lo señala Argyris (1979, p. 15), lo que quizás se puede hacer en muchas circunstancias es aprender cómo volver más satisfactorias las relaciones entre el individuo y la empresa.

## 3. Fundamentos científicos de la administración de empresas

Parker Follet, en su conferencia denominada “La administración como profesión” (Parker Follet, 1933), que trae el libro de Merryll (1986, pp. 265-277), también esgrimió sus argumentos y los apoyó con ejemplos sobre las señales que se estaban dando acerca de la aplicación de bases científicas en la gestión de las organizaciones. Signos como la *administración científica* o la *administración especializada*, con la creación de departamentos de planeación o gente con conocimiento experto para el conjunto de problemas que puede afrontar una organización específica, *el entrenamiento de directivos para el liderazgo* y *la buena administración* como componente importante en la industria para atraer trabajadores, crédito y clientes.

## 4. Coordinación

Este tema, que sigue siendo importante en los procesos administrativos, también fue objeto de reflexión por parte de Parker Follet, que lo concibió como un problema de administración y organización y propuso el concepto de forma funcional de una organización que consistía en un determinado número de funciones especiales reconocidas, cada una de las cuales sirve a todos los departamentos de la compañía, y la aplicación del concepto de integración, que se expuso anteriormente (Parker Follet, 1933, en la conferencia “Coordinación”, citada en Merryll, pp. 292-293).

5. Las teorías contemporáneas sobre el liderazgo carismático establecen que este tipo de líderes nacen con sus cualidades o pueden aprender a serlo (Robbins y Judge, 2009, p. 413).



### 5. Teorías formales de la organización

Mary Parker también hizo sus contribuciones en esta materia cuando en su conferencia “Coordinación”, que aparece en el libro de Merryll (1986, pp. 291-304), expresa lo siguiente:

“He hablado de tres cosas que ayudarán a unificar una empresa: un conocimiento de la integración como un método para ajustar diferencias, cierto sistemas de funcionamiento transversal y un sentido de responsabilidad colectiva” (Parker Follet, 1933, citada en Merryll, 1986, p. 302). Se entiende por unificación, de acuerdo con Parker Follet, aquel proceso por el cual cada individuo aprende a desarrollar su trabajo de manera que se ajuste al de los demás con espíritu de cooperación y una comprensión de los métodos de trabajo colectivo y cooperativo (Parker Follet, 1933, citada en Merryll, 1986, p. 304).

### 6. Contribuciones a la administración contemporánea

Diversos autores han señalado otros aspectos de las ideas de Parker Follet que han contribuido a la administración contemporánea. Por ejemplo, Melé (2006, p. 1) destaca sus aportes en temas como participación, experiencia y empoderamiento, la primera de ellas entendida por Parker Follet como la coordinación de la contribución de cada persona de una organización, la segunda asociada a la conveniencia de que los gerentes den a conocer a otros sus experiencias y ser proactivos comparando y discutiendo conclusiones con cada una de las personas de la organización, y la última como la oportunidad que debe dárseles a las personas para que desarrollen su propio poder y capacidad de autogestión.

Seguidamente se resume el aporte de Parker Follet al comportamiento organizacional y la teoría del hombre social.

**Tabla 2**  
Parker Follet y sus ideas en los campos de la administración de empresas y del conocimiento a los que contribuyó (figura 1)

Planteamientos	Aportes a los temas de administración moderna (figura 1)
Mary Parker es un referente importante en la historia de la ciencia social al estudiar el papel del individuo y los grupos dentro de las organizaciones empresariales.	Psicología social
Quizás fue quien mejor describió el espíritu real de la negociación como colaboración o cooperación, al señalar que la negociación ideal es un acto de integración creativa donde no se sacrifican los deseos o intereses de las partes, sino que logran mantenerse intactos y sin ningún sacrificio de las partes, llevando a una negociación <i>gana-gana</i> a largo plazo.	Psicología social
Es una visionaria, pues se anticipa a los estudios de varias organizaciones en temas como eficacia de los grupos de trabajo, análisis de la integración y diferenciación, análisis de contingencia y gestión de conflictos y liderazgo.	Psicología social
Después de asignarle un papel preponderante al individuo dentro de la organización, advierte que este papel trasciende las fronteras de la empresa, pues la persona también cumple un papel importante en la sociedad, ya que tiene la capacidad de cambiar patrones de conducta colectivos. En este sentido, Parker incluye en su análisis el concepto de democracia, la cual interpreta como un aprendizaje de convivencia entre individuos.	Sociología
Argumenta que los problemas en las relaciones entre las personas pueden abordarse científicamente.	Psicología social
En temas relacionados con los procesos organizacionales, tales como las características del mando y formas de coordinación, Parker Follet dejó un legado interesante: al respecto expone que la calidad de mando está en la capacidad de organizar todas las fuerzas existentes en una organización y conducir las para un propósito común; en materia de coordinación, por ejemplo, señala que cada persona debe aprender a ajustar sus tareas, actividades y funciones con las de los demás con espíritu de colaboración y con un entendimiento de las herramientas y formas de cooperación.	Psicología social, antropología y sociología

**Fuente:** elaboración del autor a partir de Robbins (2004, p. 598), Domínguez y García (2005, pp. 4-7; pp.12-13; pp. 97-99), Parker Follet (1933, citada en Merryll, 1986, pp. 265-304), Merryll (1986, p. 264) y Mintzberg et ál. (1996, p. 61).

## CHESTER IRVING BARNARD Y SU CONTRIBUCIÓN AL COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL Y LA TEORÍA DEL HOMBRE SOCIAL

A continuación se expondrá de manera breve el pensamiento de Chester Irving Barnard, para comprender mejor su aporte al contexto que se expuso con anterioridad en el presente ensayo.

Al igual que se hizo cuando se trató el caso de Mary Parker Follet, se dan algunas notas biográficas de este pensador clásico de las organizaciones; al respecto, Robbins (2004, p. 598), Merryll (1986, p. 380) y Novicevic et ál. (2009, p. 156) ofrecen información sobre la vida de este personaje de la administración de empresas.

Chester Barnard (1886-1961) nació en Malden (Massachusetts) y tuvo experiencia empresarial como directivo. Comenzó su carrera como estadístico en la American Telephone and Telegraph (AT&T) en 1909 y llegó a ser el primer presidente de New Jersey Bell Telephone Co. en 1927, posición que ejerció hasta 1948. También fue presidente de la Fundación Rockefeller y de la Junta General de Enseñanza desde 1948 hasta su retiro, en 1952.

Su obra más conocida, *Las funciones del ejecutivo* (1938) (*The functions of the executive*)<sup>6</sup>, fue el resultado de las conferencias dadas con la Universidad de Harvard en el Institute Lowell en Boston. También escribió *Organización y administración* (1948) (*Organization and administration*).

De acuerdo con la *Teoría de la autoridad* (Barnard, 1938) y *La naturaleza del mando* (Barnard, 1938), que trae el libro de Merryll (1986, pp. 380-424) y que son capítulos extraídos del libro *Las funciones del ejecutivo*, que se mencionó anteriormente, Barnard aporta ideas interesantes a los temas contemporáneos que conforman el cuerpo de conocimientos del CO relacionados con:

### 1. Autoridad

Según Barnard en *Teoría de la autoridad*, que aparece en el libro de Merryll (1986, pp. 383-384), una orden tiene el carácter de autoridad si las personas que la reciben la

aceptan y la reconocen como tal, por lo que la autoridad no reside en aquellos individuos que dan las órdenes, por lo que se concluye que la autoridad es creada y mantenida por la opinión de otros. Pero Barnard va un poco más allá, al establecer las condiciones simultáneas por las cuales un individuo reconoce o acepta una orden como autoritaria: a) que pueda entenderla; b) que la orden no vaya en contravía con el fin de la organización; c) que en el momento de su decisión no le afecte su interés personal, y d) que esté mental y físicamente apto para obedecer la orden. En resumen, autoridad no es más que una forma de comunicación dentro de una organización.

### 2. Coordinación

Barnard, en *La teoría de la autoridad* (Barnard, 1938, en Merryll, 1986, pp. 390-391), no se queda en lo puramente subjetivo del concepto de autoridad sino que va más allá al exponer las formas por las cuales dentro de la organización se establecen esas comunicaciones con carácter de autoridad, planteando una autoridad que llama *de posición*, es decir, que la orden proviene de un departamento u órgano reconocido formalmente por la organización. El otro tipo de autoridad corresponde a lo que Barnard denomina *la autoridad de mando*, a mi modo de ver más importante que la de posición, y se reconoce por el respeto y la capacidad superior que el individuo es capaz de inspirar en otros; desde luego que lo deseable sería que existieran de manera armónica las dos clases de autoridad para un cargo determinado.

Pero los tipos de autoridad antes descritos requieren que existan formas de comunicar las órdenes y Barnard en eso es un pionero, pues establece en el campo de los procesos organizacionales las estructuras formales de comunicación que deben existir en una organización para que se constituyan en un sistema de autoridad objetiva, el cual estaría compuesto por: a) canales de comunicación conocidos, como por ejemplo una estructura organizacional definida, que aclare las líneas de autoridad y las relaciones formales de las personas dentro de la empresa; b) la línea de comunicación tiene que ser directa o lo más corta posible; d) la comunicación debe pasar por todas las etapas de la línea de autoridad para evitar comunicaciones conflictivas; e) las personas que son el centro de la comunica-

6. De acuerdo con Bedelian y Wren (2001, p. 222), fue uno de los libros de administración con más influencia en el siglo XX.

ción tienen que ser competentes; f) la línea de comunicación no se debe interrumpir mientras funcione la organización, situación ésta que a mi modo de ver no es coherente con las empresas actuales, que requieren ser flexibles en su organización para adaptarse rápidamente a los factores externos que se imponen hoy en las economías globales.

### 3. Liderazgo

No cabe duda de que el aporte más importante de Barnard está asociado al liderazgo y el papel preponderante que le dio al individuo, ya que es éste el que debe comunicar, estar motivado y tomar decisiones (Hall, 1977, p. 19). Estas ideas cobran hoy especial relevancia, toda vez que la competitividad de las grandes empresas y corporaciones ha cambiado radicalmente en un escenario de mercados globales; además, recientes investigaciones apuntan a señalar que algunas características nuevas de liderazgo pueden llegar a ser particularmente destacadas para ayudar a las compañías a sobrevivir en ese nuevo mundo (Hunt, 2009, p. 504).

En materia de liderazgo (Novicevic et ál., p. 156), Barnard fue la primera persona en incorporar el concepto de adaptaciones cooperativas, alcanzadas a través de la administración dentro de la empresa. En *La naturaleza del mando*, Barnard (1938, en Merryll, p. 403) expone cómo el liderazgo es crucial para que sucedan las adaptaciones de cooperación en una organización, entendiendo éstas como la voluntad de seguir al líder y el cambio coordinado de comportamiento de aquellos para acomodarse a la transformación que desea lograr y alcanzar el líder. En esencia, como lo plantea Barnard, el liderazgo o mando no es otra cosa que "... la calidad de los individuos por medio de la cual guían a la gente o a sus actividades hacia un esfuerzo organizado" (*La naturaleza del mando*, Barnard, 1938, en Merryll, p. 403).

Siguiendo con los planteamientos de Barnard sobre liderazgo y trabajo cooperativos, Robbins (2004, pp. 598-599) señala que Barnard pensaba que las organizaciones se estructuran con personas que establecen relaciones de cooperación, por lo que él considera que los ejecutivos exitosos eran aquellos que se ganaban la cooperación de su personal y mantenían buenas relaciones con personas e instituciones externas con las que las organizaciones mantenían relaciones. Este último aspecto cobra hoy especial relevancia cuando se

reconoce la incidencia de los factores ambientales externos en las organizaciones y en los empleados que en ellas trabajan; esto queda confirmado por Novicevic (2009, p. 157) y Yukl (2008, p. 709) cuando dicen<sup>7</sup>:

"... el desempeño ambiental para las organizaciones depende de dos cosas que van juntas, la eficiencia de los procesos internos y la adaptación oportuna a las amenazas y oportunidades externas" (Yukl, p. 709).

"... El principal reto de un líder pragmático es cómo ejecutar estas funciones efectivamente, no solamente en condiciones de estabilidad organizacional sino también en condiciones de cambio organizacional..." (Novicevic et ál., p. 157).

"... Tanto la cooperación y la equidad han sido temas mayores en la literatura sobre administración de las organizaciones. Un número importante ha enfatizado la importancia de la cooperación para el desempeño organizacional, que incluye tanto la cooperación dentro de las organizaciones y cooperación entre organizaciones..." (Kolstad, 2007, p. 59).

Barnard, en el capítulo "La naturaleza del mando" (Barnard, 1938, en Merryll, 1986, pp. 410-414), argumenta que existen atributos que un líder debería tener para la dirección de una organización, como confianza, emoción, moralidad y sentido de la justicia o equidad, vitalidad, decisión, persuasión, responsabilidad y capacidad intelectual, y que esas características influyen en la cultura y el clima organizacional (Schiminke, 2005, p. 136).

Barnard I. Chester, sin ser un académico, plantea una teoría de la organización centrada en las personas y el liderazgo; esto se refleja en la definición que él mismo tenía de organizaciones al referirse a ellas como *sistemas de cooperación de la actividad humana* (Novicevic et ál., 2009, p. 157). Si se observa la figura 1 es posible determinar con claridad las disciplinas que han recibido los beneficios de los desarrollos de Chester en su momento, principalmente las ciencias de la sociología y la antropología.

7. Traducción libre del autor del ensayo.

## CONCLUSIONES

Con las consideraciones anteriormente expuestas se ha buscado mostrar que el cuerpo de conocimientos, discursos e instrumentos que conforman lo que se denomina el comportamiento organizacional, ha incorporado las ideas que propusieron y desarrollaron Mary Parker Follet y Chester Irving Barnard, y que rompieron con paradigmas<sup>8</sup> administrativos del momento, como un énfasis marcado en la mecanización del trabajo, los métodos de trabajo, la supervisión rigurosa del trabajo de los individuos y, en general, procesos administrativos que tendían a olvidar que los seres humanos eran el foco de atención en las organizaciones.

Una mirada en perspectiva de los trabajos de Parker Follet y Barnard parece centrarse en un solo aspecto, el hombre como eje de la empresa, puesto que se dejan de lado otros matices de la administración que, combinados sabiamente, contribuirían a un mejor desempeño global de las organizaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amsden, R. T., Ferratt, T. W. & Amsden, D. M. (1996). TQM: Core Paradigm Changes. *Business Horizons*, November-December, pp. 6-14.

Argyris, C. (1979). *El individuo dentro de la organización*. Barcelona: Editorial Herder.

Bedeian, A. G. & Wren, D. A. (2001). Most Influential Management Books of the 20th Century. *Organizational Dynamics*, 29(3), pp. 221-225.

Bryans, P. & Cronin, T.P. (1983). *Teoría de la organización. El estudio de las relaciones humanas en la organización empresarial*. Colombia: Editorial Norma S.A.

Cruz, L. A. (1997). Reseña bibliográfica: Pauline Graham (ed.). *Mary Parker Follet. Precursora de la administración. Recopilación de su obra escrita durante la década de 1920*. Introducción de Peter F. Drucker. México: McGraw Hill, 309 pp. (título original Mary Parker Follet: Prophet of Management). *Revista*

*Contaduría y Administración*, enero-marzo, pp. 97-99. Recuperado de [http://books.google.com/books?id=tZ4Z29T1GgIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=tZ4Z29T1GgIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false), el 7 de agosto de 2011.

Domínguez, R. & García, S. (2005). Conflicto constructivo e integración en la obra de Mary Parker Follet. *Atenea Digital*, 7, pp. 1-28.

Follet, M.P. (1933). *Coordinación*.

Follet, M.P. (1933). *La administración como profesión*.

Follet, M.P. (1933). *Los elementos esenciales del mando*.

Hall, R. (1977). *Organizations: structure and process*, 2<sup>nd</sup> ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.

Hunt, J.G., Osborn, R. N. & Boal, K. B. (2009). The architecture of managerial leadership: stimulation and channeling of organizational emergence. *The Leadership Quarterly*, 20, pp. 503-516.

Kolstad, I. (2007). The evolution of social norms: with managerial implications. *The Journal of Socio-Economics*, 36, pp. 58-72.

Liu, Y. & Perrewé, P. L. (2005). Another look at the role of emotion in the organizational change: a process model. *Human Resource Management Review*, 15, 263-280.

Melé, D. (2006). *Ethics in Management: Exploring Contribution of Mary Parker Follet*. Barcelona: IESE Business School - University of Navarra.

Merrill, H. F. (1986). *Clásicos en administración*, 6<sup>a</sup> reimpr. México 1, D.F.: Editorial Limusa.

Minzberg, H., Dougherty, D., Jorgensen, J. & Westley, F. (1996). Some Surprising Things About Collaboration - Knowing How People Connect Makes it Work Better. *Organizational Dynamics*, Spring, pp. 61-71.

Novicevic, M. M., Heames, T. J., Paolillo, J. G. P. & Buckley, M. R. (2009). Executive development: history lessons learned from Barnard. *The Leadership Quarterly*, 20, pp.155-161.

Robbins, S.P. (2004). *Comportamiento organizacional*, 10 ed. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

Robbins, S. P. & Judge, T. A. (2009). *Comportamiento organizacional*, 13 ed. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

Seers, A. (2005). Two women pioneers who led the way: An interview with Rosemary Stewart with reflections on the life and times of Mary Parker Follet. *The Leadership Quarterly*, 16, pp. 305-312.

Schminke, M., Ambrose, M. L. & Neubaum, D. O. (2005). *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 97, pp. 135-151.

Yukl, G. (2008). How leaders influence organizational effectiveness. *The Leadership Quarterly*, 19, 708-722.

8. "Un paradigma es un conjunto de reglas y regulaciones (escritas o no) que hace dos cosas: 1) establece o define límites y 2) te dice a ti cómo comportarte dentro de los límites con el fin de tener éxito" (Joel Barker, 1992 citado en Amsden et al., 1996, p.6)

# Conciencia del desarrollo humano: un imperativo categórico

Awareness of human development: a categorical imperative

**MARIO ALBERTO ÁLVAREZ LÓPEZ**

Magíster en Economía. Universidad La Gran Colombia.  
marioalbertoal@gmail.com

Recibido: 12/09/2011 Aceptado: 08/10/2011  
Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

## Resumen

Este artículo es producto de la reflexión que surge de los resultados de la investigación sobre el papel de la educación superior en el desarrollo regional, donde se plantea una revisión sobre la configuración discursiva en torno al desarrollo, sus elementos constitutivos y relaciones como palabra, categoría y concepto a partir de los aportes teóricos surgidos con ocasión de los términos similares usados en su nombre; de las contribuciones de disciplinas como la economía, sociología, antropología y política, y de las categorías conceptuales elaboradas en representación suya, tales como crecimiento y desarrollo, industrialización, globalización, modernización, humano, sostenible, regional y alternativo de la relación con la educación superior universitaria en el contexto del departamento del Quindío.

La reflexión gira alrededor de la posibilidad de constituir ambientes para la educación en valores para el desarrollo humano sostenible, partiendo de premisas que se sustentan en el pensamiento de Kant y de otros autores, preocupados no sólo por la crisis de la educación sino por el papel que ha asumido la institucionalidad frente a los procesos de desarrollo.

**Palabras claves:** conciencia, ética, moral, desarrollo, humanidad, sostenibilidad, valores y educación.

## Abstract

The article is the reflection by the results of research on the role of higher education in the regional development where presents a review of the discursive configuration around the development, its constituent elements and relationships as a word, a category and a concept from the theoretical contributions encountered from the similar terms used in its name, of the contributions of disciplines such as economics, sociology, anthropology and politics, and conceptual categories made on its behalf, such as growth and development, industrialization, globalization, modernization, humane, sustainable, regional and alternative of the relationship with higher university education in the context of Quindio. The reflection revolves around the possibility of creating environments for values education for the human development-sustainable, based on premises that are based on the thought of Kant and others authors, worried, not only the education crisis but the role that institutions has been assumed front the development processes.

**Keywords:** awareness, ethics, moral, development, humanity, sustainability, values, education

## INTRODUCCIÓN

Los sentidos conferidos y los significados universales, a modo de categorías del desarrollo (humano y sostenible), han configurado la conceptualización legitimada por los saberes disciplinares relacionados con el desarrollo en las ciencias sociales en general y de la economía, la sociología, la antropología y la ciencia política en particular, con las implicaciones que este proceso configurativo conlleva.

El concepto de desarrollo moviliza diversas acepciones que van desde el crecimiento y el progreso, pasando por el bienestar, la calidad de vida y la sustentabilidad, hasta alcanzar sentidos inherentes a la alternativa del desarrollo: local, endógeno, humano, comunitario y etnodesarrollo.

Designaciones basadas en presupuestos teóricos que descansan en paradigmas científico-técnicos, como las teorías de la modernización, estructuralista y neomarxista, de la globalización y otras alternativas como las planteadas por Max-Neef y Amartya Sen (Hidalgo, 1998)<sup>1</sup>, que al parecer condicionan y supeditan la institucionalidad educativa, en particular la observada por la educación superior universitaria y su papel en el desarrollo regional, visto desde los proyectos educativos.

La relación entre educación y desarrollo, en el discernimiento educativo institucional de la universidad con presencia regional, viene participando en la consolidación de las sociedades latinoamericanas en general y de manera particular en la colombiana, establecidas al parecer con la premisa de la preeminencia de los procesos de modernización, traducida en industrialización, urbanización, globalización y crecimiento económico. Procesos forjadores de modos de vida, que se expresan en tecnificación de la existencia cotidiana, consumo masivo de manera segmentada e incorporación de lógicas y racionalidades propias de las economías de mercado.

Este escenario de la universidad regional es compartido al mismo tiempo con la visión colectiva de una cultura sociopolítica, tradicional y progresista, que se traduce incluso en comportamientos de tipo familiar y se trasladan al conjunto de los espacios y comportamientos sociales.

Como consecuencia probable en América Latina —y en Colombia en particular—, los modelos de desarrollo a los cuales se les apuesta responden a discursos su-

puestamente legitimados a nivel mundial, como una imitación de los paradigmas de las metrópolis, tanto del capitalismo como del socialismo.

Éstos descansan aparentemente en el carácter y las prácticas instrumentalizadoras y tecnicistas, que son inherentes a dicho lenguaje universal, soslayando lo redimible de la modernidad y de otras concepciones alternativas frente al desarrollo, las cuales deberían descansar en reflexiones razonadas con premisas y valores que se han convertido hoy en la preocupación de varios autores con respecto al avance de la sociedad y sus relaciones con la modernización, la ciencia, la tecnología y la globalización.

## CONSIDERACIONES INICIALES

La construcción social de conciencia sobre el desarrollo humano sostenible, a modo de imperativo categórico, surge de la necesidad de reflexionar sobre la crisis de humanidad que al parecer rodea las tendencias de significación del desarrollo y de sus representaciones para alcanzar ambientes que supuestamente lo permiten.

En este sentido, se inicia la deliberación al levantar velas con respecto a la “crisis silenciosa”, planteada por Nusbaum: “... me refiero a una crisis que pasa prácticamente inadvertida, como un cáncer. Me refiero a una crisis que, con el tiempo, puede llegar a ser mucho más perjudicial para el futuro de la democracia: la crisis mundial en materia de educación” (2010, pp. 19-31)<sup>2</sup>.

Crisis cuya existencia se torna tendencialmente peligrosa para superar las situaciones problemáticas relacionadas con el progreso económico y su nexos con la educación, en particular para identificar y validar los preceptos de una filosofía moral que sustente la reflexión de los principios y valores sobre los cuales debe descansar la virtud verdadera del desarrollo, desde lo humano sostenible y para éste.

Esta búsqueda de conciencia a manera de imperativo categórico y no hipotético debe responder a la idea de libertad que surge en cada uno, puesto que autonomía y emancipación se producen por la razón expresada de cara a las acciones realizadas en la cotidianidad, juicio que se inscribe de acuerdo con principios que actúan como deberes frente a los otros y la naturaleza.

Esta exigencia es diferente de la forma como se vienen abordando las reflexiones sobre la conceptualización e intervención en nombre del desarrollo, las cua-

les se conciben y delimitan sus intervenciones en función de ciertas condiciones expresadas a través de los indicadores de crecimiento, progreso, modernización y desarrollo económico, parámetros sobre los cuales reposa la mediación en su nombre por parte de las instituciones gubernamentales y estatales (administración pública), internacionales (organismos de cooperación) e instituciones educativas.

### PRINCIPIOS ORIENTADORES DE UNA FILOSOFÍA DEL DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

Pensar los principios de una posible filosofía del desarrollo humano sostenible, a modo de referente del deber ser y de los principios orientadores de la racionalidad que lo haga posible, debe concebirse en imperativos donde la libertad del individuo, la sociedad y la institucionalidad reconozcan que ésta es razón ontológica de la moralidad, que de igual manera es razón hermenéutica de la libertad.

Esta concepción y orientación del acontecer del desarrollo en sus posibilidades de encontrar sentido (conciencia), puesto que se basa en la idea del deber con el otro y la naturaleza, conviene considerarse algo necesario y fundamental de la voluntad en sí misma y legisladora del accionar del hombre en sociedad y de su relación con la naturaleza, y no para superar las contingencias del momento, a partir de modelos teóricos, conceptuales y metodológicos inherentes a la planificación económica (léase Departamento Nacional de Planeación).

Adquirir conciencia del desarrollo humano sostenible comprende la constitución y el estatuto de la verdad moral, cuya legalidad imprima legitimidad a las acciones en función de preceptos universales de toda naturaleza racional del hombre aspirante a las mayores virtudes, propias de las representaciones puras del deber.

Este reflexionar los principios prácticos supremos en ambientes del sumo bien y de la teoría de la voluntad invita igualmente a identificar los mandatos en cuanto al desarrollo, que permitan alcanzar condiciones, tal como lo propone Axel Honneth<sup>3</sup> en su trabajo *La ineludibilidad del progreso*, en el que muestra la importancia y el sentido que tiene la filosofía práctica de Kant con respecto a una posible filosofía de la historia (en este caso, de la conciencia del desarrollo), es decir, en última instancia con respecto a la acción humana para

alcanzar las realidades que dignifiquen su humanidad y consientan superar las patologías a las cuales hace alusión en dicho escrito.

La conciencia del desarrollo humano sostenible, como expresión de la autonomía y la libertad de la sociedad y de las personas que la integran, aspira a transformarse a manera de imperativo categórico, del compromiso en humanidad (ley moral del reino de los fines del hombre racional). La primera a modo de “debe ser”, considerada el fundamento de la dignidad humana y de toda naturaleza racional, que se presentan como principios superiores de la actuación individual y colectiva, y la segunda establecida por la voluntad que actúa como causalidad eficiente de las decisiones cobijadas por preceptos morales explícitos de las leyes de la voluntad del hombre, que responde racionalmente con libertad y autonomía al sumo bien.

Esta necesidad de conciencia del desarrollo humano sostenible, a modo de idea suprema del mundo inteligible, debe contener el concepto, los lineamientos superiores y la filosofía moral que lo sustente, para darle sentido al fenómeno que implica el desarrollo y así valorar aquellas decisiones que se presentan en el mundo de lo sensible, antes del entendimiento y la razón, y que explica de una u otra manera nuestras inclinaciones y deseos por el consumo, el placer, el ocio y otros goces ofertados por el mundo en la actualidad, olvidando nuestra responsabilidad con el otro y la naturaleza que no disfrutan dichas oportunidades.

### EL DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE: VALORES DE UNA CONCIENCIA ÉTICO- POLÍTICA

En este orden de ideas, se propone que la apuesta por un imperativo categórico que fundamente una conciencia del desarrollo humano surja de la continua reflexión sobre las máximas que permiten constituir una teoría de la voluntad (Immanuel Kant (2007). *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*. Traducción de Manuel García Morente)<sup>4</sup>, las cuales son:

- ... Obra según una máxima tal que puedas querer al mismo tiempo que se torne ley universal...
- ... Obra de tal modo que uses la humanidad, tanto en tu persona como en la persona de cualquier otro, siempre como un fin al mismo tiempo y nunca solamente como un medio...

- ... Obra sólo según máximas que puedan al mismo tiempo tenerse por objetos a sí mismas, como leyes naturales universales...
- ... Obra como si tu máxima debiera servir al mismo tiempo de ley universal de todos los seres racionales...
- ... Obra por máximas de un miembro legislador universal en un posible reino de los fines...

En la primera de ellas está la racionalidad práctica que se asume frente al desarrollo humano como realizable y además susceptible de universalizar de manera apodíctica, como leyes de la naturaleza humana, los siguientes principios propuestos:

- El desarrollo sustentable que permite obrar en la máxima –y además es necesaria– debería universalizarse.
- Los derechos humanos que deben considerarse “ética de mínimos” (Cortina, 1989), toda vez que no sólo deben expresar el derecho que se adquiere, sino reflexionarse racionalmente como el “debe ser”, de modo que se incorporen como virtud en la conducta humana.
- Justicia social, que deben expresar los actos humanos en virtud de la equidad de unos y otros como enunciado de la solidaridad y de la teoría de la justicia (Rawls, 1978)<sup>5</sup>.

En cuanto a la segunda máxima, relacionada con el tratamiento de lo humano como un fin y no a manera de medio, en perspectiva de constituir conciencia del desarrollo humano sostenible, se consignan los siguientes preceptos aplicables a ella, para contemplar a los demás humanos fines últimos; éstos son:

- Interiorizar valores de solidaridad que representen la concepción de humanidad para el otro, como la mayor expresión de la racionalidad y la inteligibilidad de los seres racionales en contexto de constituir el reino de las virtudes.
- La otredad, actitud de reconocimiento del otro, superando la diferencia étnica, ideológica, de género y religión.

La tercera máxima está muy relacionada con la primera, pero enfatizando en la necesidad de objetivar el desarrollo humano a manera de imperativo categórico,

que surge de la exploración racional de los principios que permiten universalizar la valoración de las actuaciones del ser humano individual y colectivamente, en perspectiva de responder a leyes naturales; éstos son sus principios:

- La democracia, forma de organización política que por esencia permite elegir con premisas razonables las decisiones que colinda el devenir de la humanidad en la construcción de significados del desarrollo, como posibilidad de cargar de sentido en una conciencia del desarrollo humano sostenible.
- La sustentabilidad del desarrollo, expresión reiterativa de la necesidad de conservar, recuperar y proteger el medio ambiente, fijar límites al crecimiento y desarrollo económico, y la superación de la pobreza en referencia a la economía del riesgo de las condiciones de habitabilidad en el planeta. Esta categoría debe seguir el proceso de objetivación, con el fin de continuar la construcción teórica y conceptual, pero debe acompañarse de la razón práctica que se aplica en las decisiones tomadas frente al consumo y al tratamiento de los recursos naturales, en especial con el tratamiento que se viene dando por parte de los actores del desarrollo (Estado, empresa, academia y organizaciones no gubernamentales) a las condiciones de miseria en que se encuentran un significativo número de personas en el mundo.
- La convivencia en paz, propósito en el que están empeñados sociedades y naciones por la ocurrencia frecuente de eventos relacionados con la violencia, la desintegración de comunidades y las posiciones de radicalismo religioso, ideológico y político, que se vienen asumiendo en la actualidad en la mayoría de las comunidades regionales, nacionales e internacionales.

Referente a la cuarta máxima, se plantea que la conciencia del desarrollo humano sostenible se moviliza con la finalidad de convertirse en ley universal, pero enfatizando en el sustento de la moralidad a modo de conducta preferente de las acciones del hombre, la sociedad y la institucionalidad, y supeditada dicha acción a la razón tal de la filosofía de la moral y de la razón práctica.

En este sentido, la conciencia del desarrollo humano sostenible en el obrar particular y general de la so-



ciudad debe responder a un tribunal supremo de la razón, donde la máxima aplicada debe convertirse en imperativo categórico, tal como se propone en los principios señalados con la primera de éstos consignada en el texto.

Con respecto a la quinta máxima y concordante con lo enunciado en el anterior procedimiento, la razón como conocimiento y juicio debe permitir reconocer la inteligibilidad y el orden en la constitución de la voluntad del hombre y la sociedad, que se decide a actuar no por inclinación y deseo, sino por el supremo “deber ser”; tal es el imperativo categórico.

La posibilidad de expresar la conciencia del desarrollo humano sostenible, a manera de principios rectores, nos lleva al inicio con la preocupación sobre la crisis de la educación, siendo ésta la oportunidad de formar en los preceptos ya enunciados a modo de máximas en el reino de las virtudes humanas.

Así las cosas, al deliberar en torno al desarrollo humano sostenible y la educación, se participa de los siguientes interrogantes, que se mencionan a continuación:

- ¿Sí creemos al menos nosotros mismos que vale la pena la educación en valores?
- ¿No somos nosotros los primeros en dudar si la educación todavía puede servir para civilizar nuestras formas de vida?
- ¿No será que hemos venido aceptando gradualmente que una educación moral para la ciudadanía no tiene sentido y es tan inútil que incluso distrae de los verdaderos objetivos de la educación (invertir en productividad y seguridad), para ser merecedores así de éxito y prosperidad?

Esta insuficiencia de conciencia sobre el desarrollo humano sostenible, sustentado en principios y valores, aunado a la crisis de la educación mencionada en el apartado introductorio, se acompaña de la valoración de ciertas situaciones que se expresan en las siguientes apreciaciones, las cuales deben circunscribirse a la necesidad de pensar su relación con el proceso de concebir y actuar para el desarrollo, en la posibilidad constituyente de establecer razones de peso de la necesidad de entendimiento y de conciencia ética y política frente al proceso que se viene calificando de desarrollo; estas consideraciones son:

En primer lugar, existe la necesidad de reflexionar los horizontes de sentido frente a la concepción del desarrollo y del papel de la educación en dicho proceso, desde la perspectiva de la configuración razonable en torno al “debe ser”, como fin último de lo humano en el desarrollo. Para ello se debe partir de la posibilidad de movilizar la arquitectura del conocimiento, con la cual se ha configurado el mundo y sus representaciones, al parecer sin la meditación profunda de los criterios que la fundamentan, y transitar hacia procesos epistémicos y axiológicos, donde se superen los paradigmas inamovibles del saber disciplinar (llámese economía), propios de la modernización, cuyas lógicas responden a la cultura del mercado.

La posibilidad de nuevos horizontes permite explorar conceptualmente la perspectiva ética y moral de las construcciones sociales, los sistemas de valores, creencias y actitudes, que surgen de la contingencia de acontecimientos de la humanidad en contexto espacio temporal y de sus configuraciones discursivas.

Extensiones donde los seres humanos son los protagonistas de su devenir histórico, como lo sugiere Castoriadis al reflexionar sobre el papel de las instituciones en general, y aplicable a la educación superior: “La institucionalidad permanece por coerción y sanción desde lo superficial, o por adhesión, apoyo, consenso, legitimidad o creencia” (1980, pp. 2-6)<sup>6</sup>.

En segundo lugar, la educación en general, pero particularmente la educación superior, debería participar en la reconstrucción de ambientes de deliberación, que permitan la toma de decisiones frente a la continuidad del actual modelo de desarrollo o de propuestas que en sentido contrario inviten a deshacer el desarrollo y construir otras posibilidades (conciencia del desarrollo humano sostenible), visto desde pautas que surjan de la actividad racional en máximas, las cuales deben permitir definir los fines, para una sociedad en construcción y cuyas condiciones de desarrollo le den sentido de humanidad, según principios de autoconciencia en contextos de razón y de buena voluntad.

Esto implicaría, al parecer, dar una vuelta de 180 grados a la disquisición de los modelos, teorías, políticas, estrategias y orientaciones de las instituciones nacionales e internacionales al intervenir en nombre del desarrollo, por el sesgo que se presume ocurre al momento de interpretar realidades y decidir su mediación, sin reflexionar críticamente lo que se predica en nom-

bre del desarrollo, en época de modernización sin modernidad, que responden al parecer a las tendencias de los mercados y de la globalización.

En esta línea, las organizaciones internacionales de cooperación para el desarrollo, como la ONU, en el Informe de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2000)<sup>7</sup>, proponen el cambio del enfoque relacionado con el centro de la concepción del desarrollo como libertad, la cual debería responder a una racionalidad en sí misma explícita de lo ético a manera de fundamento de dicho desarrollo (moralidad del desarrollo), y así pensar a partir del juicio que implica la valoración de los medios para lograrlo y de los constructos hipotéticos en su calidad de propuestas técnicas, pragmáticas, posibles o reales.

Se desprende de lo anterior la sugerencia de la vinculación de las instituciones educativas para dilucidar el funcionamiento humano en el contexto de razón práctica y para desarrollar el concepto de justicia social, cimentado en iniciaciones que superen la conciencia de mínimos, tal como viene ocurriendo con la promoción de los derechos humanos, y así superar referentes normativos y de corte universal concebidos para el parque humano (Sloterdijk, 2003)<sup>8</sup>.

En tercer lugar, abordar las organizaciones sociales y sus posibles transformaciones, desde una perspectiva integracionista e interdisciplinaria, toda vez que existen problemas cuya complejidad amerita que sean abordados por varias disciplinas; tal es el caso del desarrollo humano sostenible y sus significativas relaciones con la educación, en particular de las ciencias sociales, lo mismo que el reconocimiento de la existencia de situaciones que demandan la presencia de varias de ellas, en especial de las humanidades (Hoyos, 2011)<sup>9</sup>.

Las implicaciones derivadas de la conceptualización construida en torno al desarrollo y del papel que han desempeñado la ciencia y la tecnología demandan la ayuda de las humanidades para complementarla y de ese modo superar dificultades propias de la constitución de sociedad y de los modelos de desarrollo imperantes. Así las cosas, de la educación y de las humanidades se reclaman nuevas posiciones frente al proceso, en particular sobre los valores que deben alinear dicho desarrollo, tales como los principios que permiten orientar el comportamiento individual y colectivo, en función de realizarse como persona y sociedad (prin-

cipios de desarrollo humano sostenible ya tratados como máximas).

En cuarto lugar, por la invitación de participar en el debate frente a las implicaciones de la significación inherentes a las representaciones del mundo, de organización social y de la relación educación y desarrollo, al reflexionar críticamente sobre el rumbo que viene asumiendo la universidad frente al proceso de desarrollo, visto desde los preceptos y postulados sobre los que descansa su configuración conceptual. Específicamente en las condiciones de vida de las sociedades modernas capitalistas, generadoras de prácticas sociales, posturas o estructuras de personalidad que se reflejan en una deformación patológica de la facultades racionales (Honneth, 2009).

Al parecer, ésta condiciona y supedita a los actores sociales y educativos en la búsqueda del desarrollo, ya sea como estadio final (situación económica alcanzada por los países *desarrollados*), referente para orientar por esta senda de progreso, ya sea como imaginario social con sus valores, actitudes y normas, o transitar reconociendo el carácter histórico y social de dicho proceso, puesto que éste es expansión de humanidad, el cual debería responder a principios morales, forjadores, de ser posible de imperativos categóricos para orientar la relación del hombre con la sociedad y la naturaleza.

En quinto lugar, por la reflexión crítica que se debería movilizar en el interior de las organizaciones sociales y de la comunidad académica en la universidad, al acompañar los procesos de desarrollo y su papel en él, en especial de los sentidos que adquiere el desarrollo en cuanto a los enunciados connotados en su nombre, tales como riqueza, industrialización, urbanización, modernización, globalización, crecimiento, progreso, tecnología, ciencia, entre otros, según la categoría conceptual donde se inscriban, sentidos que deben surgir de la reflexión previa de los principios propuestos a manera de reflexión sobre el “deber ser y la buena voluntad”.

Cada manifestación aludida en torno al desarrollo enlaza promesas subyacentes (mejoramiento de la calidad de vida, del bienestar de todos, superación de las desigualdades, entre otras), los cuales surgen en la mayoría de las veces en respuesta a los postulados universalmente reunidos con el conocimiento científico-técnico alcanzado y no de la revisión racional, a manera de imperativo categórico sustentado en máximas.

De igual manera, surgen en respuesta a los modelos de teorización que acompañan la conceptualización del desarrollo, como aporte de las escuelas de pensamiento económico mediatizadas por la educación en su labor reproductiva de saberes, restringiendo al parecer las formas de lectura de los hechos, situaciones problemáticas y potencialidades relacionados con el desarrollo, tales como la desigualdad, la inequidad, la injusticia, la no sustentabilidad, la desintegración y la exclusión que son propios de la heteronomía de intereses que circulan en torno al desarrollo.

Concordante con lo anterior, la educación interpreta ilustraciones relacionadas con el desarrollo, congregadas alrededor de cierta terminología, como productividad, competitividad, calidad, emprendimiento, transferencia, tecnología, etc., en la constitución de la institucionalidad educativa y colectiva de sociedad, disquisición que al parecer se viene realizando por fuera de la meditación rigurosa y profunda sobre las implicaciones morales de dichas apuestas.

En último lugar, se han de generar ambientes de deliberación (actos de razonamiento ético y moral), en torno a los presupuestos y premisas de los modelos teóricos para el desarrollo y los intereses movilizados, los cuales se debería colocar en miramiento discursivo para develar los sentidos implícitos, tanto de los supuestos como de los presupuestos de explicación de las formas de pensamiento e intervención de los actores del desarrollo (empresa, Estado y la academia) para alcanzar ciertas condiciones de progreso y bienestar social en contextos territoriales determinados.

El desarrollo humano, como expresión de conciencia autónoma, debería ser el reto que permitiera justificar el imperativo categórico del sumo bien y de la voluntad por el deber, como el desiderátum de la trascendencia humana en sus configuraciones civilizatorias.

A esta reflexión invita Nusbaum (2010), para superar la crisis de la educación ya referenciada y de la condición de posibilidad que expresa como palabra, a partir de los autores Alcott<sup>10</sup> (1850) y Tagore (1917)<sup>11</sup>, en los consecutivos enunciados; del primero:

“La educación es el proceso por el cual el pensamiento se desprende del alma y, al asociarse con cosas externas, vuelve a reflejarse sobre sí mismo, para así cobrar conciencia de la realidad y la forma de esas cosas”.

Y del segundo:

“Al hacer uso de las posesiones materiales, el hombre debe tener cuidado de protegerse frente a la tiranía (de ellas). Si su debilidad lo empuja hasta poder ajustarse al tamaño de su disfraz exterior, comienza un proceso de suicidio gradual por encogimiento del alma”.

Existe en los anteriores enunciados la condición de posibilidad de hacer de la educación una postura moral y ética frente al desarrollo humano, con el compromiso de acceder a la deliberación de las inauguraciones que deberían orientar el conocimiento sobre el “debe ser” de la humanidad, en contexto de formular preceptos *a priori* de moralidad que deben fundamentar la teoría de la voluntad humana, superando la razón práctica, puesto que es necesario el tránsito de la filosofía moral popular a la metafísica de las costumbres (Immanuel Kant (2007). *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*. Traducción de Manuel García Morente).

## HACIA LA CONSTITUCIÓN DE UNA CONCIENCIA DE DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE A MODO DE IMPERATIVO CATEGÓRICO

La conciencia del desarrollo humano sostenible, con el fin de que se mude en imperativo categórico, debe complementar la concepción instaurada con respecto al proceso teorizante sobre el desarrollo, en particular con la aparición en los años ochenta y noventa de lo sostenible humano, dimensión que permite encontrar una nueva perspectiva del desarrollo frente a las teorías que lo identifican con crecimiento, modernización, industrialización, globalización, entre otros, y lo diagnostican a partir de indicadores o cifras en cuanto los recursos económicos permiten acceder a las condiciones determinantes de la calidad de vida y el bienestar de la sociedad.

En lo referente al desarrollo sostenible, estos presupuestos han llevado en la actualidad a un constante debate entre ecologistas y economistas sobre los modelos de producción de bienes y servicios, particularmente de los hábitos de consumo, vivir mejor con menos; es una de las banderas que vienen enarbolando los seguidores de este tipo de desarrollo.

Si bien existía la preocupación por la tendencia consumista, en lo que se llamaría la economía ecológica, es gracias al informe Brundtland (apellido de la noruega Harlenn Brundtland, presidenta de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo) que adquiere

un espacio académico y político el concepto de desarrollo sostenible; éste, en lo esencial, plantea que “hemos de satisfacer nuestras necesidades sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Riechman, 1995, p. 12)<sup>12</sup>.

Desde la mirada de Denis Goulet (citada en Carvajal, 2009, p. 21)<sup>13</sup>, se precisa:

“... el desarrollo es sostenible cuando satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Al principio, el llamamiento en pro de la sostenibilidad tenía como objetivo buscar el crecimiento económico de manera que no destruyera irrevocablemente o disminuyera sustancialmente el capital natural. Más tarde, se introdujo la idea de acceso equitativo a recursos por parte de todos, añadiendo el elemento de justicia social a la definición de un desarrollo deseable que fuera a la vez ambiental y socialmente sustentable”.

Este compromiso con las generaciones futuras, y la necesidad de armonizar lo ambiental y social con lo económico, es un desafío de la educación superior en general y la educación social en particular, para identificar disposiciones de una propuesta en educación del desarrollo circunscrita a la construcción de ambientes apropiados para la formación en principios y valores que manifiesten explícitamente participar a modo de imperativo categórico.

En una primera intención, dicho postulado debería dirigirse al servicio de la vida para mejorar las condiciones ambientales de las generaciones futuras y no ahondar el deterioro ecológico, como presumiblemente lo hace el cientificismo-tecnócrata del mundo contemporáneo (Boni y Pérez-Foguet, 2006)<sup>14</sup>.

Por tal motivo, el quehacer de la educación tiene la posibilidad de generar espacios de deliberación sobre el lenguaje institucional que viene abordando en sus proyectos educativos e identificar sentidos aportantes en la estimación de propuestas educativas, forjadoras de una revolución cultural, de resignificación de sentido, que tengan como argumento la sensibilidad de los sujetos que se implican en las transformaciones de la realidad, actuando en condiciones de razón a la luz de las premisas antes mencionadas.

Las condiciones de un mundo mediado por la globalización ponen las posibilidades del Estado nacional, con respecto a las regulaciones ambientales, en

una posición, además de ambigua, limitada; por ello es urgente la formulación de proyectos de investigación que asuman esta problemática como contenidos de la formación, desde contextos locales y regionales, por ser considerados espacios políticos, geográficos y culturales concretos.

Luis Jorge Garay, en su texto *Construcción de una nueva sociedad*, menciona principios y valores éticos fundacionales y propósitos de acción social que se pueden resumir en lo siguiente: derechos humanos, justicia con igualdad y legitimación de lo público y los propósitos del Estado como ente responsable de lo público y del bien común, la democracia participativa y deliberante, la cultura empresarial con contrato social sobre principios rectores de justicia distributiva. Se inscribe en el pensamiento de constituir sociedades democráticas e incluyentes, es decir, en una perspectiva integracionista y de ética frente al desarrollo (2002)<sup>15</sup>.

Los antecedentes de la problemática abordada por el desarrollo sostenible, en cuanto a la necesidad de crear conciencia sobre el desarrollo en el lenguaje de las instituciones y organizaciones sociales, podrían explicarse inicialmente y de manera provisional en la racionalidad instrumental erigida por las concepciones científicas y economicistas de la modernidad, a partir del siglo XVIII, con respecto a la relación sociedad-naturaleza.

Al parecer, los fundamentos de la ciencia positiva de la modernidad instrumentalizada instituyen a los seres humanos como sujetos esencialmente dominadores, en cuanto el conocimiento es el instrumento mediante el cual se fundan prácticas y técnicas que garantizan el uso indiscriminado de los recursos naturales, los cuales, en el ámbito de la mirada consumista, estaban no sólo a nuestro exclusivo servicio, sino que además eran inagotables.

Es así como en lo fundamental el concepto de desarrollo sostenible enlaza en una primera presunción sobre el reconocimiento del lenguaje como mediador en las representaciones de la realidad, asumir los complejos y múltiples problemas generados, a partir de los criterios clásicos del discurso del desarrollo económico (apartes del corpus teórico y conceptual, ya abordado en el texto).

Sí es entendido éste como crecimiento material y su impacto en los procesos ambientales, hasta el punto de que dicho modelo de desarrollo ha llevado a lo que en

términos bioéticos se denomina la sociedad del riesgo, en cuanto a la supervivencia de los organismos vivos.

En este sentido, la modernización económica, con sus criterios exclusivos de crecimiento material y la satisfacción de necesidades, desde una perspectiva existencial exclusivamente, nos ha puesto frente al dilema de cómo concebir el desarrollo en un nuevo discurso, posiblemente en significantes y valores, que permita la utilización adecuada, en materia de sostenibilidad ambiental, de los recursos naturales disponibles en un contexto territorial determinado (departamento del Quindío).

El desarrollo sostenible convoca a la revisión del concepto mismo del desarrollo, en cuanto éste involucraría una perspectiva de la interrelación de aspectos biológicos, económicos, culturales y axiológicos, en una mirada integral del ser humano y de la vida en su conjunto.

En cuanto a la dimensión de lo humano, el economista hindú Amartya Sen (2000)<sup>16</sup> encuentra que los indicadores tradicionalmente utilizados dejan de lado otras condiciones requeridas para la calidad de vida y propone otra concepción del desarrollo, en la que hace énfasis en la expansión de:

“... la libertad humana para vivir el tipo de vida que la gente juzga valedera; el papel del crecimiento económico en la expansión de esas oportunidades debe ser integrado a la comprensión más profunda del proceso de desarrollo, como la expansión de la capacidad humana para llevar una vida más libre y más digna” (Marc Bou e Íñigo, 2005)<sup>17</sup>.

La trascendencia del enfoque de las capacidades enriquece conceptos claves, como el desarrollo humano, los derechos humanos, el sentido de la igualdad, las necesidades básicas, la calidad de vida, el capital humano y la renta básica de la ciudadanía; sin embargo, podría complementarse con los aportes de la razón práctica planteados por Kant, tal como lo proponen ciertos autores contemporáneos, entre ellos Habermas, John Rawls y Peter Singer.

En esta forma, darle un tratamiento a la moral, no sólo a manera de máximas, sino como norma general, en la comprensión del mundo de la vida y de su significación como expresión del desarrollo humano, podría no sólo cultivar el pensamiento moral kantiano, sino aportar en la concepción y posibilidad de una conciencia a manera de una fenomenología de la moral

para orientar el imperativo categórico del desarrollo humano sostenible (Habermas, 1985)<sup>18</sup>.

En esta perspectiva de volver nuevamente la mirada a Kant, tal como lo plantea John Rawls (1978), se debe aplicar a la teoría de la justicia los presupuestos sobre los cuales descansa la teoría de la razón kantiana; esto permitiría rescatar los fundamentos en la constitución sociedad y, por qué no, sustentar los principios sobre los cuales debería basarse una conciencia del desarrollo humano.

Finalmente, se trae a colación a Peter Singer (2004)<sup>19</sup>, con su obra *Un solo mundo. La ética de la globalización*, en la que reivindica la filosofía moral del pensamiento kantiano, para sustentar las reflexiones en torno a las posturas éticas frente a situaciones ya mencionadas anteriormente, tales como el del tratamiento del medio ambiente, los derechos humanos y la pobreza.

Estos aspectos inquietan no sólo a la ética social, la filosofía política, el derecho internacional, sino de manera muy particular a la educación, y dentro de ella la superior, tal como viene sucediendo en Colombia con la reforma de la Ley 30 de 1992, donde la formación humanística no es del interés de los gobernantes de turno (Ascún, 2011)<sup>20</sup>.

La relación que se puede establecer entre el concepto de capacidades como libertades con cada uno de los anteriores comentarios es un aspecto de moralidad imprescindible del enfoque de las capacidades (Sen, 2000), pues permite ver la incidencia del concepto en distintos ámbitos de la valoración del bienestar y los alcances de la libertad, precisando que el desarrollo es más una reflexión en ambientes del deber ser y de la filosofía moral de Kant, que de progreso material.

Para finalizar la presente reflexión, se plantea la necesidad de invitar a la deliberación que debe surgir con ocasión de la perspectiva de actuación, no sólo como reformas de la educación superior, sino con los criterios y referentes con los cuales se decide la actuación de los gobiernos nacionales y de los programas de cooperación internacional (Índice de Desarrollo Humano).

El desarrollo humano como concepto, desde lo individual, colectivo e institucional, debe entenderse como la capacidad de participar en la construcción de una civilización próspera en lo intelectual, material y espiritual. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), hace referencia a la libertad y la

formación de capacidades para ser y hacer en humanidad, que debería concebirse a la luz de los preceptos de la razón y la moral kantiana, como una forma de garantizar la concepción y condición de conciencia de lo humano en el desarrollo.

El desarrollo humano y su condición de conciencia, tal imperativo categórico, debería apuntar a los siguientes referentes, los cuales se han de meditar en el marco de las máximas ya tratadas anteriormente:

- El desarrollo se refiere a las personas y no a los objetos.
- El mejor proceso de desarrollo es el que aporta una mejor calidad de vida para todos.
- La calidad de vida dependerá de las posibilidades de satisfacer las necesidades humanas de todos.

La libertad como conciencia del desarrollo humano no es un destino, sino recorridos realizados por una sociedad a través de la historia, en la búsqueda de utopías en perspectiva de humanidad. La libertad es una condición fundamental del desarrollo humano sostenible, no negociable.

La universidad ha de convertirse en el centro de la libre reflexión y del debate frente a la renovación del saber, del lenguaje institucional movilizado, y así asumir posiciones para legitimar posibilidades de la sociedad y de su ordenamiento e integración en una determinada perspectiva de desarrollo en humanidad y sostenibilidad.

Deliberar sobre el desarrollo, con el fin de que actúe en condición razonada moralmente, es volver a pensar en la humanidad como el mayor reto civilizatorio de la educación superior, donde la buena voluntad y la razón son principios fundamentales de una conciencia de lo razonable de nuestras acciones con el presente y el futuro de la sociedad.

## CONCLUSIONES

Se desprende de la investigación anterior la premura de generar condiciones pedagógicas en la institucionalidad universitaria sobre la conciencia del desarrollo humano sostenible, en las actuaciones realizadas por los actores del desarrollo (Estado, empresa, gremios, comunidad en general y la misma universidad), donde se consientan valores de intervención en nombre del

desarrollo, ligados éstos a lineamientos superiores y a una filosofía moral.

En tal sentido, se debe reflexionar sobre nuestras actuaciones y las de los demás en el ámbito de lo público y lo privado, sobre los paradigmas, racionalidades y el sentido que se le confiere al desarrollo como proceso económico y social, el cual, como se ha mencionado con anterioridad, responde al parecer a las lógicas del mercado y no de lo humano sostenible.

Actuaciones cuyas decisiones convendría validar en cuanto a la prolongación del presente modelo de desarrollo, para iniciar procesos que permitan, a partir de la conciencia, la razón y la buena voluntad, ventilar la posibilidad de transitar por apuestas productivas y de organización social alternativas, concibiendo la educación como su pilar primordial.

De este modo, educación y alternatividad frente al desarrollo entraña, a modo de desenlace de la presente preocupación, emprender el conocimiento del desarrollo y de las implicaciones del sentido de humanidad en su conceptualización práctica, la configuración compartida, holística e integracionista de los artes y saberes de la persona (multi, inter y transdisciplinar) en sus relaciones con el otro y con la naturaleza.

Esta relación debería comenzar en la universidad, al advertir en el debate esbozado las implicaciones de la conceptualización en torno al desarrollo, expresado en las representaciones de mundo y de organización social asumidas, a modo de pautas y premisas sobre las crisis y contingencias de personalidad que aparentemente supeditan la coexistencia.

Igualmente, por el requerimiento para la universidad de instaurar ambientes de reflexión ética y moral, en torno a los presupuestos y premisas movilizados por los modelos teóricos para el desarrollo, los intereses incorporados e implícitos de la actuación e intervención de los protagonistas del progreso y la modernización en la actualidad.

Como recomendación final, es fundamental que el papel de la universidad frente a la conceptualización asumida frente al desarrollo, en particular de los sentidos otorgados a éste en los proyectos educativos institucionales, estimule y genere actitudes y valores que permitan reconocer el compromiso con el otro, los otros y la naturaleza a modo de “conciencia de desarrollo humano sostenible”, para que actúe como forjadora de otra civilización, que se sustente en la ra-

zón y en la sensibilidad de los sujetos que se implican en las transformaciones sociales necesarias para resignificar y atribuir un nuevo sentido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Hidalgo, C. (1998). *El pensamiento económico sobre el desarrollo: desde los mercantilistas, hasta el PNUD*. Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- (2) Nussbaum, M. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades* (trad. de María Victoria Rodil). Buenos Aires y Madrid: Katz Editores, pp. 19-31. Distribución exclusiva en Colombia: Siglo del Hombre Editores.
- (3) Honneth, A. (2009). *Patologías de la razón. Historia y actualidad de la teoría crítica*. Buenos Aires: Katz Editores.
- (4) Kant, M. (2007). Fundamentación de la metafísica de las costumbres. San Juan, Puerto Rico: Edición de Pedro M. Rosario Barbosa.
- (5) Rawls, J. (1978). *Teoría de la justicia*. México: FCE.
- (6) Castoriadis, C. (1980). *Reflexiones sobre el "desarrollo" y la "racionalidad". El mito del desarrollo*. Barcelona: Kairos.
- (7) Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) (2000). Informe de los avances de desarrollo para Colombia.
- (8) Sloterdijk, P. (2003). *Normas para el parque humano. Una respuesta a la "Carta sobre el humanismo", de Heidegger* (trad. de Teresa Rocha Barco). Madrid: Siruela.
- (9) Hoyos, G. (2011). Las ciencias necesitan de las humanidades y las artes. *Revista Innovación y Ciencia*. Bogotá: Acac.
- (12) Riechman, J. (1995). *De la economía a la ecología*. Madrid: Trotta.
- (13) Carvajal, A. (2009). *Desarrollo y posdesarrollo. Modelos y alternativas*. Cali: Universidad del Valle, Escuela de Trabajo Social y Desarrollo Humano.
- (14) Boni Aristizábal, A. & Pérez Foguet, A. (2006). *Construir la ciudadanía global desde la universidad. Propuestas pedagógicas para la introducción de la educación para el desarrollo en las enseñanzas científico-técnicas*. Barcelona: Intermon Oxfan. Ingeniería sin fronteras.
- (15) Garay Salamanca, L.J. (2002). *Construcción de una nueva sociedad*, 2ª ed. Bogotá: Alfaomega.
- (16) Marc, B. e Íñigo, M. (2005). Democracia y desarrollo humano en América Latina. *Revista Trimestral Latinoamericana*, vol. 10, N.º 3.
- (16) Sen Kumar, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Bogotá: Editorial Planeta Colombiana, p. 19.
- (18) Habermas, J. (1985). Ética del discurso. Notas sobre un programa de fundamentación. *Conciencia moral y acción comunicativa*. Barcelona: Península.
- (19) Singer, P. (2004). *Un solo mundo. Ética de la globalización*. Barcelona: Paidós.
- (20) Ascún (2002). *Agenda de Políticas y Estrategias para la Educación Superior Colombiana 2002 - 2006. De la exclusión a la equidad*. Bogotá.
- Cortina, A. (1989). *Ética mínima. Introducción a la filosofía práctica*. Madrid: Tecnos.
- Hoyos, G. (2011). Seminario "Filosofía de Educación II". Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Doctorado en Ciencias de la Educación.
- Singer, P. (2004). *Un solo mundo. Ética de la globalización*. Barcelona: Paidós.
- Internet: <http://habermas-rawls.blogspot.com/>.

# Gestión del conocimiento en las ciencias administrativas

## Knowledge management in the administrative sciences

**JOHN FABIO SOTO CASTAÑEDA**

Especialista en Administración de Empresas. Grupo Interdisciplinario de Alta Gerencia  
GIGA Corp.  
johnefesto@yahoo.es

Recibido: 06/07/2011 Aceptado: 11/10/2011  
Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

El presente artículo trata sobre generar, permanentemente, conocimiento científico en el área de administración y gerencia para acelerar la innovación y productividad en todos los procesos organizacionales y transferir los hallazgos, en investigación y desarrollo (I+D), a la academia, empresas y Estado en función de su aplicación productiva y social.

En el desarrollo del tema se hace latente que es necesario dotar de instrumentos de I + D la interacción institucional e interinstitucional de la academia, la interacción de éstas con empresas y Estado, y la interacción intersectorial, en los niveles local, nacional e internacional, con el propósito de favorecer el intercambio de ideas y experiencias innovadoras, así como la generación de esfuerzos administrativos y gerenciales conjuntos en beneficio de la evolución de la humanidad (sociedades, comunidades, grupos) con responsabilidad social empresarial.

**Palabras claves:** administración, gerencia, investigación y desarrollo, gestión del conocimiento, ciencia y tecnología, transferencia de conocimiento y prospectiva.

### Abstract

The focus of this article is to generate scientific knowledge permanently in the area of administration and management to accelerate innovation and productivity in all organizational processes and transfer the findings, research and development, academic institutions, business and the state on the basis of its productive and social implementation.

In the development of the subject becomes latent to provide the necessary tools for I + D institutional and inter-institutional Academy interaction, the interaction of these with business and the state, and the intersectoral interaction, at local, national and international in order to promote the exchange of ideas and innovative experiences and generate administrative efforts and joint management for the benefit of the evolution of humanity (societies, communities, groups) with Corporate Social Responsibility.

**Keywords:** administration, management, research and development, knowledge management, science and technology, transfer of knowledge, foresight.



## INTRODUCCIÓN

Para abordar el tema es necesario afinar la interpretación epistemológica que existe sobre las ciencias sociales, en este caso específico sobre las ciencias administrativas o de gestión que todavía algunos cuestionan si son verdaderas ciencias. Los que lo hacen de esta manera esgrimen argumentos escasos, sobre todo algunos epistemólogos que sostienen que las ciencias de gestión carecen de estatus científico puesto que no cumplen con los cánones de la epistemología positivista.

No obstante, las disciplinas de gestión tienen vitalidad suficiente para hacer investigación y la comunidad científica no las incluye en las pseudociencias y la charlatanería. Por su parte, varios estudiosos reconocidos del tema, como Mario Bunge, presentan conceptos generales y respetables sobre las diferencias que existen entre la ciencia pura, la ciencia aplicada y la tecnología. “La ciencia pura es aquella que trata de entender la realidad abordando problemas cognoscitivos de cualquier tipo, la ciencia aplicada se ocupa de entender una parte de la realidad con la esperanza de que alguien pueda transformarla, y la tecnología, en cambio, tiene como centro de actividad el diseño de dispositivos o planes de acción para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales”. Pese a lo expuesto, y según J. L. Le Moigne, hay quienes se preguntan: si el referente epistemológico no fundamenta las ciencias de gestión, ¿no será necesario cambiarlo?

La nueva reflexión epistemológica trabaja en el interior de cada ciencia, porque la crítica de los conceptos, métodos y principios la hacen aquellos que utilizan dichos fundamentos y esto no supone que “tengan dueño”. Por el contrario, se trata de reconocer la existencia de nuevas ciencias que se definen por un proyecto de conocimiento y no por un objeto de conocimiento.

Según R. Follari, la nueva reflexión epistemológica “es un ejercicio ligado a la actividad científica, que no se funde plenamente con ésta. De manera que encontramos una epistemología general, que reflexiona sistemáticamente acerca de las ciencias con el auxilio de éstas, y epistemologías disciplinares, que expresan la autoconciencia conceptual de cada disciplina”.

Para H. Simon (Premio Nobel 1978), la administración (ciencia práctica) se diferencia por su objeto de la sociología de la administración (ciencia teórica). Esta última elabora proposiciones acerca de cómo se com-

portan los seres humanos en las organizaciones, mientras que la primera contiene proposiciones sobre “cómo se comportarían los hombres si desearan que su actividad llegase a la máxima consecuencia de los objetivos administrativos con medios escasos”. Según Simon, “si al investigar tropezamos con una afirmación ética, podemos separarla en dos partes, una fáctica y otra ética, y solamente lo fáctico tiene importancia para la ciencia”.

Ya en 1893, Maurice Blondel rechazaba la idea de una ciencia de la práctica y proponía una ciencia de la acción: “Una ciencia de la práctica debería formular normas de conducta, la acción es demasiado compleja para guiarse de esa forma. No se trata de dar una solución posible a un problema, sino de realizar un proyecto deseable”. El pensamiento de Blondel lo rescató J. L. Le Moigne, quien vaticina que “cuando el positivismo deje de dominar las instituciones científicas, las ciencias de gestión se convertirán en ciencias de las ingenierías sociales”.

Sin más preámbulo y superada, a nuestro criterio, esta levedad epistemológica sobre las ciencias de gestión —o por lo menos es la convicción que tenemos una comunidad creciente de administradores de empresas en los ámbitos local, nacional e internacional sobre el significado de las ciencias administrativas—, nos atrevemos a plantear este artículo científico disciplinar.

## METODOLOGÍA PARA APLICAR CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA

### Partir de una identidad propia en administración y gerencia

A continuación se esbozan, en forma general, los propósitos para señalar las bases teórico-conceptuales del análisis sobre ciencia y tecnología (C&T) en el ámbito de la administración y la gerencia dentro de la relación academia-empresa-Estado, por un lado; y por otro lado, se esbozan, también en forma general, los criterios y condiciones conjuntas que deben cumplir los ejercicios de prospectiva en el campo de la ciencia dirigida a la administración y la gerencia, con el fin de que se desarrolle un caudal de discernimiento que permita la transferencia de conocimiento científico en el marco de experiencias innovadoras permanentes, todo orientado a buscar mejores decisiones empresariales para beneficio de la calidad de vida de los seres humanos.

Es necesario plantear y construir ciertas directrices estratégicas para una actuación administrativa y gerencial en esa dirección en un futuro cercano, además de formular premisas que se fundamenten en un consenso mínimo con prospectiva en ciencia y tecnología (C&T) a desarrollar entre los representantes de la tríada academia-empresa-Estado. De esta tríada deben formar parte también las firmas consultoras, centros o unidades de investigación y desarrollo (I+D), la comunidad científica y segmentos de profesionales de la sociedad civil (intelectuales).

Al integrar estos elementos al análisis, el espectro temático se amplía y, a la vez, se flexibiliza. En relación con la delimitación espacial y temporal, es necesario el reajuste investigativo permanente de las condiciones siempre cambiantes de la realidad científica en administración y gerencia, con el propósito de aprovechar los desarrollos dados a conocer sobre resultados o soluciones que están en la frontera de avance de la capacidad científica y tecnológica y aplicarlos íntegramente en la transferencia de conocimiento.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y PROSPECTIVA DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA

### Sobre la motivación teórico-conceptual

Para liderar el desarrollo en este campo, que es a largo plazo, debemos transferir los hallazgos en conocimiento desde las ciencias administrativas, a través de la gestión del conocimiento en administración y gerencia, hasta la realidad socioeconómica para acelerar el circuito de las novedades desde los proyectos a mediano y corto plazos hasta la práctica tecnológica y de allí a las líneas de producción, de servicios o de comercialización y, en última instancia, a las pautas del consumo. Interconectar este trabajo de prospectiva implica una dinámica permanente de cambio, teniendo como fundamento dinámico el concepto ilimitado de las innovaciones.

Cabe pensar así en la necesaria e insustituible articulación academia-empresa-Estado, añadiendo como elementos claves la preocupación por la obtención de resultados reales con criterios de equidad social, atención a las necesidades sociales y observancia de los derechos humanos como beneficios explícitos de los proyectos específicos en C&T. En estas circunstancias,

hay que considerar una amplia variedad cambiante de entornos y contextos diferentes del propio avance de los límites actuales del conocimiento, tanto científico como tecnológico, los que exigen continuos reconocimientos y evaluación.

La casi totalidad de la literatura técnica sobre C&T apunta al desarrollo tecnológico y al incremento de la competitividad. Por tanto, es necesario incorporar el argumento de la equidad en el elemento del componente científico y el aumento de la eficiencia, con el fin de abordar cuestiones de ciencia en administración y gerencia que actualmente se conocen limitadamente y permanecen periféricas en la bibliografía sobre el tema.

Existe cierto consenso generalizado en que un sistema de C&T exige un sólido proceso de educación formal, tanto de la fundamental, la mediana y la superior, como de la complementaria (cursos de especialización, extensión y profesionales a diferentes niveles) y perfeccionarse para su consolidación en investigación propiamente dicha (doctorado).

En este caso, para la construcción y el desarrollo de las ciencias administrativas se precisa la estructuración de un doctorado específico en gestión del conocimiento en administración y gerencia, como componente fundamental y definitivo de la presente propuesta de avance en este campo. El perfil exigido para la conformación del grupo que va a cursar el doctorado mencionado y continuar como el grupo investigativo principal de la propuesta de investigación debe ser supremamente exigente y estar integrado exclusivamente por administradores de empresas, sin excepción, y con especializaciones o maestrías en talento humano, finanzas, mercadeo, sistemas de información, producción y servicios.

Según lo expresado, se puede concluir parcialmente que la generación y la transmisión de conocimientos deben culminar en aplicaciones útiles, más para atender las múltiples necesidades sociales y humanas y vislumbrar pautas estratégicas de desarrollo más extensas, que trasciendan las materias y los conceptos más frecuentes en C&T, que en las innumerables demandas efectivas del mercado, así su aplicación efectiva y directa se desarrolle en las empresas.

Por este motivo se presenta actualmente la urgencia de definir por donde acelerar el paso para acercarse a algunos puntos de la frontera del saber científico en administración y gerencia, lo que debe formar parte de

las agendas en la tríada academia-empresa-Estado, y saber también cómo el nuevo conocimiento puede colaborar para la formación de capital social en ámbitos de no mercado, donde la sociedad civil puede trabajar para resolver problemas comunes, aunque esto seguramente implique, de inmediato, contradictores y la aparición de problemas y requisitos técnicos, además de otros de carácter esencialmente político en el sentido de que se deba considerar que es potestad del Estado como entidad que representa la nación y, por otro lado, por cuanto el Estado se considera el agente de interacción de todos los actores sociales, lo que es inexorable e insustituible.

### **Sobre la exploración de criterios**

De acuerdo con estos planteamientos, para definir la actuación de la gestión del conocimiento en administración y gerencia es impracticable puntualizar criterios exhaustivos o criterios que sean alternativos, pero de todos modos éstos deben contener algún tenor de arbitrio para que cada decisión de acción se someta a la aplicación conjunta y juiciosa de todos los criterios que sean solidariamente seleccionados y que emergen del desarrollo de las ciencias administrativas, manteniendo así la mirada en la vanguardia de la frontera en este campo.

La socialización de propuestas de investigación en el marco del doctorado en administración y gerencia mencionado y que forma parte de otra idea de trabajo, es un buen foro para construir nuevos conocimientos en gestión, nuevos estilos directivos y nuevas formas de formar a los futuros directivos.

El conocimiento científico en administración y gerencia ha de atender integralmente tanto a criterios específicos de las finanzas, los mercados, la gestión del talento humano, el desarrollo de los sistemas de información, los procesos de producción y el desarrollo de los servicios en el marco de los procesos administrativos, como a esquemas de validación del conocimiento que surgen de las matrices disciplinarias y de los programas de investigación.

En el mismo sentido, las comunidades científicas generan permanentemente conocimiento sistemático válido, con parámetros disciplinarios bien definidos, que puede ser aplicable de modo inmediato (tecnología) o mediato (teoría), o incluso en algunos casos no aplicable.

Analizando la realidad en este contexto, concluimos que ésta es altamente compleja, dinámica e interactiva y no está dada de una vez, como algo neutro y objetivo, sino que se va construyendo a través de la interacción humana y está sujeta a la interpretación subjetiva. Cabe reconocer que la subjetividad es fuente inagotable de conocimiento y la realidad es el producto de negociaciones entre actores sociales que viven circunstancias históricamente definidas.

Por todas estas razones, es importante identificar que un gerente es un práctico y no un científico que está dedicado a una labor específica y no a una intención de pensamiento accesible, por lo que no puede partir sólo de su propia visión de la realidad para emprender un proyecto sino que debe estar abierto a lo que otros están percibiendo como su realidad y negociar con ellos cuál es el punto de partida (realidad actual), con el objeto de definir las metas y acciones que hay que seguir.

Esto implica que cada persona puede interpretarse como una síntesis social que integra a su vida aspectos relevantes de la totalidad social, pero que aporta también elementos para modificar esa realidad, aunque sea a pequeña escala. La realidad no moldea a los seres humanos pasivos, sino que se genera a través del pensamiento y la acción de éstos.

De esta manera, el gerente supone que el accionar de las personas, según sus creencias y concepciones básicas, conlleva una modificación de la realidad en múltiples niveles. Como consecuencia de esto, el conocimiento se construye desde los grupos humanos, desde su óptica, desde su lenguaje y debe ir más allá, intentando desentrañar y explicitar el sustrato cognitivo básico de los grupos humanos con los que interacciona. Más que construcciones personales, se trata de interacciones grupales, donde la cultura se va generando en la interacción cotidiana, lo que permitirá hacer visibles el desarrollo y el avance de las ciencias administrativas.

### **PARTICULARIDADES SOBRE LOS PROCESOS NECESARIOS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA**

#### **Procesos estratégicos**

- Movilizar el talento humano en los ámbitos nacional e internacional con la intención de afianzar la

visión y comprensión de estructuras, procesos y estrategias empresariales en la búsqueda de compatibilizar las nociones que se tienen de representación y desempeño (debe contarse con el personal ya formado).

- Acercar los sectores academia - empresa - Estado para dinamizar la gestión de unidades de interfaz entre el sector del conocimiento, el sector productivo y el sector estatal (con base en acuerdos iniciales existentes).
- Definir las políticas de investigación sobre un enclave científico.
- Reconocer y consolidar la institucionalidad del conocimiento.
- Promover la cultura de la innovación, prospectiva y creatividad de las empresas y las instituciones generadoras de saber instaladas en el enclave científico y asociadas a él.
- Crear, conseguir y gestionar eficazmente los activos intelectuales necesarios para alcanzar objetivos y estrategias.
- Favorecer el desarrollo de la cultura de la búsqueda científica en el contexto de las tendencias mundiales.
- Contribuir al crecimiento y consideración, como objetivo superior, del Índice de Desarrollo Humano (IDH) y lograr su consolidación como indicador mundial.
- Participar activamente en la Comisión Regional de Ciencia y Tecnología y en los Consejos de Programas Nacionales para potenciar, multilateralmente, la infraestructura nacional de C & T y contribuir al desarrollo regional, nacional e internacional.
- Armonizar sinergias en busca de la integración entre el sistema de educación nacional y el sistema de ciencia y tecnología.

### Procesos tácticos

- Brindar apoyo intelectual a la formación de capital humano de alto nivel para el desarrollo de la investigación e innovación científica en administración y gerencia que contribuya al fortalecimiento de los sectores agrícola, industrial, comercial y empresarial y, consecuentemente, a la sostenibilidad del medio ambiente.
- Activar procesos de comunicación y transferencia del conocimiento a través de catálogos de conoci-

miento, foros de transferencias y mapas de conocimiento (se deben aprovechar los ya realizados).

- Gestionar la conformación de redes y su integración a redes de conocimiento e innovación. (Puntualizar con la información existente).
- Crear comunidades de aprendizaje que permitan conformar clústeres de conocimiento y una identidad de competencias distintivas (identificar y decidir con las existentes).
- Catalogar la homologación de prácticas de gestión del conocimiento que permita una adaptación dinámica y permanente a los cambios constantes.
- Promocionar y estimular la innovación significativa para el logro efectivo del patentamiento del conocimiento derivado de la I+D que pueda ser transable en los mercados mundiales (afianzar la valoración, validación y regulación sobre capital intelectual).
- Reservar espacios, lugares y tiempos informales para el pensamiento y la libre exposición de ideas (crear espacios adecuados en las infraestructuras físicas).

### Procesos operativos

- Participar permanentemente en eventos académicos (afianzar continuidad).
- Formar investigadores de alto nivel (afianzar continuidad).
- Crear indicadores de ciencia y tecnología.
- Eliminar duplicidades de esfuerzos en la búsqueda de objetivos (documentar medición).
- Alcanzar, con los medios disponibles, objetivos de más alto nivel con logros superiores y sin costos adicionales (medir eficiencia y eficacia).
- Estructurar y editar un *journal* sobre un clúster de administración y gerencia (participación conjunta con varias publicaciones existentes).
- Proponer, facilitar y gestionar actividades relacionadas con el conocimiento y los procesos para la creación, captura, transformación y uso de éste en actividades y programas que requieren gestión eficaz de capital intelectual.
- Desplegar un enfoque de innovación y desarrollo a través de la formación y capacitación del talento humano y el desarrollo de nuevos productos y servicios.
- Aplicar la tecnología para organizar la gestión del conocimiento administrativo y gerencial en el orde-

namiento de los procesos de búsqueda e indexación, gestión documental, administración de contenidos e integración de aplicaciones.

## CONCLUSIONES

Las ciencias de la administración tienen pautas significativas de progreso y capacidad predictiva que permiten el abordaje del análisis, exégesis y construcción de directrices hacia interpretaciones científicas, sin que sólo exija que se aplique el método científico. Esta es una afirmación de pensadores actuales que forman parte de las nuevas generaciones de administradores de empresas, imbuidos en los avances de la ciencia y tecnología del siglo XXI, que valoran los aportes estructurales del pasado e históricos emitidos desde diferentes ángulos, para que sean interpretados como epistemológicos o filosóficos y en sus órdenes teórico, conceptual o metodológico.

Ciencia y tecnología son parte de la nueva realidad social, económica, política y cultural de la humanidad en los ámbitos local, nacional e internacional. El problema más recurrente radica en que el significado de ciencia y tecnología no se ha interpretado en su verdadera dimensión y, a nivel global, se han dado diversas definiciones que exteriorizan confusión. La ciencia es la construcción de conocimiento y la tecnología es la transformación de ese conocimiento en beneficios para la humanidad. Así de simple. Y no al contrario, como lo expresan múltiples entidades y organismos que difunden ciencia y tecnología.

En el campo de la administración y gerencia, la ciencia implica que se faciliten desarrollos significativos e inferencias en la gestión del conocimiento para construir estructuras de pensamiento que potencien el capital humano y el capital intelectual hacia discernimiento científico que sea aplicado por la tríada academia-empresa-Estado para la transferencia de conocimiento y armonización de sinergias en el avance del desarrollo organizacional. Aquí cabe confirmar que el fundamento de esta tesis está basado en la idoneidad e innovación que se debe llevar implícita desde el mismo planteamiento científico, en este caso desde administración y gerencia, con un continuo reconocimiento y evalua-

ción de la actividad investigativa que salvaguarde la sostenibilidad y el crecimiento de aportes significativos a las ciencias administrativas o de gestión.

Por tanto, es necesario que se concrete en acciones la interpretación de la gestión del conocimiento en las ciencias administrativas, mediante la ejecución permanente de procesos estratégicos, tácticos y operativos que coadyuven a que iniciativas, propuestas y proyectos viabilicen la institucionalidad del conocimiento. Con esta intención, como base fundamental, es posible cimentar la construcción de un enclave científico en administración y gerencia que haga posible la interrelación y convivencia de comunidades científicas con la tríada academia-empresa-Estado para la transferencia de conocimiento en un marco investigativo propicio dentro del entorno social, económico, político y cultural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Bunge, M. (1993). Status epistemológico de la administración. En J. J. Ader (comp.) y otros. *Organizaciones*. Buenos Aires: Paidós, p. 52.
- 2) Alós-Moner, A. (2007). Diez años después en gestión del conocimiento: lecciones aprendidas. *Anuario ThinkEPI*, pp. 134-137.
- 3) Arbonías, Á. (2008). El clúster del conocimiento en gestión empresarial. [www.gestiondelconocimiento.com](http://www.gestiondelconocimiento.com).
- 4) Ramos, A. (2009). Clústers y el conocimiento profundo de Deming.
- 5) *Documento comunidad clúster*, N.º 3 (2008). Transferencia de conocimiento: buenas prácticas de clúster. Medellín.
- 6) *Documento comunidad clúster*, N.º 5 (2009). Avances de la estrategia clúster en Medellín y Antioquia. Medellín.
- 7) Malvicino, S. (2010). La gestión del conocimiento y la mejora de los sistemas de gestión integrados. Santa Fe (Argentina).
- 8) Kliksberg, B. (1992). *El pensamiento organizativo*. E. Norma-Tesis.
- 9) Costa-Filho, A. (2005). Educación superior y transformación productiva (Educación Superior para la Transformación Productiva con Equidad en América Latina). Bogotá: Convenio Andrés Bello, Colciencias-Onicyt-Organismos Nacionales de C&T del Convenio Andrés Bello.
- 10) Nonaka, T. (1995). Creación del conocimiento. Fundación Iberoamericana del Conocimiento (FIC). [www.gestiondelconocimiento.com](http://www.gestiondelconocimiento.com).
- 11) Nonaka, I. (2003). La empresa creadora de conocimiento. *Harvard Business Review*. Deusto.
- 12) Valencia, A. Enclave de conocimiento. [es.geocities.com/gecoxi/av.htm](http://es.geocities.com/gecoxi/av.htm).
- 13) Tenti Fanfani, E. (2001). En casa de herrero, cuchillo de palo: la producción y uso de conocimiento en el sector educativo. Buenos Aires: IIPE.