

Revista de Investigación (Arequipa) ISSN versión impresa 2309-6683  
Rev. Investig. (Arequipa. En línea) ISSN versión electrónica 2309-6691

REVISTA DE  
INVESTIGACIÓN

Año 2016  
Volumen 7



REVISTA DE INVESTIGACIÓN

Dirección de Investigación de la Universidad Católica San Pablo

Revista de Investigación (Arequipa) / Rev. Investig. (Arequipa. En línea)

Año 2016, Volumen 7

Esta revista se encuentra indexada en:



**e-revist@s**

© Dirección de Investigación

Universidad Católica San Pablo

Urb. Campiña Paisajista s/n, Quinta Vivanco, Cercado. Arequipa (Perú).

Teléfono: (51-54) 60-8020, anexo 320

fondoeditorial@ucsp.edu.pe

Adrus D&L Editores S.A.C.

Av. Tacna 535 Of. 704-B

Lima - Perú

Teléf. 01-4016451

adrusdyleditores@hotmail.com

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú, N° 2010-10145

ISSN versión impresa 2309-6683

ISSN versión electrónica 2309-6691

No está permitida la reproducción parcial o total del presente texto,  
a excepción de lo contemplado en el decreto legislativo 822.

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

Dirección de Investigación de la Universidad Católica San Pablo

Revista de Investigación (Arequipa) ISSN versión impresa 2309-6683

Rev. Investig. (Arequipa. En línea) ISSN versión electrónica 2309-6691

DIRECTOR:

Alejandro Estenós Loayza

EDITOR ASISTENTE:

Walter Arias Gallegos

DIAGRAMACIÓN:

José Luis Vizcarra Ojeda

CORRECCIONES:

María del Pilar Carreño Gutiérrez

TRADUCCIONES:

Ana Lucía Núñez Cohello

COMITÉ EDITORIAL:

Miguel Salazar Steiger. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Fernando Valle Rondón. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Ermanno Pavesi. Gustav-Siewerth-Akademie di Weilheim-Bierbronnen, Suiza.

Gonzalo Fernández del Carpio. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Marcio Soto Añari. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Hernán Muszalski. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Evandro Agazzi. Universidad Panamericana de México, México D. F., México

COMITÉ DE REVISORES NACIONALES:

José Chávez-Fernández. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Álvaro Fernández. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

Enrique Gordillo. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Omar Gallegos. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Patricia Castillo. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú

Pablo García. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Óscar Díaz Becerra. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

José Antonio Benito. Universidad Sede Sapientae, Lima, Perú.

Jenny Quezada. Universidad Femenina del Sagrado Corazón, Lima, Perú.

Gustavo Sánchez. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

COMITÉ DE REVISORES INTERNACIONALES:

Víctor Olivares. Universidad de Santiago de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Cristian Loza. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Ingolstadt, Alemania.

Iván Darío Garzón. Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia.

Carlos Hoevel. Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina.

José Pérez Adán. Universidad de Valencia, Valencia, España.

María Iglesia. Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

Luis Javier Montoya. Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

Juan Pablo Manrique. Universidad Gabriela Mistral, Santiago de Chile, Chile.

Fernando Pliego. Universidad Autónoma de México, México D. F., México.

Enrique Cassagne. Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina.

# Índice

Presentación .....	7
El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias ..... <i>Luis Bravo Valdivieso</i>	11
Minería y empresa en Arequipa. Las minas de Caylloma durante el siglo XIX <i>José Víctor Condori</i>	31
Cuestionario de Satisfacción S21/26: Análisis psicométrico preliminar en trabajadores administrativos .....	51
<i>Sergio Alexis Domínguez-Lara, Gustavo Calderón-De la Cruz y Fiorella Arroyo-García</i>	
Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos.....	69
<i>Efraín Mayhua-López, Jimmy Ludeña-Choez, Jorge Tamayo-Bedregal, Mavileine Cuba-Reyes, Ángela Nuñez-Zambrano, Noelia Gonzales-Ale y Daniel Lozada-Herrera</i>	
Modelo de juez complejo y Estado Constitucional de Derecho .....	93
<i>Jaime Francisco Coaguila Valdivia</i>	
La santa trinidad y tres interacciones físicas básicas.....	123
<i>Marián Ambrozy</i>	
Normas para la presentación de artículos de investigación para publicarse en la Revista de Investigación de la Universidad Católica San Pablo .....	135

# | Index

Presentation .....	7
The Mathematics Learning: Cognitive Psychology and the Neurosciences .. <i>Luis Bravo Valdivieso</i>	11
Mining and Company in Arequipa. The Mines of Caylloma during the Nineteenth Century .....	31
<i>José Víctor Condori</i>	
S21/26 Job Satisfaction Questionnaire: Preliminary psychometric analysis in administrative workers.....	51
<i>Sergio Alexis Domínguez-Lara, Gustavo Calderón-De la Cruz</i> <i>&amp; Fiorella Arroyo-García</i>	
Automatic Drip Irrigation System by using a Wireless Sensors Network... <i>Efraín Mayhua-López, Jimmy Ludeña-Choez, Jorge Tamayo-Bedregal,</i> <i>Mavileine Cuba-Reyes, Ángela Nuñez-Zambrano, Noelia Gonzales-Ale</i> <i>&amp; Daniel Lozada-Herrera</i>	69
Judge Complex Model's and Constitutional Law State .....	93
<i>Jaime Francisco Coaguila Valdivia</i>	
The Most Holy Trinity and Three Basic Physical Interactions.....	123
<i>Marián Ambrozy</i>	
Instructions for presentation of papers to publish in Universidad Católica San Pablo Research Journal.....	135

## Presentación

Tengo el honor de dirigir estas breves líneas presentando el sétimo número de la Revista de Investigación de la Universidad Católica San Pablo, editada de forma anual y desde sus inicios —hace ya algunos años— con gran esmero, rigurosidad académica y grandes expectativas. Quisiera aprovechar esta privilegiada ocasión para presentarles una breve reflexión sobre la investigación en las aulas universitarias.

Mucho se habla hoy —y en el marco de la nueva normatividad universitaria de nuestro país— acerca del importante rol que juegan las universidades en el desarrollo económico, social y cultural. Surge así con más fuerza la exigencia de realizar investigación en las universidades. La formación de profesionales parece ya no ser el único fin de las instituciones de este tipo, o al menos esta, al parecer, no debe ser llevada de la misma forma en que se ha hecho hasta hoy. Se habla, por ejemplo, de universidades de investigación versus aquellas que solo están dedicadas a enseñar (profesionalizantes), como dos modelos polarizados y separados que casi no tienen oportunidad de encuentro.

Aunque no quisiera incursionar en la discusión sobre los modelos universitarios, es necesario preguntarnos si realmente debería existir tal dicotomía entre investigación y enseñanza, al menos en lo concerniente al rol de una universidad. ¿Es posible pensar que una universidad de investigación no es de enseñanza y que una universidad de enseñanza no es de investigación? ¿Desde cuándo la universidad de pronto se siente en la necesidad de ubicarse en uno de estos dos extremos?

Volviendo a los orígenes, por encima de cualquier definición que se pueda ensayar, la universidad es la *universitas magistrorum et scholarium*, una comunidad de profesores y estudiantes. En esta comunidad, el *professor* es el que “profesa” como maestro en alguna ciencia —al igual que aquel que profesa en una orden religiosa— y para alcanzar tal rango, debe haber estudiado tal ciencia para realizar su actividad como maestro. Por ser los profesores quienes enseñan a los estudiantes (*scholarium*), ellos constituyen las piedras angulares en la vida universitaria. Finalmente, los estudiantes participan de manera protagónica y activa en el camino de esta comunidad hacia el saber, pues guiados por sus maestros recorren la ruta hacia el conocimiento de su propia disciplina.

Ahora bien, aunque la búsqueda de la verdad (investigación) en las respectivas áreas del saber no es exclusiva de los profesores —pues también la recorren los estudiantes—, el liderazgo en la búsqueda del conocimiento y su difusión está indudablemente en manos de ellos, casi exclusivamente. Pues para ser maestro se debe transitar previamente el camino de la ciencia que se profesa y, por lo tanto, él mismo debe experimentar en primera persona su encuentro con la verdad. Dado que el enseñar consiste en mostrar las señales (*in signare*) de aquello que se ha descubierto, siguiendo los vestigios de algo (*in vestigare*), es el profesor investigador, entonces, el capaz de conducir a otros en el camino del conocimiento, llegando a ser así el que mejor puede transmitir en primera persona esta vivencia.

Es en este punto donde humildemente propongo que encontremos la profunda relación entre la investigación y la enseñanza. En primer lugar, es necesario que eliminemos la polarización entre “universidad de investigación” y “universidad de enseñanza”, porque solo existe un tipo de universidad, aquella que integra armoniosamente ambos aspectos. También desmitifiquemos la creencia de que hay una diferencia entre el “profesor investigador” y el solo “profesor” (docente, enseñante), porque de acuerdo a lo que acabamos de revisar, es imposible la enseñanza sin hacer investigación. Además, añadiría que no es posible la investigación sin la enseñanza, ya que se eliminaría totalmente el espíritu de comunidad y de búsqueda conjunta de la verdad de la universidad.

¿Y cómo podemos ser mejores profesores? Sobre esto mucho se debe haber discutido, pero un reciente estudio realizado por investigadores españoles en su país muestra que los mejores profesores suelen ser aquellos que realizan investigación y publican trabajos científicos (García-Gallego et al., 2015). El estudio atribuye estos resultados a que «los investigadores tienen mejor criterio para elegir qué temas abordar en la docencia, y mayor acierto y rigor por los continuos filtros y controles a los que está sujeta su actividad científica». Tales resultados no deberían sorprender, si entendemos que la búsqueda de la verdad es una actividad fundamental del maestro universitario, que le imprime un constante dinamismo renovador a su enseñanza.

Cierro esta reflexión expresando que es una garantía para nosotros que, desde la identidad católica de nuestra Universidad, la búsqueda de la verdad y la enseñanza sean nuestros pilares fundamentales, al lado de la proyección a la sociedad. Así también, acogiendo el mandato de la *Ex Corde Ecclesiae*, buscamos que la actividad investigativa integre el saber y propicie el diálogo entre la fe y la razón, desde una preocupación ética y una perspectiva teológica. Esta forma de aproximación a la realidad en cada uno de los saberes es el marco en el que se desarrolla esta revista de investigación, la cual presentamos en este nuevo nú-



mero con gran alegría al mundo académico, y esperamos que el contenido de los artículos signifiquen realmente aquella puerta entreabierta hacia la verdad que sus autores han querido generosamente entregarnos.

Dr. Gonzalo Fernández Del Carpio  
Director de Investigación de la Universidad Católica San Pablo

***Referencias***

García-Gallego, A.; Georgantzis, N.; Martin-Montaner, J. y Perez-Amaral, T. (2015). (How) Do research and administrative duties affect university professors' teaching? *Applied Economics*, 47(45), 4868-4883. DOI: 10.1080/00036846.2015.1037438

# El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias

Luis Bravo Valdivieso

*Psicólogo por la Pontificia Universidad Católica de Chile  
en la que actualmente es Profesor Principal.*

*Doctor en Psicología por la Universidad Católica de Lovaina  
y Especialista en discapacidades del aprendizaje, fundamentalmente dislexias.*

*Es autor de diversos artículos en estos temas  
y ha publicado varios libros, entre los que podemos mencionar*

*Psicología de las dificultades del aprendizaje escolar,*

*Dislexias y retraso lector, Lenguaje y dislexias,*

*Lectura inicial y psicología cognitiva.*

*Ha sido galardonado con el Premio Nacional de Psicología  
por el Colegio de Psicólogos de Chile.*

Contacto: [abravov@uc.cl](mailto:abravov@uc.cl)



# El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias

## The Mathematics Learning: Cognitive Psychology and the Neurosciences

Luis Bravo Valdivieso

*Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile*

Recibido: 19-09-2016

Aceptado: 20-10-2016

### **Resumen**

Este artículo tiene por objetivo revisar algunas investigaciones sobre el aprendizaje escolar de las matemáticas desde la perspectiva de la Psicología Cognitiva y de las Neurociencias de la Educación. La Psicología Cognitiva dio a conocer los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje pre escolar de los conceptos de cantidad, de número y del cálculo que los niños deben aprender a efectuar en un contexto semántico. Las investigaciones en Neurociencias mostraron las áreas y procesos cerebrales involucrados en este aprendizaje así como su relación con algunas áreas del desarrollo del lenguaje.

### **Palabras clave**

Neurociencias de la educación, psicología cognitiva, lenguaje escrito, cálculo, educación.

### **Summary**

The aim of this article is to review the researches on the learning of mathematics in the school from the perspective of the Cognitive Psychology and the Neurosciences of Education. The Cognitive Psychology showed the cognitive processes inserted in the learning of the numbers, quantities and the processes of calculation during the preschool years. The researches in Neurosciences showed the areas and brain processes associated with this learning and their relations with some psycholinguistics processes.

### **Key words**

Neurosciences of education, cognitive psychology, written language, calculation, education.

### **Introducción**

El aprendizaje de las matemáticas es un tema clave en el desarrollo de las ciencias y de nuestra cultura. El origen de la Psicología como ciencia autónoma a comienzos del siglo

XX dio una orientación especial a la enseñanza del cálculo matemático al investigar el origen y evolución de los procesos mentales infantiles. Actualmente su conocimiento se ha enriquecido con los aportes de la Psicología Cognitiva y de las Neurociencias de la Educación. En Psicología, han sido clave las investigaciones de Piaget e Inhelder (1941), y Piaget y Szeminska (1941) quienes desde hace más de 70 años, mostraron cómo los niños desarrollaban los procesos psicológicos del aprendizaje de las matemáticas y asociaron el aprendizaje operacional de los conceptos de *cantidad*, de *número* y de *cálculo* con el desarrollo mental de los procesos metapsicológicos y del lenguaje. Desde el punto de vista cognitivo y pedagógico, indicaron que los conceptos de mayor relevancia para el aprendizaje inicial de las matemáticas son la comprensión de las cifras o números, los conceptos de unidad y pluralidad, adición y sustracción, el ordenamiento cuantitativo y espacial, las proporciones y la seriación. Sus investigaciones marcaron profundamente el desarrollo de la psicopedagogía y las metodologías de enseñanza.

Con el desarrollo de la neuropsicología, especialmente de la *Neuropsicología de la Educación* (Goswami, 2004; Bravo, 2014). Dehaene (2007, 2011) describió detalladamente los procesos neuropsicológicos involucrados en el desarrollo infantil del cálculo matemático y expresó que tanto los psicólogos como los neurobiólogos han buscado comprender cómo emergen desde temprana edad estas funciones cognitivas en la compleja arquitectura del sistema nervioso central.

Recientemente, Arstein (2014), publicó un amplio estudio histórico sobre el desarrollo de las matemáticas desde la perspectiva de la evolución humana. Considera que los conceptos matemáticos son innatos y dependen de determinadas áreas cerebrales asociadas con el desarrollo del lenguaje. También agrega que en el procesamiento cerebral de la información matemática, durante la etapa inicial, se producen distintos niveles de complejidad entre el reconocimiento de las diferencias cuantitativas en los tamaños, las cifras iniciales (uno, dos, tres...) y su asociación mental, lo que implica que hay una interacción de distintas áreas cerebrales. En este punto coincide con las investigaciones efectuadas anteriormente por Vygotsky (1931, citado por Valsiner y Van der Veer, 2000), que muestran que en las etapas más tempranas de la evolución «existían sistemas para contar que hacían uso de medios externos tales como partes del cuerpo o cuerdas con nudos» (p. 50). Según la teoría de Vygotsky, el desarrollo psicológico se produce en una interacción de los procesos cerebrales con los procesos socios culturales y educacionales. En consecuencia, el aprendizaje matemático comenzaría en los niños por una interacción entre el desarrollo del lenguaje y la acción pedagógica.

Radford y André (2009) también asocian el desarrollo del aprendizaje de las matemáticas con el desarrollo del lenguaje y expresan que «los estudios que se centran en la evolución histórica del cerebro (filogénesis) y su desarrollo durante el transcurso de la vida del individuo (ontogénesis) pueden enriquecer nuestro conocimiento sobre el desarrollo de los conceptos en el transcurso del tiempo (la epistemología histórica del saber)...» (p. 240). Indican también que «la aparición del lenguaje, primero oral y después escrito, transforma radicalmente la aritmética elemental o innata; así, con la inclusión de las palabras “uno”, “dos”, “tres”, etc. en el vocabulario del niño (...) surgen nuevas posibilidades que van más allá de la comparación perceptiva de objetos» (p. 240). Geary (2015) indicó que la verbalización del conocimiento de las cifras y su relación con los objetos son un paso inicial para la comprensión de los conceptos de cantidad. Sin embargo; agrega que la relación observada en investigaciones en pre escolares entre el conocimiento de lo impreso y la numeración temprana «es curiosa» [*«is intrinsig»*] y ha sido asociada con una habilidad general infantil para «comprender los símbolos escritos» pues han encontrado una estrecha asociación en pre escolares entre el aprendizaje inicial de las letras y el aprendizaje de los números (Geary, 2015; van Marle y col., 2014) y recientemente, Koponen, Salmi, Torppa, Eklund, Aro T., Aro M., Poikkeus, Lerkkanen y Jari-Erik (2016) encontraron que tanto la habilidad para contar como la velocidad de nominar (RAN) son poderosos predictores del aprendizaje de la aritmética y de la fluidez de la lectura, lo cual señala que habría procesos cerebrales interconectados en el aprendizaje formal del cálculo y del lenguaje escrito. Coinciden con Martínez (2015) quien expresa que el proceso mental de aprendizaje de las matemáticas requiere la conexión con el conocimiento y manejo de «un lenguaje que le es propio y que está cargado de símbolos y abstracciones que deberán ser enseñados de manera gradual, respetando las etapas madurativas del cerebro del niño» (p. 8049).

### ***La elaboración mental del número y la cantidad***

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva y su aplicación pedagógica, la base seminal de la elaboración psicológica de los conceptos matemáticos en los niños fue elaborada por Piaget y Szeminska (1941); sobre la génesis del número, Piaget e Inhelder (1941) sobre el desarrollo de las cantidades. Posteriormente, Piaget (1950) y Piaget e Inhelder (1963) describieron la construcción lógica del concepto de número durante la etapa operatoria. En 1969, Piaget agregó que «la enseñanza de las matemáticas depende en gran parte de la idea que se tenga de ellas y, en consecuencia, de su epistemología» (p. 187) abriendo una nueva perspectiva psicopedagógica. Martí y Scheuer (2015) expresaron que para Piaget «lo operatorio es el elemento fundamental que define la construcción del número» (p. 10). Estiman que el aprendizaje del proceso operatorio de la

cantidad requiere del «componente semiótico», clave para el conocimiento matemático temprano pues requiere que los niños asimilen su significado cultural y educacional. Indican que «la matemática es una disciplina inseparable de un entramado semiótico especializado y de gran complejidad (...) sin el cual los conceptos matemáticos, tal como los conocemos, no existirían y no podrían enseñarse» (p. 16). En el proceso de esta etapa del aprendizaje la intervención psicopedagógica aparece como fundamental pues no basta con que los niños aprendan y memoricen cifras o cálculos, sino que los interpreten en un contexto semántico .

Para efectuar este proceso es indispensable el desarrollo paralelo del lenguaje y del pensamiento. Según Margolinas (2015) los niños aprenden la «manipulación del lenguaje matemático» a partir del descubrimiento de los números, de su utilidad, secuencia y organización, los mismos que pueden ser expresadas verbalmente; versión distinta a la posición de Piaget. Spelke (2000) también estima que «cuando los niños y adultos construyen nuevas habilidades, las elaboran en sistemas de componentes cognitivos que ya tienen una larga historia ontogenética y filogenética» (p. 1233), coincidiendo con Carey (2011) quien lo describe como «*Core Knowledge System*», o «sistema nuclear de conocimiento», que los niños van elaborando progresivamente con el aprendizaje; considera que aprender el lenguaje oral de los números y la rutina de contar les permite combinar sus representaciones de los objetos con su cantidad, construyendo así «un nuevo sistema de conocimiento del número» (p. 1238). Para Carey (2011) el desarrollo de los conceptos matemáticos tiene una representación primaria innata, que es el punto de partida de los aprendizajes siguientes y que configurarían el sistema conceptual adulto, define los conceptos como símbolos mentales que son «unidades del pensamiento» (p. 113). El desarrollo conceptual de las diferencias entre el proceso inicial infantil y las representaciones conceptuales en las etapas posteriores con los mecanismos de aprendizaje contribuyen a explicar la elaboración de los procesos cognitivos que el cerebro debe realizar durante el aprendizaje de las matemáticas. Ellos están determinados, en gran medida, por el proceso educacional. Los procesos de automatización y de atención son claves para establecer este aprendizaje (Piazza, Pica, Izard, Spelke & Dehaene, 2013).

En 2013, Vargas confirmó que «la capacidad de pensamiento matemático elemental tiene bases biológicas relacionadas con el desarrollo de sistemas somato sensoriales complejos como la visión, la audición y el tacto. Estos procesos no son exclusivos de los seres humanos, pues están presentes en invertebrados y vertebrados» (p. 38), confirmando las bases biológicas subyacentes al desarrollo del pensamiento matemático. Los aportes de las investigaciones en neurociencias de Sigman, Peña, Goldin Ribeiro (2014) también confirmaron que el cerebro infantil presenta características



biológicas genéticas que activan diferentes áreas cerebrales; por otro lado Rodríguez Scheuer (2015) coinciden con Carey (2011) en que los niños nacen con una «cognición nuclear» diferente del concepto de «construcción» propiciado por Piaget (p. 32) la que sería la raíz neuropsicológica del futuro aprendizaje matemático.

Los trabajos de Wynn (1992, 1995) mostraron que los niños de cinco meses de edad ya pueden discriminar entre pequeñas cantidades, lo cual indica que a esa edad ya poseen nociones numéricas básicas de cantidades; así, se explica que la discriminación perceptiva puede determinar un proceso de «sub itemización» («*subitization*») o habilidad para cuantificar números pequeños sin efectuar el proceso de conteo. Es un proceso perceptivo que no implica todavía efectuar relaciones de secuencias o de tamaños entre los números. En consecuencia, según Wynn los niños de 5 meses ya «están dotados de manera innata con habilidades matemáticas» (Wynn, 1992). Posteriormente Xu y Spelke (2000) estudiaron a niños de 6 meses de edad, antes que desarrollaran completamente su lenguaje, mostrando que fueron capaces de discriminar entre conjuntos que diferían en número, en circunstancias que estas diferencias no podían atribuirse solamente a variables perceptivo visuales o a contar verbalmente sus componentes.

Estas investigaciones confirman que el cerebro de los niños que ingresan al sistema pre escolar ya posee un nivel de desarrollo cognitivo que les permite asimilar los números y las cantidades, reconociéndolas y memorizándolas. A partir de esta base innata, Fletcher (2009) considera que el proceso de aprender «literalmente reescribe la organización del cerebro» (p. 504) y las neuronas que reciben la información visual y auditiva del medio ambiente modifican sus conexiones sinápticas para procesar y asimilar las enseñanzas escolares. La actividad educacional estaría determinando la forma como el cerebro se desarrolla y establece nuevas conexiones sinápticas.

### ***Aportes de las neurociencias de la educación***

El progreso de las investigaciones en neurociencias de los procesos del aprendizaje ha contribuido a mostrar las modificaciones que se producen en las conexiones cerebrales y cuáles son las zonas corticales más involucradas. Ellas han dado origen a las «*Neurociencias de la Educación*», que según Szúcs y Goswami (2007) tienen por objetivo estudiar las «representaciones mentales en términos de la actividad neural del cerebro». Son resultantes de la combinación de «la neurociencia cognitiva y los métodos pedagógicos para investigar y utilizar el desarrollo de las representaciones mentales» (p. 114).

Las investigaciones en neurociencias sobre el aprendizajes de las matemáticas y la actividad cerebral involucrada, han sido enriquecidas con las nuevas técnicas de estudio del cerebro, (resonancia magnética funcional, potenciales evocados, magneto encefalografía, tomografía de emisión de positrones y otras), que han abierto nuevas hipótesis sobre el proceso de aprendizaje infantil de las matemáticas.

Los conocimientos derivados de las neurociencias, muestran que el aprendizaje de las matemáticas se origina en un proceso mental intuitivo pre-verbal; al cual, la experiencia y la educación dan una configuración lógica, para verbalizarse en números, cálculos, axiomas o teoremas. Dehaene (2007) propuso para esta etapa inicial el término «*proto matemáticas* en la cual el concepto de número precede a su verbalización» (p. 32).

Gracia-Bafalluy y Escolano-Pérez (2014) revisaron los conocimientos aportados por las técnicas de neuroimagen en la activación de áreas cerebrales. Expresan en resumen, que:

Los estudios sobre activación cerebral durante la realización de tareas numéricas en niños han señalado la participación del lóbulo parietal bilateral, el lóbulo frontal, la corteza prefrontal (asociada a las vías visuales, al funcionamiento ejecutivo y a la memoria de trabajo) (...) Además, los niños presentan una activación del surco intraparietal (SIP) derecho más anterior, así como una activación durante el procesamiento de cantidades no simbólicas. (p. 71)

Arstein (2014) y Dehaene (2011) en respectivos libros, coinciden que durante la evolución humana el cerebro fue estableciendo una relación entre el desarrollo del lenguaje y los conceptos pre-matemáticos. Desde el punto de vista de las neurociencias, Dehaene (2007) expresa que en el curso de su larga historia cultural, la humanidad ha descubierto que este podía reconvertir su sistema visual a fin de reconocer las cantidades en números y a lo largo de la historia, ya que el cerebro ha elaborado un sistema que le permite reconocer, recordar, asimilar cantidades y efectuar exitosamente la creación de los números. Estas funciones muestran que la experiencia pedagógica produce en los niños un aumento de las representaciones mentales y la elaboración de conceptos que activan selectivamente algunas regiones del cerebro, lo que les permite asimilar, asociar y comparar con mayor eficiencia las cifras y las cantidades.

La elaboración de nuevas *representaciones mentales* implica una actividad cerebral que codifica la información a través de nuevos procesos cognitivos, lo que requiere la interacción de varias redes neuronales interconectadas. Al respecto, Stern, Grabner, Schumacher, Neuper y Saalbach (2005) consideran que en el proceso psicopedagógico de enseñar y de aprender las matemáticas, la psicología cognitiva es un intermediario necesario entre la neurociencia

y la educación. La *representación mental de la magnitud* es el componente clave para este aprendizaje, el que no es solamente operacional (sumar, restar, obtener resultados...) sino semántico, en un sentido epistemológico de la comprensión del concepto de cantidad y también de su proyección espacial. En consecuencia, junto con la enseñanza de las cifras y de los procesos del cálculo, la educación inicial debe introducir al niño en el significado de las representaciones mentales que está creando (p. 106). Los estímulos educacionales que reciben los niños al hacer ejercicios matemáticos, se van abriendo camino en las neuronas a través de las sinapsis, configurando nuevas redes especializadas en la comprensión de los conceptos del cálculo y la cantidad. La activación de estas redes neuronales no busca solamente encontrar «respuestas a problemas matemáticos», en un sentido pedagógico conductista, sino una elaboración mental que configura y retiene nuevos conocimientos, como son el significado de las cifras, la comparación de los tamaños, de espacios o de cantidades, la elaboración de secuencias y logaritmos, que abarcan distintas áreas cerebrales, y que desarrollan nuevos puntos de referencia cognitivos tales como los conceptos de «espacio» y de «tiempo».

Rodríguez y Scheuer (2015) estudiaron en los niños pequeños («bebés») «las reacciones y expectativas frente a variaciones y regularidades cuantitativas de las habilidades numéricas». Consideran que el desarrollo de los conceptos numéricos requiere desarrollar previamente «sistemas semióticos» que les den significado, a partir de los objetos de su realidad. Expresan que «no es lo mismo afirmar que los niños distinguen con precisión colecciones hasta tres, que afirmar que poseen un conocimiento del número hasta tres» (p. 42). Esta diferenciación implica la hipótesis que en los niños pequeños ocurriría una expansión progresiva de las áreas cerebrales involucradas, primero en el reconocimiento de diferencias cuantitativas, luego de su asociación con cifras y de operaciones numéricas. Según Feigenson, Dehaene, y Spelke (2004) el cerebro humano estaría programado desde los primeros meses de vida para reconocer las diferencias entre formas y cantidades. El problema para la educación es determinar cuáles son las actividades psicológicas y cerebrales que ya tienen los niños cuando se inician en el aprendizaje del cálculo, para aplicar estrategias psicopedagógicas adecuadas que faciliten este aprendizaje. Al respecto, McCandliss (2010) confirmó que las experiencias educacionales configuran los circuitos funcionales del cerebro que originan algunas destrezas cognitivas, tales como la lectura o las matemáticas y las neuroimágenes, confirman que el aprendizaje de las matemáticas produce modificaciones en el desarrollo cerebral desde muy temprana edad, y muestran que los niños desde pequeños pueden percibir algunas diferencias cuantitativas. En consecuencia, su aprendizaje no depende solamente de la aplicación adecuada de metodologías pedagógicas sino también de los procesos neurocognitivos que tienen desde su nacimiento.

### ***Cómo el cerebro asimila los números y las cantidades***

Dehaene (2009) expresa que «la investigación en neurociencia muestra que la intuición matemática es un concepto válido que puede ser estudiado en el laboratorio y en paradigmas resumidos» y está relacionado con el «*conocimiento nuclear*» («*core knowledge*») producido por la evolución de los subsistemas cerebrales (p. 232). Agrega que «la intuición de los números y su transformación elemental por sumas y restas está presente en todas las culturas humanas. Ellos se efectúan en un sistema cerebral que estaría localizado en el surco intraparietal de ambos hemisferios (...)» (p. 232).

También expresa que la activación en el área intraparietal «parece estar asociada con una representación abstracta, amodal de los números y también puede ser activada por números presentados en varias notaciones simbólicas aprendidas culturalmente, tales como los números arábigos o verbalizados» (p. 237). Esta representación permite efectuar una conversión rápida de cifras a su expresión verbal y viceversa, como puede ser de números arábigos a números romanos. Ya en 1995, Dehaene y Cohen habían estimado que la corteza intraparietal bilateral del cerebro es un sistema neurofuncional, sensible a los números, e invariable en las distintas culturas, que está asociado con la actividad del lenguaje, lo que facilita el aprendizaje y la retención de los contenidos matemáticos. Posteriormente, Dehaene (2011), publicó un extenso análisis de este proceso neuropsicológico, que se produce a través de un circuito de neuronas especializadas. Considera que una característica fundamental de esas redes neuronales es que funcionan automáticamente, reciben la información en un determinado «formato» y lo transforman en otro diferente gracias a la «plasticidad neuronal».

Desde el punto de vista del aprendizaje, lo central de este proceso es la capacidad del cerebro para conectar los diferentes módulos en una secuencia lógica. Para efectuarlo, el cerebro activa algunas áreas ejecutivas. Una zona clave es la *corteza pre frontal* que sería la primera área cortical que activa y coordina el cerebro para establecer asociaciones simbólicas de los números, información que en el caso de los números se trasmite a la corteza parietal inferior, lo que favorece el proceso del cálculo. El desarrollo de esta zona cerebral también se asocia con el desarrollo del lenguaje y en la medida en que los niños aprenden a verbalizar los números, la actividad cerebral se orienta al hemisferio izquierdo. En sus trabajos menciona dos elementos iniciales del aprendizaje infantil de las matemáticas: la comprensión del concepto de cantidad y el conocimiento de las cifras. La comprensión de la cantidad es el proceso cognitivo, que permite hacer distinciones cuantitativas y comparaciones, y asociarlos con el reconocimiento de la *cifras*, lo que da la base para el aprendizaje del *cálculo*. El conocimiento de las cifras se iniciaría con la experiencia de

percibir visualmente y luego comparar diferencias en las cantidades de los objetos percibidos y verbalizarlas en números, proceso que se desarrolla con la enseñanza. Este aprendizaje se va complicando progresivamente en la medida que requiere mayor abstracción, como es el caso de la comprensión de los cálculos de multiplicación, división y más tarde en el álgebra. En este proceso evolutivo Cantlon, Libertus, Pinel, Dehaene, Brannon y Pelphey (2008) cotejaron las diferencias de los mecanismos cerebrales de niños de 6-7 años y de adultos, mediante imágenes de resonancia magnética funcional, para resolver comparaciones entre distintos sistemas. Sus resultados mostraron que cuando los niños comparan valores numéricos en anotaciones simbólicas y no simbólicas «utilizan la misma red de regiones cerebrales que los adultos, incluyendo las cortezas parietal y occipito-temporal» (Cantlon et al., 2008, p. 2225). Los resultados obtenidos confirman que el cerebro tiene desde temprano un sistema de mecanismos de «alto orden» que procesa y retiene los números y cantidades. «La variabilidad en el conocimiento de los niños de los numerales arábigos estuvo especialmente relacionada con la actividad de la corteza parietal. Esos hallazgos pueden indicar que tanto las cortezas parietal y frontal inferior son utilizadas en la elaboración de los conceptos numéricos desde una etapa temprana del desarrollo» (Cantlon et al., 2008, p. 2226). Como consecuencia de estos aportes las estrategias educacionales para enseñar matemáticas deben facilitar que los niños ejerciten el proceso de asociación verbal-numérica que activa la interconexión entre áreas cerebrales diferentes (Piazza, Pinel, Le Bihan et al. (2007). También Willingham y Lloyd (2007) concluyeron que el procesamiento cerebral de las cifras y de su cantidad opera de manera diferente si el sujeto está nombrando los objetos o si solamente está percibiéndolos.

La instrucción escolar también repercute en la activación de algunas zonas cerebrales. Piazza, Pica, Izard, Spelke y Dehaene (2013) compararon sujetos con y sin acceso a la escolaridad. Esta comparación mostró que las diferencias educacional y cultural tenían un efecto significativo en la percepción de los números. Como consecuencia de la instrucción escolar se produjo una interacción progresiva entre los procesos de enseñanza de los números y la activación neuronal de algunas áreas cerebrales. El lenguaje es la vía de conexión entre ambos.

Respecto a las áreas cerebrales más comprometidas en el aprendizaje de los números, hay varias investigaciones que permiten percibir que no habría una zona cerebral especializada para las matemáticas, sino una actividad interconectada de distintas áreas. Así, Dehaene (2011) estima que cuando una persona hace un cálculo se activan diez o veinte áreas cerebrales diferentes, simultáneamente. Expresa textualmente que: «Ni una neurona aislada, ni una columna cortical, ni aún un área cerebral puede “pensar”. Solamente por la combinación de las capacidades de varios millones de neuronas, distribuidas en

las cortezas cortical y redes subcorticales es posible lograr este poder computacional» (p. 45), en consecuencia, no existiría un «centro cerebral matemático».

Las investigaciones de Appolonio, Rueckert, Partiot et al. (1994); Dehaene, Tzourios, Frank et al. (1996) y Roland y Friberg (1985), mediante la tomografía de emisión de positrones (PET) y las imágenes de la resonancia magnética funcional (fMRI) observaron que cuando un adulto hace un cálculo se produce una activación parietal bilateral. La investigación de Roland y Friberg (1985) mostró que algunas tareas de cálculo activaban las áreas parietales y pre frontales. Posteriormente, una revisión efectuada por Fuster (2001) sobre la corteza pre frontal indicó la importancia que tiene esta área cerebral para iniciar el procesamiento de la información cognitiva y retenerla en la memoria. Expresa que su área lateral está desarrollada al máximo en los seres humanos y «proporciona el apoyo cognitivo para la organización de las áreas temporales» mediante su conexión con numerosas estructuras cerebrales (p. 319). Sin embargo, un estudio de Carreiras, Quiñones, Hernández-Cabrera y Duñabeitia (2014), mostró que el procesamiento cerebral de los números es un proceso preferente de las áreas parietales del hemisferio derecho, lo cual no coincide con otras investigaciones que relacionan las matemáticas con el lenguaje en el hemisferio izquierdo.

Sobre la actividad de la corteza pre frontal, ella aparece conectada, en el aprendizaje matemático, con la actividad de la región denominada *Surco horizontal intra parietal*, la cual se activa cuando una operación aritmética requiere una representación numérica cuantitativa (Dehaene, Piazza, Pinel y Cohen 2003). El surco intraparietal se activa cuando los sujetos hacen cálculos, y no solamente cuando tienen que leer números, lo cual sugiere que es esencial una representación semántica. Posteriormente, Vargas (2013), también consideró que la intervención del surco parietal «está relacionado con procesamiento espacial y esto es clave en matemáticas pues la organización de los números en columnas, para crear conceptos abstractos como unidades, decenas, centenas, está relacionada con su posición en el espacio: de izquierda a derecha» (p. 43). Estas investigaciones con neuroimágenes confirman que las cortezas parietal y prefrontal están involucradas en la realización de las tareas aritméticas, especialmente el surco intraparietal. El lóbulo parietal contribuye a la representación de las cantidades en «una línea mental numérica» y Kucian, Loenneker, Dietrich, Dosch, Matin y von Aster (2006), consideran que esta representación puede proporcionar un fundamento para la «intuición numérica».

### *Tipos de representaciones numéricas*

Algunas investigaciones muestran tres tipos de representaciones numéricas: las verbales, las semánticas no-verbales y las viso-espaciales (Piazza, Pinel, Le Bihan et al. (2007), Dehaene, Piazza Pinel & Cohen (2003), que dependerían de la actividad de diferentes sistemas corticales. Según Dehaene & Cohen (1995), este triple código de procesamiento numérico neuro funcional depende de las diferentes tareas en las cuales se observan los sistemas de representaciones cuantitativas no verbales, semánticas, que comprenden el tamaño y la distancia entre las cifras, y un sistema visual en el cual los números pueden ser codificados.

En consecuencia, las investigaciones en neurociencias de la educación confirman la relación entre el desarrollo del lenguaje del niño y su aprendizaje del cálculo. Ambos dependen de algunas áreas cerebrales comunes. Este descubrimiento, en cierta manera contradice las metodologías pedagógicas tradicionales que separan la enseñanza del lenguaje escrito de la enseñanza de los números. Las investigaciones de las neurociencias aportan fundamentos para que las metodologías pedagógicas tomen como objetivo la integración de las operaciones numéricas con su contenido verbal y semántico. Ellas muestran que tanto el conocimiento de los números y de las cantidades, coinciden con el lenguaje, lo cual indica que las estrategias de enseñanza del cálculo deben agregar las explicaciones verbales de su significado. Al respecto, Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen (2003) confirmaron que la velocidad para recuperar en la mente los códigos fonológicos y para nominar también incide en la velocidad para contar y recuperar cifras. Citan a Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte (2001), quienes consideran que el funcionamiento fonológico asociado con el aprendizaje del lenguaje oral influye en el aprendizaje aritmético inicial.

Un estudio sobre discalculias, efectuado por Kucian, Loenneker, Dietrich, Dosch, Martin y von Aster (2006), muestra la comparación entre los cerebros de niños con discalculia y niños de aprendizaje normal, de 11 años de edad, mediante IRMF; los niños con dificultades para aprender matemáticas presentaron gran variabilidad individual y una baja activación cerebral en casi toda la red neuronal asociada al cálculo, incluyendo el surco intra parietal y el giro frontal, en ambos hemisferios cerebrales. Concluyeron que en las neuroimágenes hay antecedentes suficientes para suponer que los niños con deficiencias en el cálculo de magnitudes y números presentan deficiencias en la actividad cerebral en las cortezas parietal y prefrontal. El surco intraparietal tendría un papel mayor en este proceso y contribuye a la representación de las cantidades. También

confirmaron que esos niños presentan «una dificultad para establecer representaciones espaciales abstractas» (p. 15).

### ***Relación entre las dificultades del cálculo y de la lectura***

La relación neuropsicológica entre el aprendizaje del lenguaje escrito y el aprendizaje de las matemáticas es, sin duda, un tema con trascendencia educacional. Es conocido que los niños disléxicos pueden ser excelentes matemáticos y que no todos los niños con discalculia tienen problemas para aprender a leer. Sin embargo hay investigaciones cuyos resultados muestran que hay una interesante relación entre algunas áreas del aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. Simmons y Singleton (2008) expresan que en algunos aspectos el aprendizaje de la aritmética requiere aplicar códigos verbales (velocidad para contar, memorización de números). Estas deficiencias darían origen a dificultades en el aprendizaje inicial, lo que puede afectar posteriormente al aprendizaje más avanzado, como son el cálculo con fracciones o decimales. Además, confirman que los estudios empíricos han identificado una relación entre el procesamiento fonológico y el rendimiento escolar en matemáticas, con suficientes bases para considerar que los códigos verbales son aplicados durante las tareas aritméticas y que por lo tanto “es lógico sugerir que las habilidades de procesamiento fonológico de los niños influyan en su rendimiento aritmético” (p.79). Boets y De Smedt (2010) confirmaron los trabajos de Simmons y Singleton, (2008) y también mostraron que algunos niños con dislexias tenían mayores dificultades para multiplicar. Expresan que «sus datos revelan que a pesar de un rendimiento normal en matemáticas, los niños con dislexias fueron menos seguros y más lentos en aritmética, especialmente para la multiplicación» lo que indicaría que está mediada por procesos fonológicos. Peake, Jiménez, Villarreal y Bisschop (2012), siguiendo a De Smedt y cols. (2010), sugieren que hay «un solapamiento neuronal en diferentes regiones del sistema nervioso central para la comorbilidad entre dislexia y discalculia» (p. 150). Atribuyen este déficit conjunto a alteraciones en regiones de la corteza parieto temporal izquierda, y en la circunvolución angular izquierda y supramarginal, que se activan durante la lectura y el cálculo. Expresan que hay procesos neurocognitivos comunes para ambos aprendizajes instrumentales. Dehaene y cols. (2003) también estiman que una deficiente conectividad funcional en el «giro angular izquierdo» es consistente con la dificultad para recordar los números, lo cual confirma que el cerebro participa en el procesamiento de las cantidades cuando las operaciones aritméticas requieren de la codificación verbal de los números, como sucede en la multiplicación. Concluyeron que la contribución de la circunvolución angular izquierda para el procesamiento de los números puede relacionarse con las bases verbales del cálculo, especialmente en la memoria de los números. Posteriormente, el mismo Dehaene (2009) expresó que el hecho



que tanto el lenguaje como la aritmética estén lateralizados en el hemisferio izquierdo, en la mayoría de las personas diestras, sugiere que la lateralización del lenguaje precede y origina una progresiva lateralización de las representaciones numéricas en el lóbulo parietal. Por su parte, Delazer, Domahs, Bartha y cols. (2003) e Ischebeck, Zamarian, Siedentopf y cols. (2006) mostraron que durante el proceso de aprendizaje matemático la actividad cerebral se traslada progresivamente desde la región intraparietal a la circunvolución angular cuando los sujetos utilizan la memoria verbal. Temple y Posner (1998), mediante fMRI y potenciales evocados, precisaron que esta conexión se produce alrededor de los 4 años de edad.

En síntesis, las investigaciones que aportan las neurociencias y la psicología cognitiva abren para la Educación una nueva vía de conocimientos que permite profundizar las principales variables del desarrollo infantil desde el punto de vista de los procesos cerebrales y de la forma como se originan los aprendizajes de las matemáticas. Además, las investigaciones en Neurociencias de la Educación requieren una asociación entre los investigadores del cerebro con los psicólogos cognitivos y los educadores. Las estrategias educacionales para enseñar matemáticas facilitan que los niños aprendan y ejerciten la asociación verbal- numérica entre áreas cerebrales diferentes. Almacenar la información numérica, además de ejercitar la memoria de largo término «supone la existencia de un proceso rápido de asociación que puede convertir rápidamente una cantidad en su correspondiente símbolo verbal o numérico arábigo», lo cual se puede realizar de manera rápida y automática como le expresan Piazza, Pinel, Le Bihan et al. (2007). En este aprendizaje, una clave de la memorización de los procesos numéricos es la relación entre el desarrollo del lenguaje y del concepto de cantidad. Ambos son actividades cognitivas cerebrales expresadas en conductas de aprendizaje escolar, lo cual demanda a los maestros elaborar estrategias psicopedagógicas adecuadas. La Educación debiera buscar estrategias para que los niños aprendan mejor las matemáticas apoyándose en los aportes de las neurociencias y la psicología cognitiva.

### **Referencias**

- Appolonio, I.; Rueckert, L.; Partiot, A. et al. (1994). Functional magnetic resonance imaging (F-MRI) of calculation ability in normal volunteers. *Neurology*, 44, 262.
- Arstein, Z. (2014) *Mathematics and the Real World: The remarkable Roles of Evolution in the making of mathematics*. New York: Prometheus Books.
- Boets, B. & De Smedt, B. (2010). Single-digit Arithmetic in Children with Dyslexia. *Dyslexia*, 16, 183-191. doi: 10.1002/dys.403
- Bravo, L. (2014). Neurociencias y educación: Estado actual de la investigación en dislexias. *Estudios de Psicología*, 35(1), 1-28.
- Bravo, L. (2014). Psicología cognitiva y neurociencias de la educación en el aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. *Revista de Investigación en Psicología*, 17(2), 5-37.
- Cantlon, J.; Libertus, M.; Pinel, Ph.; Dehaene, S.; Brannon, E. & Pelphrey, K. (2008). The Neural Development of an Abstract Concept of Number. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(11), 2217-2229.
- Carey, S. (2011). The Origin of Concepts. *Behavioral and Brain Sciences*, 34, 113-124. doi: 10.1017/S0140525X10000919
- Carreiras, M.; Quiñones, I.; Hernández-Cabrera, J. A. y Duñabeitia, J. A. (2014). Orthographic Coding: Brain Activation for Letters, Symbols and Digits. *Cerebral Cortex*, 1-13. doi:10.1093/cercor/bhu163
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathemathiques*. New York: University Press.
- Dehaene, S. (2007). A Few Steps Toward a Science of Mental Life. *International Mind, Brain and Education Society* (pp. 21-47). USA: Blackwell.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dehaene, S. (2009). Origins of Mathematical Intuitions. The Case of Arithmetic. *The Year in Cognitive Neuroscience 2009: Annual New York Academy of Science*, 1156, 232-259. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04469.
- Dehaene, S.; Piazza, M.; Pinel, Ph. & Cohen, L. (2003). Three Parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dehaene, S.; Tzourio, N.; Frak, V. et al. (1996). Cerebral activations during number Multiplication and comparison: a PET study. *Neuropsychologia*, 34, 1097-1106.

- Dehaene, S.; Spelke, E.; Pinel, P.; Stanescu, R. & Tsivkin, S. (1999). Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and Brain-Imaging Evidence. *Science*, 284, 970-974.
- Delazer, M.; Domahs, F.; Bartha, L. et al. (2003). Learning complex arithmetic—an fMRI study. *Brain Research Cognition*, 18(1), 76-88.
- De Smedt, B. & Boets, B. (2010). Phonological processing and arithmetic fact retrieval: evidence from developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 48(14), 3973-81. doi: 10.1016
- Feigenson, L.; Dehaene, S. & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307-314.
- Feigenson, L.; Carey, S. & Spelke E. (2002). Infants' Discrimination of Number vs. Continuous Extent. *Cognitive Psychology*, 44, 33-66. doi:10.1006/cogp.2001.0760
- Fletcher, J.; Lyon, G.; Fuchs, L. & Barnes, M. (2007). *Learning Disabilities: From Identification to intervention*. New York: Guilford.
- Fletcher, J. (2009). Dyslexia: The evolution of a scientific concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15, 501-508.
- Fuster, J. M. (2001). The Prefrontal Cortex-An Update: Review. *Neuron*, 30, 319-333.
- Gracia-Bafalluy, M. & Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58, 69-76.
- Geary, D. (2015) Development and Measurement of Preschoolers' Quantitative Knowledge, *Mathematical Thinking and Learning*, 17(2-3), 237-243. doi: 10.1080/10986065.2015.1016823
- Goswami, U. (2004). Neuroscience and education. *British Journal of Educational Psychology*, 4, 1-14.
- Hecht, S. A.; Torgesen, J. K.; Wagner, R. K. & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 192-227.
- Ischebeck, A.; Zamarian, L.; Siedentopf, C. et al. (2006). How specifically do we learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction. *NeuroImage*, 30, 1365-1375.
- Koponen, T.; Salmi, P.; Torppa, M.; Eklund, K.; Aro T.; Aro M.; Poikkeus, A.; Lerkkanen, M. & Jari-Erik, N. (2016). Counting and rapid naming predict the fluency of arithmetic and reading skills. *Contemporary Educational Psychology*, 44, 83-94.

- Kucian, K.; Loenneker, Th.; Dietrich, Th.; Dosch, M.; Martin, E. & von Aster, M. (2006). Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic children: a functional MRI study. *Behavioral and Brain Functions*, 2, 31. doi: 10.1186/1744-9081-2-31
- Margolinas, Cl. (2015). Actes du colloque «*Des mathématiques à l'école maternelle*». L'Ecole Normale Supérieure Centrale d'Ho Chi Minh ville, avril.
- Martí, E. y Scheuer, N. (2015). Semiotic systems, culture and early mathematical knowledge. *Estudios de Psicología*, 36, 1-17.
- Martinez, J. (2015). The early years *PNAS. Educational Neuroscience*, 107(18), 8049-8050.
- Peake, Ch.; Jiménez, J.; Villarroel, R. & Bisschop, E. (2012). Comorbilidad con otros trastornos del aprendizaje: dyslexia y discalculia. En: J. Jiménez (Coord.) *Dislexia en español* (Capítulo 7). Madrid: Pirámide.
- Piaget, J. y Szeminska, A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel: s/e.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1941). *Le développement des quantités physique chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel: s/e.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1963). Les operations intellectuelles et leur développement. En: B. Inhelder y J. Piaget. *Traité de Psychologie Expérimentale*. Paris: P.U.F.
- Piaget, J. (1950). *Introduction à l'épistémologie génétique. La pensée mathématique*. Paris: P.U.F.
- Piaget, J. (1969). La Psicología. En: J. Piaget, W. Mackenzie, P. Lazarfeld y otros. *Tendencias de la investigación en las ciencias sociales*. (Capítulo 1). Madrid: Alianza Editorial.
- Piazza, M.; Pinel, P.; Le Bihan, D. et al. (2007). A magnitude code common to Numerosities and Number symbols in human intraparietal cortex. *Neuron*, 53, 293-305.
- Piazza, M.; Pica, P.; Izard, V.; Spelke, E. y Dehaene S. (2013). Education enhances the acuity of the nonverbal approximate number system. *Psychological Science* 20(10) 1-7. doi: 10.1177/0956797612464057
- Radford, L. y André, M. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 12(2), 215-250.

- Rodríguez, C. y Scheuer, N. (2015). La paradoja entre el bebé numéricamente competente y el lento aprendizaje de los niños de dos a cuatro años de edad. *Estudios de Psicología*, 36, 18-47.
- Roland, P. E. y Friberg, L. (1985). Localization of cortical areas activated by thinking. *Journal of Neurophysiology*, 53, 1219-1243.
- Sigman, M.; Peña, M.; Goldin, A. y Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, 17(4), 497-502.
- Simmons, F. & Singleton, Ch. (2008). Do Weak Phonological Representations Impact on Arithmetic Development? A Review of Research into Arithmetic and Dyslexia. *Dyslexia*, 14, 77-94. doi: 10.1002/dys.
- Spelke, E. (2000). Core knowledge. *American Psychologist*, 55, 1233-1243.
- Stern, E.; Grabner, R.; Schumacher, R.; Neuper, C. y Saalbach, H. (2005). Educational Research and Neurosciences - Expectations, Evidence, Research Prospects. *Education Reform* (Volumen 13). Berlin: Federal Ministry of Education and Research.
- Szűcs, D. y Goswami, U. (2007). Educational Neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1, 114-127.
- Temple, E. & Posner, M. I. (1998). Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-Olds and adults. *Proceedings National Academy of Science*, 95, 7836-7841.
- Valsiner, J. & Van der Veer, R. (2000). *The social mind: Construction of the idea*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- van Marle, K.; Chu, F. W.; Li, Y. & Geary, D. C. (2014). Acuity of the approximate number system and preschoolers quantitative development. *Developmental Science*, 17, 492-505. doi: dx.doi.org/10.1111/desc.12143.
- Vargas, R. (2013). Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *UNION: Revista Iberoamericana de Educación en Matemáticas*, 36, 37-46.
- Willingham, A. & Lloyd, J. (2007). How Educational Theories can use Neuroscientific data. *Journal Compilation International Mind, Brain, and Education*, 1(3), 140-149.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750. doi: 10.1038/358749a0
- Wynn, K. (1995). Origins of numerical knowledge. *Mathematical Cognition*, 3, 35-60.
- Xu, F. y Spelke, E. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, 1-11.



# Minería y empresa en Arequipa. Las minas de Caylloma durante el siglo XIX\*

José Víctor Condori

*Licenciado en Historia por la Universidad Nacional de San Agustín.*

*Miembro del Centro de Estudios Peruanos de la Universidad Católica San Pablo.*

*Investigador de la economía y sociedad arequipeña de los siglos XVIII y XIX.*

*Autor del libro: Los Cinco Gremios Mayores de Madrid en Arequipa, 1790-1820  
y de más de veinte artículos de investigación, publicados en numerosas revistas*

*académicas locales, nacionales e internacionales.*

*Es egresado de la Maestría en Historia de la UCSP.*

Contacto: [jvcondori@ucsp.edu.pe](mailto:jvcondori@ucsp.edu.pe)

---

\* Esta investigación pudo realizarse gracias a los bonos concursables otorgados por la Dirección de Investigación de la Universidad Católica San Pablo de Arequipa.





# Minería y empresa en Arequipa. Las minas de Caylloma durante el siglo XIX

Mining and Company in Arequipa.  
The Mines of Caylloma during the Nineteenth Century

José Víctor Condori  
*Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú*

Recibido: 30-06-2016

Aceptado: 10-10-2016

## **Resumen**

Durante el periodo colonial, la minería en Arequipa no tuvo un papel preponderante dentro de la economía regional, no obstante, dos yacimientos lograron concentrar la mayor parte de los esfuerzos e inversiones: Huantajaya en Tarapacá y Caylloma. Con la llegada de la República, se desató una aguda crisis económica en toda la región, en medio de ella, las minas de Caylloma aunque continuaron en explotación, no tuvieron la capacidad de atraer grandes inversiones que permitieran su completa recuperación, y por lo tanto, la formación de algunas compañías mineras.

## **Palabras clave**

Caylloma, minería, inversiones, compañías, crisis económica, plata.

## **Summary**

During the colonial period, mining in Arequipa did not have a preponderant role within the regional economy, nevertheless, two deposits managed to concentrate most of the efforts and investments: Huantajaya in Tarapaca and Caylloma. With the arrival of the Republic, triggered an acute economic crisis throughout the region, in the middle of it, the mines of Caylloma although continued in exploitation, did not have the capacity to attract large investments that would allow its full recovery, however, the formation of some mining companies.

## **Key words**

Caylloma, mining, investment companies, economic crisis, silver.

## **Introducción**

Como es de conocimiento, la actividad minera en el Virreinato del Perú fue considerada como motor de la economía durante los casi tres siglos de dominio español; sin embargo,

en la región de Arequipa esta actividad no tuvo una presencia significativa; contrariamente, la región se caracterizó desde el temprano siglo XVI por su notable producción vitícola destinada principalmente a la elaboración de vinos primero y aguardientes, después. En tal sentido, para 1799 el número de minas en actividad en la región apenas alcanzaba el medio centenar, donde laboraban 84 mineros y 649 operarios. En términos porcentuales, tales cifras representaban menos del 10% del total virreinal y durante las primeras décadas del siglo XIX, las minas arequipeñas producían en promedio cerca de 30.000 marcos de plata anuales que significaban poco más de 200.000 pesos; vale decir, el equivalente a la décima parte de la producción agrícola, que por aquellos años bordeaba los dos millones de pesos.

A partir de 1820, durante la última etapa de la guerra de Independencia, se multiplicaron las expediciones militares tanto de patriotas como de realistas sobre la región, provocando el derrumbe completo en los ya deprimidos índices de producción minera que llegaron a reconocer niveles verdaderamente insignificantes. Ese fue el caso, por ejemplo, del año 1823, cuando la cantidad de plata registrada oficialmente en los libros de contaduría alcanzó escasamente 413 marcos. Lamentablemente, el fin de la guerra no significó ningún alivio para la golpeada economía minera, contrariamente, muchos problemas heredados del antiguo régimen, como la falta de azogue, la escasez de mano de obra y la ausencia de inversiones estatales, se agudizaron aún más. Por ello, el proceso de recuperación de la minera regional tardaría muchas décadas, a diferencia de otras actividades como la agricultura, ganadería o el comercio de importaciones. Por otro lado, no corrió la misma suerte la otrora exitosa industria vitivinícola, que terminó colapsando completamente en la segunda mitad del siglo XIX.

Frente a este panorama, este trabajo busca acercarse, dentro de sus posibilidades documentales y metodológicas, a la compleja realidad de la minería arequipeña durante el siglo XIX, a través del estudio de uno de sus yacimientos más antiguos e importantes, el centro minero de Caylloma; partir de ello, para comprender las dificultades por las que atravesó la actividad minera en la temprana república, así como las estrategias desarrolladas por sus integrantes, en medio de un periodo marcado por la inestabilidad política, las guerras internacionales, la angustia fiscal y la auge de las exportaciones.

### *La minería republicana*

Son numerosos los estudios que señalan cumplidamente, los efectos catastróficos provocados por la guerra de independencia en el Perú y la precaria situación económica que tuvieron que enfrentar los gobiernos republicanos en la primera mitad del siglo

XIX; sin embargo, aunque hubieron vastas zonas del país que quedaron completamente arruinadas por la guerra, como fue el caso de la sierra central, escenario directo de los conflictos, existieron también otras regiones, como la costa y sierra sur, donde tales efectos se sintieron más bien de manera indirecta, vale decir, en forma de reclutamientos, contribuciones y confiscaciones. Acerca de la situación que presentaba el Perú después de la Independencia, el cónsul británico en nuestro país Charles Milner Ricketts en 1826 escribía:

Por desgracia, este favorable panorama no es ya el existente, pues los horrores que acompañaron a la lucha por la independencia oscurecieron tanto el horizonte, que ahora solo puede tenerse apenas un anticipo de las brillantes perspectivas que esperan al Perú. Actualmente desde todo punto de vista, el panorama es sombrío, y la apariencia del país es la de haber sufrido recientemente, uno de esos terribles terremotos que dejan todo destruido y en ruinas. (Bonilla, 1975, p. 22)

Era una situación muy lamentable para el recién establecido gobierno peruano, permanentemente necesitado de fondos para iniciar la reconstrucción del país y consolidar su presencia política en todo el territorio. En una exposición presentada al Libertador Simón Bolívar en febrero de 1825, sobre la realidad del Tesoro Público, el entonces ministro de hacienda José Hipólito Unanue resaltaba la importancia que tenía su sector y sus ingresos en la consolidación del estado, él manifestaba: «sin hacienda no hay estado, porque esta era el alimento y la sangre del cuerpo político, tampoco puede haber hacienda sin ingresos, los que de necesidad deben faltar en un país en que ha desaparecido la agricultura y donde la minería, principal fondo de él, está derrumbada, y el comercio de la capital sin puerto y sin numerario» (Unanue, 1825, p. 6).

Precisamente, la minería había sido la fuerza motriz de la economía virreinal durante siglos, pero a principios de la república se hallaba en un estado de lamentable decadencia y lo que es peor, los problemas que esta actividad enfrentó en el tardío periodo colonial: la inundación de los socavones, la falta de capitales, la escasez de mano de obra y el alto costo de los insumos, como la pólvora y el mercurio, se agravaron aún más durante las guerras de Independencia y posteriormente, con la permanente inestabilidad política de nuestros primeros años de vida independiente. Sin embargo, frente a aquella infeliz situación, las autoridades nacionales no se mostraron de manera alguna indiferentes, contrariamente, revelaron alguna preocupación por aplicar ciertas medidas urgentes desde su posición en el gobierno, a fin de aliviar tan adversa situación; así lo comprobamos, por ejemplo, en el manifiesto presentado al Congreso de la República del Perú en abril de 1827 por el entonces Ministro de Hacienda José de Morales y Ugalde, quien señalaba:

El gobierno a fin de dar impulso a este gran ramo de nuestra industria, había ya en 2 de agosto de 25 declarado por de su propiedad las minas que al tiempo de emanciparse la nación eran denunciadas por la ley, amparando a los poseedores que habían cumplido con los requisitos que esta impone (...) el ministerio ha acordado y el ejecutivo dispuesto se trasladase la callana de Tacna a la provincia de Tarapacá y se estableciesen bancos en los asientos minerales de los departamentos de Arequipa y Puno para el rescate de pastas y compra de azogues. (Morales y Ugalde, 1827, pp. 15-16)

La preocupación gubernamental por el estado de la minería en el Perú puede corroborarse en las inquietudes del mencionado ministro quien sostenía que: «la principal riqueza de la nación, consiste en los metales que encierran sus montañas» (Morales y Ugalde, 1827, p. 16). Esta ciega confianza en las grandes posibilidades económicas de la minería como fuente de riqueza a inicios de nuestra vida independiente, también la percibimos en los informes de los representantes diplomáticos de su majestad británica en el Perú, en este caso, nos referimos al cónsul Charles Milner Ricketts, quien en 1826, lleno de entusiasmo escribía al Secretario de Estado George Canning:

He mostrado lo suficiente para probar que el Perú y la nueva República de Bolivia, abundan en riquezas mineras, que las minas fueron en una época muy productivas y que muchas pueden ser adquiridas en condiciones moderadas; que el principal gasto que debe atenderse para su explotación consiste en la perforación de galerías para sacar agua. El minero inglés obtendrá mayores ganancias introduciendo mejoras en el sistema de amalgamación, importando mercurio a precios módicos, levantando hornos de fundición donde puedan ser ventajosamente utilizados y construyendo las diversas máquinas necesarias bajo principios científicos. (Bonilla, 1975, p. 15)

Lamentablemente, no podía iniciarse ningún proyecto particular o aplicar alguna política de carácter estatal, mientras se desconociera la verdadera situación en que se encontraban cada uno de estos centros mineros peruanos después de la Independencia. En tal sentido, a fin de informarse sobre el estado real y legal de las minas de Arequipa, a principios de 1826, el prefecto del departamento, general Antonio Gutiérrez de la Fuente, promovió diversas visitas a los asientos mineros de la región, con el objetivo de evaluar las minas pertenecientes al estado, por cinco peritos de probidad y aptitudes. Luego de meses de intensa labor, la comisión entregó varios informes, a todas luces reveladores. Uno de ellos, relacionado con la provincia de Caylloma indicaba que: de las 136 minas existentes en 13 asientos de minerales, solo 60 de ellas (44%) estuvieron activas o en uso; mientras que, 26 (19%) se encontraban inundadas; 23 minas, (17%) completamente agotadas o extinguidas y 18 de ellas (13%), habían sufrido algún derrumbe que imposi-

bilitaba completamente su aprovechamiento (Archivo General de la Nación, 1826). Si esta era la realidad de una sola provincia, ¿cómo se encontraba el resto del departamento?

### *La minería en Arequipa*

El departamento de Arequipa, fue creado sobre la base del territorio de la antigua Intendencia del mismo nombre (1784-1825), mediante decreto ley de 26 de mayo de 1822, siendo nombrado como primer prefecto Francisco de Paula Otero, natural de la provincia de Jujuy en la república Argentina. Inicialmente se extendía desde el actual departamento de Ica hasta la desértica región sureña de Tarapacá; estuvo constituida por siete provincias a saber, Arequipa o Cercado, Camaná, Caylloma, Condesuyos, Moquegua, Arica y Tarapacá. Económicamente, la región concentraba una amplia gama de actividades. Durante la colonia, los valles de Moquegua, Majes y Vítor habían destacado notoriamente gracias a la producción de vinos y aguardientes y durante el siglo XIX, la capital del departamento se convirtió en el centro de acopio y exportación de lanas de oveja y camélidos, hacia los prósperos centros manufactureros ingleses. A causa de su ventajosa ubicación geográfica, su extensa costa y los numerosos puertos y caletas, el comercio de importaciones favoreció la llegada de un nutrido contingente de comerciantes extranjeros, ingleses, franceses y alemanes, así como el establecimiento de numerosas casas comerciales, tan temprano como 1821.

**Tabla 1.**  
**Mineros, operarios y minas de plata en la Intendencia de Arequipa 1799**

Partido	Mineros	Operarios	Asientos
Huantajaya	12	128	7
Santa Rosa	7	34	2
Carmen	9	46	2
Payquina	4	50	3
Viquirtipa	5	39	4
Caylloma	13	114	12
Camaná	8	52	3
Condesuyos	26	186	20
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>649</b>	<b>53</b>

Fuente: Fisher (1977), págs. 196-197.

A diferencia de la producción de vinos y aguardientes, la industria minera arequipeña no logró alcanzar un lugar preeminente en la economía colonial; en consecuencia, para fines del siglo XVIII el número de minas en actividad en toda la Intendencia de Arequi-

pa apenas bordeaban las 54, de las cuales 53 fueron de plata y solo una de oro; en ellas laboraban 84 mineros y 649 operarios (Fisher, 1977). En la Tabla 1, elaborada en base a datos globales de todo el virreinato peruano, comprobamos el número de mineros y operarios, así como, la distribución de las minas en la mencionada Intendencia.

Con respecto al total de los asentamientos mineros de la Intendencia (53), estos representaban cerca del 8% del universo virreinal y durante la última década de gobierno español, generaron en promedio cerca de 30.000 marcos de plata anuales o el equivalente a unos 210.000 pesos; vale decir, casi la décima parte de la producción agrícola que por aquella época bordeaba los dos millones de pesos (Wibel, 1975). Muy a pesar de aquella posición poco privilegiada de la minería arequipeña frente a otras actividades más rentables como la agricultura o el comercio y, la ausencia de grandes yacimientos de metales preciosos, como Potosí o Cerro de Pasco; a inicios del periodo republicano encontramos algunas regiones mineras donde la actividad se mantuvo; a pesar de las adversas condiciones económicas, políticas y tecnológicas, una de ellas fue la provincia de Caylloma.

### *Las minas de Caylloma*

Las minas de Caylloma, se encuentran localizadas en la provincia del mismo nombre, a unos 200 km. al norte de la ciudad de Arequipa y más de 4.300 m. de altitud. Cuando tales minas fueron descubiertas en 1620, muchos creyeron ver en este hallazgo, el nacimiento de un «nuevo Potosí» y al parecer, los primeros volúmenes de plata extraídos de sus socavones fueron tan sorprendentes que, en 1630 la corona española ordenó el establecimiento de una tesorería o Caja Real. En 1640, el virrey Pedro Álvarez de Toledo y Leiva, Marqués de Mancera (1639-1648) concedió una mita de 800 indígenas para el laboreo de las minas y esta se mantuvo cerca de un siglo (Brown, 2008). En las postrimerías del siglo XVIII, Caylloma llegó a alcanzar los registros más altos de producción de plata en su historia, con un promedio anual de 30.000 marcos. Desafortunadamente, en diciembre de 1780 la rebelión de Túpac Amaru extendió su ola destructiva al asiento minero, obligando a las autoridades a cerrar la mencionada Caja Real y trasladarla, junto con los depósitos de mercurio a la ciudad de Arequipa. Desafortunadamente, esta medida, adoptada en el calor de una revolución, dio inicio a numerosas contrariedades para los mineros de la región.

La clausura forzó a los amalgamadores de Caylloma a comprar el mercurio en la Ciudad Blanca (Arequipa), porque ya no estaba disponible en ese centro minero. Esto les obligó a realizar un viaje de doce a catorce días para cubrir los 400 kilómetros de ida y vuelta, cada vez que necesitaban el mercurio y no tenían forma de saber si habría o no mercurio

disponible para cuando llegarán. El gremio de mineros de Caylloma pedía reiteradamente a Lima restablecer el puesto de ensayador y el almacén de mercurio en el centro minero, o permitirles ir directamente a Huancavelica a comprarlo, pero las autoridades virreinales dejaron las cosas pendientes. (Brown, 2008, p. 95)

El año 1786 se instituyó la Diputación Minera de Caylloma, junto con otras siete diputaciones en todo el virreinato (Huarochirí, Pasco, Lucanas, Castrovirreyna, Curahuasi, Hualgayoc y Huantajaya), todas ellas integrantes del Tribunal de Minería de Lima. Para 1799 podíamos encontrar en Caylloma 12 asientos minerales en producción, trabajadas por cerca de 13 mineros y 114 operarios, mayormente indígenas; lamentablemente, cuando en el año 1802, la Caja Real de Arequipa, agotó completamente sus existencias de mercurio, el trabajo se detuvo durante algún tiempo «en perjuicio del real erario y la República» (Archivo General de la Nación, Caja 22, Documento 325, fol. 4). En los albores de la etapa independiente, una relación de minas levantada en esta provincia el 10 de abril de 1826, por los señores diputados Jacinto de Leyva y Mariano Espinel, nos presentó una realidad bastante similar a la del periodo anterior.

El tránsito de la colonia a la república, no estuvo acompañado de cambios significativos para la decadente minería de esta circunscripción; contrariamente, algunas dificultades ya estructurales se agravaron aún más. Por ejemplo, el irregular abastecimiento de mercurio a precios excesivamente altos, fue un problema que acompañó a los mineros durante todo el siglo XIX, hasta la llegada de las grandes empresas extranjeras y sus nuevos métodos de refinación. Otro insumo indispensable en el trabajo de las minas fue la pólvora, la cual era producida en la ciudad de Lima y desde aquí, se remitía por mar hasta el departamento de Arequipa, para luego ser redistribuida a todos los centros mineros de la región. Cabalmente, en la ciudad de Arequipa encontramos una callana de fundición que registraba toda la plata proveniente de los centros mineros del departamento. Es bastante sugerente comprobar que, al existir en la provincia de Caylloma una Diputación de Minería desde el año 1786, la de Arequipa recién se crearía en 1845, esta Diputación, mantuvo durante buena parte del siglo XIX una notoria autonomía y muy pocos vínculos con la élite empresarial arequipeña (Deustua, 1986).

Consideramos que, esta falta de vínculos con la capital del departamento, podría haber influido negativamente en la expansión de las actividades mineras dentro de la provincia, al privar a sus miembros no solo de importantes fuentes de financiamiento, vía préstamos o habilitaciones, sino también, de la necesaria formación de sociedades o compañías mineras, que por lo general vienen acompañadas de fondos indispensables cuando se trata de emprender nuevos proyectos de explotación, ampliar los ya existentes

o aquello considerado más que una prioridad, drenar los ricos filones inundados, vía la construcción de profundos canales o la adquisición de bombas de extracción. Todo ello, en una época marcada por el progresivo abandono del estado al fomento de dichas actividades. En ese mismo sentido, un cónsul británico señalaba en 1856:

En el departamento de Arequipa las minas que anteriormente fueron trabajadas están ahora abandonadas (...) pero muchas de ellas están abandonadas por falta de fondos para obtener maquinaria adecuada para trabajarlas y debido a la falta de compañías, la formación de las cuales parece que no se adapta al modo de ser característico de estas gentes, así como también por la falta de ayuda y protección del gobierno a esta rama de la industria que en tiempos pasados fuera tan productiva. (Bonilla, 1975, p. 101)

Las sociedades o compañías mineras fueron vistas durante esta época como las herramientas empresariales más convenientes para invertir y trabajar en la industria minera y por supuesto, en otras actividades económicas también (Condori, 2014). Sin embargo, las minas de Caylloma, pese a encontrarse geográficamente, más cerca de la Ciudad Blanca en comparación con lejanas provincias metalíferas como Tarapacá o Carabaya, durante la primera mitad del siglo, no generaron demasiadas expectativas y solo fueron motivo para la formación de dos compañías. La primera de ellas, se estableció en noviembre 1828, entre Manuel Díaz Feijoo, minero y azoguero de la ribera y asiento de Caylloma y Pedro Pablo Castellanos, minero de la ribera de Maravillas en el departamento de Puno (Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Matías Morales, legajo 752, fol. 482). La segunda compañía minera, se constituyó en 1842 por el término de diez años, entre José María Andía, José Coupelón y Francisco de Paula Carrera, con el objetivo de extraer oro, plata, cobre o cualquier otro metal, utilizando el método de fundición y copelación (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, Isidoro Cárdenas, legajo 549, fol. 1).

Sin desestimar para nada, el tema de los débiles vínculos políticos y sociales entre la provincia minera y la capital del departamento, como una de las posibles causas del tibio interés de la élite arequipeña por las inversiones mineras en esta región, deberíamos considerar también, junto a los ya señalados problemas de la minería peruana en general, la ausencia de una gran y profusa veta metalífera, capaz de estimular la inversión de grandes volúmenes de capital. Además, es preciso recordar que, si bien en 1826, Caylloma poseía cerca 136 minas distribuidas en 12 asientos y 60 de ellas en permanente producción, en verdad se trataba de pequeñas propiedades, explotadas de manera artesanal y con una escasa inversión de capitales como para esperar de ellas ganancias extraordinarias. En definitiva, el minero peruano, así lo señaló acertadamente John Fisher (1977), «no era un capitalista opulento, sino un individuo que luchaba con un ambiente poco propicio para



ganarse la vida, llegando apenas a cubrir sus gastos, y generalmente no muy considerado por los administradores y comerciantes» (p. 77).

**Tabla 2.**  
**Relación de minas de la provincia de Caylloma 1826**

Asiento	Minas	Aguadas	Derrocadas	Corriente	Aisadas*	Otras**
Anocarani	7	-	2	5	-	-
Apóstoles	16	2	7	7	-	1
Bicuñas	18	4	5	9	-	-
Caragualaca	22	2	-	9	7	4
Chila	16	5	-	8	1	2
Coriminas	3	1	1	1	-	-
Cosana	1	-	-	-	-	1
Cuchilladas	9	1	2	4	-	1
San Cristóbal	10	3	5	2	-	-
Santiago	9	2	1	3	3	-
Soccona	5	1	-	4	-	-
Suicutambo	20	5	-	8	7	-
<b>Total</b>	<b>136</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>60</b>	<b>18</b>	<b>9</b>

Fuente: Archivo General de la Nación (1826). O.L. 164, Ministerio de Hacienda, folios 4-6.

\* Esta palabra proviene del quechua *aysay* y significa: derrumbe que, en el interior de una mina, obstruye la salida al exterior.

\*\* Minas denominadas ciegas, socavones y con humbe (sic).

En tal sentido, frente al innegable riesgo que implicaban las actividades mineras en ciertas regiones, se entiende que, en muchas ocasiones, los empresarios y comerciantes arequipeños antes de conformar una sociedad de negocios ajena a la minería, dejaban bien en claro y por escrito, la prohibición para todos los socios, de distraer capitales para el trabajo de minas, cualquiera que sea la calidad de ellas, o habilitar con adelantos para minas o minerales (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, José María Tejada, legajo 880, fols. 891 y 914). Lamentablemente, cuando no se reparaba en ello, el comerciante-habilitador debía enfrentar las consecuencias de tamaña “imprudencia”. Ese fue el caso del comerciante alemán Cristóbal Guillermo Schutte, quien en 1828 había adelantado a Julián García Caballero, minero de la rivera de Orcopampa, al este de Caylloma, fuertes sumas de dinero a cambio de la entrega de 3.000 marcos de *plata piña*. Después de varios años de habilitaciones no solo en moneda corriente, sino también, en azogues, García Caballero salió debiendo cerca de 42.000 pesos y al no tener como asumirlos, tuvo que ceder la propiedad de la mina (Archivo Regional de Arequipa,

Protocolos Notariales, Manuel Primo de Luque, legajo 725, folio 422). El propio Schutte, entre 1841-1842, hubo de invertir en dichas minas alrededor de 43.000 pesos y así obtener alguna ganancia (Witt, 1992).

Quizá, la inversión de grandes capitales, podría haber sido, uno de los caminos para la recuperación minera de la provincia de Caylloma. Desafortunadamente, mientras estuviese pendiente el descubrimiento de una fabulosa veta que sea capaz de estimular las inversiones locales o extranjeras, como ocurrió con el mineral de Huayllura por esa época, muchas minas terminarían abandonadas por falta de trabajo; mientras que otras regiones mineras del departamento, empezarán a adquirir cada vez más importancia. Ese fue el caso de Condesuyos, que incluía por aquella época los minerales de Huayllura, Orcopampa y Chuquibamba; este último, contaba con 15 minas, 10 propietarios mineros, 27 barreteros, 24 apiris y 8 quimbaletos, según un informe del año 1827 (Deustua, 1986) y como no podía ser de otra manera, su ascendente importancia minera de dentro de la región, llevó a la creación de la Diputación de Minería de Condesuyos en 1830, cuyos principales miembros estuvieron representados por la familia Villena (Archivo General de la Nación. Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875).

Resulta bastante paradójico que, mientras la minería regional atravesaba por momentos críticos entre 1850 y 1870, no ocurrió lo mismo con la economía arequipeña, que por aquellos años recibió un vigoroso impulso gracias a las exportaciones de lana de oveja y de camélidos, actividad que se convirtió en su verdadero eje y motor. Los proyectos mineros en la región desaparecieron casi por completo, al punto que muchos empresarios locales dirigieron sus miradas y capitales hacia lugares tan distantes como las minas de Carabaya al norte de Puno o la lejana California, en la costa oeste de los Estados Unidos. En relación a este último destino, en noviembre de 1848, Manuel Jurado de los Reyes, José Lucas de la Fuente y Pedro Armand, formaron una compañía con el objetivo de «emprender una especulación mineralógica en los nuevos descubrimientos de vetas y lavaderos que se han hecho y en lo sucesivo se descubrieren en la Alta California, provincia occidental de los Estados Unidos» (Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Toribio Linares, legajo 710, fol. 204).

Afortunadamente, los penosos años para la minería de Caylloma llegaron a su término a fines de la década de 1870, cuando al fin se descubrieron ricos filones de plata en la zona denominada Cuchilladas, el Toro y Trinidad, los que según el cónsul británico en Islay, George Frederick Robilliard (1877) «varios equipos las han estudiado y estas aparentan ser igualmente ricas que las famosas minas de Caracoles en Chile (digamos Bolivia), que despertó todo un entusiasmo alrededor de seis o siete años atrás» (p. 252). Dichas minas,

al parecer, rendían entre 300 y 500 marcos de plata por cajón; sin embargo, alertaba el cónsul, «habrá grandes dificultades en la extracción de los metales, debido a la naturaleza húmeda del terreno y a la necesidad que existirá de usar bombas de fuerzas muy poderosas para extraer el agua de las minas» (Bonilla, 1975, p. 252). Por suerte, ninguna dificultad ni el inicio de la Guerra con Chile (1879) impidieron la explotación de tan soberbio descubrimiento. Así, en noviembre de 1881, varios comerciantes de la ciudad de Arequipa se unieron al coronel Miguel San Román, prefecto y comandante general del departamento, a fin de constituir una sociedad «para explotar los minerales de oro y plata ubicados en el distrito de Caylloma, denominados Cuchilladas, Trinidad, el Toro, San Cristóbal, Santa Juana y Jesús María» (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, Higinio Talavera, legajo 864, fol. 313). Tres años después, en plena ocupación chilena de la ciudad de Arequipa (octubre 1883-agosto 1884), todos los miembros de esta sociedad, más algunos comerciantes y vecinos de la localidad, decidieron fundar la denominada «Compañía Minera de Caylloma», dividida en 20 acciones e integrada por 13 socios (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, Higinio Talavera, legajo 865, fol. 159).

El relativo éxito de la mencionada empresa, sirvió de impulso para la formación de nuevas sociedades mineras, con participación tanto de capitales nacionales como extranjeros. De este modo, en mayo de 1889, Rodolfo Hoeffle, Carlos Wagner y Adolfo Hilkefer, los dos primeros de nacionalidad alemana y el último suizo, formaron una compañía «para el cateo, las denuncias y para poner en posesión de los diferentes minerales de oro, plata y plomo que han descubierto y descubriere en adelante cualquiera de los tres socios» (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, José María Tejeda, legajo 881, fol. 211). Precisamente, dicha compañía tenía denunciadas diferentes minas en Caylloma como, San Juan, Santiago, Santa Rosa, Santo Domingo y San Carlos y todas ellas de plata (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, José María Tejeda, legajo 881, fol. 211). Dos meses después, los mismos socios entregaron poder al comerciante alemán Carlos von der Heide, residente en el puerto de Valparaíso, a fin de que organice una sociedad o compañía para la explotación de algunas minas situadas en la provincia de Caylloma, como Santo Domingo, Santa Rosa, San Carlos, San Juan, Carolina, Carolina del Norte, Santa Catalina, Bateas, Trapiche y Ánimas; dicha sociedad debía formarse en la capital de Chile o en cualquier otro lugar de la república sureña, «será anónima limitada y por la suma de hasta 100.000 libras esterlinas o 1.000.000 de pesos chilenos en acciones» (Archivo Regional de Arequipa, Protocolos Notariales, José María Tejeda, legajo 881, fol. 256).

Muchas de las minas explotadas u organizadas para el trabajo por estas nuevas sociedades, eran minas que habían sido abandonadas completamente por sus dueños o simplemente, paralizadas por falta de trabajo hacía no mucho tiempo. Esto en virtud del artículo 5° de las ordenanzas de minería del año 1869, donde se señalaba, «Las minas, tanto las que se hallen en terrenos comunes o del Estado, así como la de particulares, son propiedad de la Nación y las concede en virtud de denuncia con tal de que se llenen los requisitos exigidos por la ordenanza» (Archivo General de la Nación, Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875). Asimismo, en el artículo 6° se autorizaba, «a descubrir y denunciar veta o mina no solo en terrenos del Estado sino también en los de particulares, con la obligación de pagar a estos el terreno que ocupe en la superficie y el daño que inmediatamente ocasione, previa tasación de los peritos» (Archivo General de la Nación, Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875). Es bastante comprensible, entender los numerosos conflictos generados a partir de tales ordenanzas, no solo, entre las nuevas sociedades mineras y los viejos propietarios de la región; sino también, entre las propias sociedades mineras, en razón de que, el mencionado artículo 5° era muy claro, las minas se concedían por denuncia a cualquier particular, previo cumplimiento de ciertos requisitos, «de tal modo que si se falta a lo que en ellas se previene se pueden conceder a otro cualquiera que por esa falta los denunciare» (Archivo General de la Nación, Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875).

Aunque la minería continuó siendo una actividad secundaria para la economía arequipeña, frente al auge incontenible de las lanas, la situación que presentaba la provincia de Caylloma a fines del siglo XIX, era completamente distinta a la de anteriores décadas. Y así también lo percibimos, a través de la correspondencia que el cónsul británico residente en el puerto de Mollendo enviaba a Londres en 1891, «las minas de plata progresan favorablemente, sobre todo la llamada “Cuchilladas”, empresa propiedad principalmente de capitales privados, muchos de los cuales son peruanos» (Bonilla, 1976, p. 21). La situación era distinta, porque había un mayor interés por invertir en minería, no solo en la provincia sino en todo el departamento. Como bien señalaba Flores Galindo (1977), solo «entre 1890 y 1899 se formaron alrededor de quince sociedades mineras en Arequipa», para la explotación de plata, oro, bórax, carbón, etc. Las primeras sociedades mineras formadas en Caylloma, como la «Compañía Minera de Caylloma» o la «Compañía Internacional de Caylloma», estuvieron constituidas por empresarios arequipeños y algunos inmigrantes extranjeros establecidos en la ciudad, dedicados al comercio de lanas y propietarios de reconocidas casas comerciales, como los españoles Miguel Forga y José Eguren; los alemanes Carlos Wagner, Augusto Hilser, Gustavo Moller, y Rodolfo Hoefle; el suizo Adolfo Hilkefer; y los ingleses, Guillermo Enrique Fletcher, Enrique W. Gibson (nacido en Arequipa), Alejandro Hartley y Jorge Federico Stafford.

Finalmente en 1890, se estableció la primera empresa de capitales extranjeros, la *British Caylloma Silver Mining Company Limited*. Cuyo paso por la región fue bastante fugaz a pesar de su enorme poder económico. El éxito tardó casi una década en llegar; debido, no solo a las dificultades propias de la minería de esta época, sino también «a la poca economía que hubo al comienzo de la explotación de la mina, pues se trajo desde Inglaterra muchos empleados con salarios muy altos; se construyeron casas y depósitos muy costosos y hubo otros gastos que de haberse suprimido se habría obtenido ventajosos resultados» (Bonilla, 1975, p. 21) denunciaba el cónsul británico en Mollendo. Según el catálogo de minas de 1896, la *British Caylloma* tenía bajo su control las minas de plata Alberta, Apóstoles, Aguas, y Anita (Archivo General de la Nación, 1896). A partir de 1900 las actividades empezaron a marchar algo mejor y la Compañía al parecer comenzó a reportar ciertas utilidades, aunque por muy breve tiempo. Así, al cabo de pocos años, en 1905, la primera empresa extranjera en la historia de Caylloma suspendió sus actividades definitivamente. Entre las muchas razones de su aparente fracaso estuvieron: la caída de los precios internacionales de la plata, de 7.04 £ el kilogramo en 1890 a 4.25 £, en 1894 y sobre todo, lo que podría haber llevado al quiebre de la empresa, fue la inundación de las principales minas y su incapacidad de poderlas drenar (Thorp y Bertram, 1985). Años después, una empresa chilena se hizo cargo de aquellos yacimientos e instaló en la zona una planta concentradora de 20 toneladas de capacidad por día, junto con una planta hidroeléctrica; aunque, tuvo serios problemas al pretender tratar los minerales por cianuración (Valdivia, 2003).

### ***Reflexiones finales***

La situación de la minería en la provincia de Caylloma, no era exclusiva de esta región; sino contrariamente, fue parte de una dura realidad por la que atravesó la minería peruana durante su primer siglo de vida independiente. Esta situación de postración y casi abandono respondía a una serie de factores como, la crisis económica e institucional de nuestros primeros gobiernos republicanos que duró varias décadas y no favoreció ninguna forma de inversión pública; posteriormente tenemos, la aparición de actividades económicas altamente rentables, de bajos costos de producción y gran demanda en el mercado internacional, como fueron las lanas en el sur del Perú y el guano, en la costa central, las cuales desalentaron cualquier inversión privada de largo plazo que representase grandes capitales, altos riesgos y rentabilidad incierta, al menos en sus momentos iniciales.

En el caso de las minas de Caylloma, el mayor inconveniente no fue necesariamente la falta de insumos, trabajadores, máquinas de extracción o la inexistencia de un rico e inagotable filón, sino principalmente, la ausencia de grandes capitales que permitieran

realizar todas estas inversiones a largo plazo. Lo que teníamos y desde hacía varios siglos, eran pequeños propietarios y arrendatarios mineros, de escasos capitales, dependientes de las eventuales habilitaciones y cuyas ínfimas ganancias en muchos casos solo permitían su propia reproducción y cuando era posible, la devolución de los préstamos a los habilitadores, mayormente comerciantes locales. Gracias a la bonanza económica generada por la comercialización y exportación de lanas, así como, el arribo de un nutrido contingente de comerciantes extranjeros en la segunda mitad del siglo XIX, llegaron también las anheladas inversiones mineras, que a la larga estimularon a los empresarios nacionales y abrieron el camino para el advenimiento de los grandes capitales extranjeros. Eso sí, dentro de una nueva coyuntura, marcada por la derrota peruana en la Guerra del Pacífico, el empobrecimiento de la oligarquía nacional despojada de sus fuentes tradicionales de enriquecimiento, una política estatal de mayor apertura a las inversiones extranjeras, especialmente mineras y el alza temporal en los precios internacionales de algunos minerales.

## Referencias

### Fuentes documentales

- Assadourian, C., Bonilla, H., Mitre, A. y Platt, Tristan. (1980). *Minería y espacio económico en los andes siglos XVI-XX*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Bonilla, H. (1975). *Gran Bretaña y el Perú 1826-1919: Informes de los cónsules británicos*, Volumen I, II, III y IV. Lima: Instituto de Estudios Peruanos-Fondo del Libro del Banco Industrial del Perú.
- Bonilla, H. (1977). *Gran Bretaña y el Perú. Los mecanismos de un control económico*. Volumen V. Lima: Instituto de Estudios Peruanos-Fondo del Libro del Banco Industrial del Perú.
- Brown, K. (2008). *Borbones y aguardiente. La reforma imperial en el sur andino. Arequipa en vísperas de la Independencia*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú-Instituto de Estudios Peruanos.
- Condori, V. (2010). La minería arequipeña a inicios de la República. Entre la crisis de la plata y la fiebre del oro, 1825-1830. *Allpanchis*, 76, 139-171.
- Condori, V. (2014). Economía y empresa en Arequipa a inicios de la República, 1825-1850. *Economía*, 74, 163-212.
- Contreras, C. (2004). *El aprendizaje del capitalismo. Estudios de historia económica y social del Perú Republicano*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Contreras, C. (2010). *El legado económico de la Independencia en el Perú*. Documento de Trabajo N° 301. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Deustua, J. (1986). *La minería peruana y la iniciación de la república, 1820-1840*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Deustua, J. (2009). *El embrujo de la plata. La economía social de la minería en el Perú del siglo XIX*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú-Instituto de Estudios Peruanos.
- Fisher, J. (1977). *Minas y mineros del Perú Colonial: 1776-1824*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Flores Galindo, A. (1977). *Arequipa y el sur andino: ensayo de historia regional (siglos XVIII-XX)*. Lima: Editorial Horizonte.
- Hunt, S. (2011). *La formación de la economía peruana. Distribución y crecimiento en la historia del Perú y América Latina*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú-Banco Central de Reserva del Perú-Instituto de Estudios Peruanos.

- Manrique, N. (1986). *Colonialismo y pobreza campesina. Cailloma y el valle del Colca siglos XVI-XX*. Lima: Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo.
- Molina Martínez, M. (1986). *El Real Tribunal de Minería de Lima (1785-1821)*. Sevilla: Diputación Provincial.
- Morales y Ugalde, J. (1827). *Manifestación del estado de la Hacienda de la República del Perú en fin de abril de 1827. Presentada al soberano Congreso Constituyente por el ciudadano encargado de la dirección del Ministerio José Morales y Ugalde*. Lima: Imprenta de J. M. Concha.
- Rivero y Ustariz, M. (1857). *Colección de memorias científicas, agrícolas e industriales publicadas en distintas épocas*. Tomo I. Bruselas: Imprenta de H. Goemaere.
- Samamé Boggio, M. (1979). *El Perú Minero*, Tomos I, IV y X. Lima: Instituto Científico y Tecnológico Minero.
- Thorp, R. & Bertram, G. (1985). *Perú: 1890-1977. Crecimiento y políticas en una economía abierta*. Lima: Mosca Azul Editores.
- Unanue, H. (1825). *Exposición sobre la Hacienda Pública del Perú por el Ministro de ella*. Lima: Imprenta del Estado.
- Valdivieso, L. (2003). Seguridad e higiene en la compañía minera Caylloma S. A. Tesis de Ingeniero. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Wibel, J. (1975). The Evolution of a Regional Community within Empire Spanish and Peruvian Nation. Arequipa 1780-1845. Tesis de Doctorado. Stanford University.
- Witt, H. (1992). *Diario 1824-1890. Un testimonio personal sobre el Perú del siglo XIX*. Tomo I. Lima: Banco Mercantil.

### **Fuentes de Archivo**

- Archivo General de la Nación (1826). O.L. 164, Ministerio de Hacienda, folios 4-6.
- Archivo General de la Nación. Tribunal de Minería, Caja 22, Documento 325, folio 4.
- Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Matías Morales, legajo 752, folio 482.
- Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Isidoro Cárdenas, legajo 549, folio 1.
- Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, José María Tejada, legajo 880, folios 891 y 914.



Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Manuel Primo de Luque, legajo 725, folio 422.

Archivo General de la Nación. Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875.

Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Toribio Linares, legajo 710, folio 204.

Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Higinio Talavera, legajo 864, folio 313.

Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, Higinio Talavera, legajo 865, folio 159.

Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, José María Tejada, legajo 881, folio 211.

Archivo Regional de Arequipa. Protocolos Notariales, José María Tejada, legajo 881, folio 256.

Archivo General de la Nación. Tribunal de Minería, Correspondencia, 1848-1875.

Archivo General de la Nación (1896). Dirección de Minas, Catálogo General, número 1.

### *Notas*

- <sup>1</sup> El asiento minero de Huayllura se encuentra ubicado en un páramo abandonado del actual distrito de Sayla, en la provincia de La Unión, departamento de Arequipa, a 4.330 msnm. Fue descubierto en 1827 por Juan Ángel (Angelino) Torres, natural de dicha provincia. En la época de su mayor auge (1827-1830) dicho yacimiento estuvo conformado por 31 minas. Aunque los primeros trabajos correspondieron al lugar llamado Pabellones, el verdadero boom aurífero se produjo años después en 1829, cuando se descubrió la fabulosa mina de Copacabana, que llegó a producir nada menos que 600.000 pesos en oro apenas comenzada su explotación. La razón, la presencia de abundante metal dorado en estado macizo, es decir «de cinco partes de metal, cuatro eran de oro puro». Con el tiempo vendría mucho más. En los siguientes dos años el asiento de Huayllura llegó a producir nada menos que 6 millones de pesos en oro. Es decir, casi cien veces el valor de la plata que el departamento producía anualmente por aquella época. Esta singular fiebre de oro arequipeña, favoreció como era de esperarse una masiva migración de mineros, campesinos, aventureros y oportunistas a la zona, quienes en pocos años llegaron a incrementar la población del asiento hasta alcanzar los 14.000 habitantes (Condori, 2010).

Cuestionario de Satisfacción S21/26:  
Análisis psicométrico preliminar en trabajadores  
administrativos

Sergio Alexis Dominguez-Lara

*Psicólogo por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tiene una Maestría en Psicología Clínica y de la Salud por la UNMSM y es candidato a Doctor en Psicología por la misma casa de estudios. Es Profesor investigador de la Universidad San Martín de Porres y labora en el Instituto de Investigación Psicológica de dicha universidad. Sus campos de especialización son la evaluación psicológica y la psicometría.*

Contacto: sdominguezmpcs@gmail.com; sdominguezl@usmp.pe

Gustavo Calderón-De la Cruz

*Estudiante de la Escuela Profesional de Psicología  
de la Universidad de San Martín de Porres.*

Fiorella Arroyo-García

*Estudiante de la Escuela Profesional de Psicología  
de la Universidad de San Martín de Porres.*



# Cuestionario de Satisfacción S21/26: Análisis psicométrico preliminar en trabajadores administrativos

S21/26 Job Satisfaction Questionnaire:  
Preliminary psychometric analysis in administrative workers

Sergio Alexis Dominguez-Lara, Gustavo Calderón-De la Cruz  
y Fiorella Arroyo-García  
*Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú*

Recibido: 02-10-2016

Aceptado: 21-11-2016

## **Resumen**

El objetivo del estudio fue realizar el análisis psicométrico preliminar del Cuestionario de Satisfacción laboral S21/26 en una muestra de trabajadores administrativos peruanos. Fueron evaluadas 100 personas (55% varones), con edades entre 21 y 58 años ( $M = 31.20$ ;  $DE = 7.022$ ). De forma preliminar fue modificado el formato de respuesta del S21/26, analizando la validez de contenido por medio del acuerdo entre jueces, y la estructura interna a través del análisis factorial exploratorio. Del mismo modo, la confiabilidad fue analizada tanto en puntajes observados como variables latentes. Los resultados indican que los ítems son representativos del constructo satisfacción laboral, aunque la estructura interna experimentó algunos cambios respecto a la versión original. Finalmente, la confiabilidad fue adecuada en todos los casos. Se discuten las implicancias metodológicas y prácticas de los hallazgos.

## **Palabras clave**

Satisfacción laboral, trabajadores peruanos, validez, confiabilidad, S21/26

## **Summary**

The aim of the study was to conduct the preliminary psychometric analysis of the S21/26 Job Satisfaction Questionnaire in a sample of Peruvian administrative workers. Were assessed 100 individuals (55% male) aged between 21 and 58 years ( $M = 31.20$ ,  $SD = 7.022$ ). Preliminarily, the answer format of S21 / 26 was changed to Likert-scale. It was analyzed the validity of content through judge agreement, and the internal structure using exploratory factor analysis. Similarly, the reliability was analyzed in latent variables as scores observed. The results indicate that the items are representative of the construct job satisfaction, although the internal structure experienced some changes from the original version. Finally, the reliability was adequate in all cases. Methodological and practical implications of the findings are discussed.

### **Key words**

Job satisfaction, Peruvian workers, validity, reliability, S21/26

### **Introducción**

En el mundo del trabajo, la ciencia psicológica brinda un aporte importante en cuanto a la investigación de la satisfacción laboral (Dalal & Credé, 2013) principalmente desde el marco de la salud ocupacional (Salanova, 2009). La importancia de su estudio radica en su vinculación con la salud y el bienestar del trabajador, así como al desempeño laboral, involucrando la efectividad y el desarrollo productivo de la persona (Spector, 1997). Actualmente, ante el panorama de las condiciones laborales donde la alta exigencia, la presión y competitividad están presentes afectando negativamente la salud en el trabajador (Gil-Monte, 2012; Sanin & Salanova, 2014), hechos no ajenos al contexto peruano, las organizaciones laborales requieren la evaluación de la salud de sus trabajadores desde aspectos tanto negativos (p.e., estrés laboral, burnout, etc.) como positivos (p.e., bienestar psicológico, satisfacción, etc.) (Salanova, Martínez & Lloren, 2014), destacando en estos últimos la satisfacción laboral (SL).

El estudio pionero sobre la comprensión de la SL lo propuso Hoppcock (1935, citado en Rafferty & Griffin, 2009). Frente al interés de abordaje, diversos investigadores se abocaron a definir la SL según el propósito de sus investigaciones, ocasionando que se torne un concepto ambiguo (Moreno-Jiménez, Ríos, Rodríguez, Canto-Ortiz, San Martín-García, & Pérles-Nova, 2010). En ese sentido, los debates más frecuentes son sobre su atribución como afecto o actitud (Weiss, 2002) y según su valoración, global o por facetas (situaciones específicas sobre el trabajo) (Meliá, et al., 1990; Spector, 1997). Otros planteamientos defienden la existencia de dos dimensiones de la SL, la satisfacción intrínseca y extrínseca (Herzberg, 1966), que en estudios peruanos se conjugan en una sola dimensión (Boluarte & Merino, 2015). No obstante, cada vez más, se acepta la idea de un enfoque multidimensional que engloba a la SL como una actitud global hacia el trabajo compuesto por varias facetas específicas (Judge, Hulin & Dalal, 2012).

Justamente una definición multidimensional lo propone Peiró (1984), considerando la SL como una actitud general de carácter positivo que el empleado presenta como resultante de una evaluación cognitiva, afectiva y conductual de aspectos específicos de su trabajo y la organización. Asimismo, esta definición se ajusta a los lineamiento teóricos necesarios para adecuar la medición del constructo SL según Dalal y Credé (2013), quienes lo consideran como una organización jerárquica (global y según sus facetas) de componentes actitudinales (cognitivos, afectivos y conductuales), siendo estas variables sensibles a los cambios en el tiempo.

Los instrumentos de medición creados bajo un enfoque multidimensional integran una evaluación global y específica del trabajo, siendo, las específicas, diferentes entre cada instrumento de evaluación (Judge & Klinger, 2007). No obstante, algunos estudios han reportado niveles bajos en las correlaciones entre el puntaje global y las facetas de la SL (Judge & Klinger, 2007) aunque para Gamboa, Gracia, Ripoll & Peiró (2007) asumir la multidimensionalidad facilita un abordaje más completo de la SL y permite obtener puntajes e interpretación independientes de cada factor que integra las facetas, siendo estos, comúnmente, factores extrínsecos, intrínsecos y sociales; no obstante, ello debe estar respaldado por evidencia empírica.

Entre los instrumentos que abordan la SL desde una óptica multidimensional, destaca el Cuestionario General de Satisfacción Laboral S4/82 (Meliá, Peiró & Calatayud, 1986), que consiste en una medición global y de diversas facetas de la SL que comprendía un total de 84 ítems en escalamiento Likert de siete opciones. Tomando este instrumento como base, fueron realizadas diversas modificaciones, derivando en diferentes versiones como el S20/23 (Meliá & Peiró, 1989b) compuesto de 23 ítems y el S10/12 (Meliá & Peiró, 1989a) de 12 ítems, pero conservando adecuadas propiedades psicométricas. Sin embargo, la distinción principal de las versiones es la información cualitativa obtenida en el diagnóstico. Ante ello, considerando la necesidad de utilizar escalas breves de evaluación y psicométricamente equivalentes a las versiones anteriores, surgió el Cuestionario de Satisfacción Laboral S21/26 (Meliá, et al., 1990), un instrumento de medición basado esencialmente en el S4/82 (Meliá & Peiró, 1986), cuyos principales cambios estuvieron en el formato de evaluación (ítems dicotómicos) y la modificación de las facetas de la satisfacción laboral.

Tras la revisión realizada al estudio psicométrico del S21/26 (Meliá et al., 1990), se detectaron algunas limitaciones que podrían ser superadas. Por ejemplo, el S21/26 a diferencia de sus predecesoras, propone ítems dicotómicos, siendo el procedimiento más apropiado es el uso de correlaciones tetracóricas (Dominguez, 2014), ya que las correlaciones Pearson asumen variables continuas. Por otro lado, el procedimiento analítico central de dicho estudio se basa en el paquete conocido como *Little Jiffy*: Análisis de Componentes Principales (ACP), regla de Kaiser (RK; autovalor > 1.00) para determinar el número de factores, y rotación Varimax (RV). Sin embargo, este procedimiento está ampliamente desacreditado en la literatura científica, constituyendo una seria amenaza en la validación de los constructos evaluados debido a las diversas limitaciones de cada uno de sus componentes, destacando la falta de diferenciación entre varianza común y específica (ACP), sobreestimación del número de factores (RK) y forzar la independencia factorial aun cuando existen razones teóricas para pensar en una solución factorial oblicua (RV) (Dominguez-Lara, & Merino-Soto, 2016; Ferrando, & Anguía-

no-Carrasco, 2010; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014; Navarro-Loli, & Merino-Soto, 2015).

En dicho estudio fueron obtenidos seis componentes: 1) Satisfacción con la supervisión y participación en la organización, 2) Satisfacción con las remuneraciones y prestaciones, 3) Satisfacción Intrínseca, 4) Satisfacción con el Ambiente Físico, 5) Satisfacción con la Cantidad de Producción y 6) Satisfacción con la calidad de producción. Sin embargo, no fue evaluada la simplicidad factorial (Kaiser, 1974; Fleming & Merino, 2005), es decir, el grado mediante el cual un ítem es influido solo por un factor de forma significativa. Finalmente, la confiabilidad fue evaluada mediante el coeficiente  $\alpha$  (Cronbach, 1951) utilizando los puntajes directos, pero sin considerar la evaluación de los supuestos para poder emplearlo (p. ej.: tau-equivalencia; Dominguez-Lara, Merino-Soto & Navarro-Loli, 2016), ni alternativas de análisis por medio de coeficientes basados en variables latentes, como el  $\omega$  (Dunn, Baguley & Brunsten, 2014; McDonald, 1999), cuyo cálculo no depende de condiciones tan restrictivas como las del coeficiente  $\alpha$ .

De este modo, dada la importancia de la valoración de la evaluación de la satisfacción laboral y su relación con el comportamiento organizacional (Spector, 1997), bienestar subjetivo (Bowling, Eschleman & Wang, 2010), clima ético de la organización (Deshpande, 1996), con la productividad y el rendimiento (Judge, Thoresen Bono & Patton, 2001), así como la carencia de instrumentos relacionados a los aspectos positivos en el trabajo en el contexto peruano, el presente manuscrito tiene por objetivo realizar un análisis psicométrico preliminar del Cuestionario de Satisfacción Laboral- S21/26 (Meliá et al., 1990) en trabajadores administrativos de una empresa retail.

## ***Método***

### **Participantes**

El muestreo utilizado fue de tipo intencional y basado la disponibilidad de los trabajadores a responder el cuestionario fuera de su horario laboral. La muestra estuvo formada por 100 trabajadores administrativos de una empresa retail ubicada en Lima Metropolitana (55% varones). La edad estuvo comprendida entre 21 y 58 años ( $M = 31.20$ ;  $DE = 7.022$ ), y hubo diferencia respecto al género de los participantes ( $t_{[98]} = 1.616$ ;  $p = .109$ ;  $d = .32$ ), la mayoría eran personas solteras (69%) y sin hijos (71%). En cuanto a la posición en la empresa, el 38% son asistentes, 42% analistas, y tres personas asumen jefaturas (dos trabajadores no consignaron ese dato), y la antigüedad del trabajador en la empresa va desde los seis hasta 219 meses ( $M = 43.05$ ;  $DE = 34.596$ ;  $Mdn = 36.00$ ).



## **Instrumentos**

*Cuestionario de Satisfacción S21/26* (Meliá et al., 1990), es una medida de autorreporte compuesta por 26 ítems que se agrupan en seis componentes orientados originalmente a la evaluación de la percepción de satisfacción de forma global y sobre facetas específicas del contexto laboral (p. e.: *Satisfacción con la Supervisión y Participación en la Organización, Satisfacción con la Remuneración y las Prestaciones*), a través de respuestas dicotómicas. Para el presente estudio fue utilizada una versión en la que cada ítem está escalado en un formato ordinal de cinco puntos (*Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, y Totalmente de acuerdo*).

## **Procedimiento**

De forma preliminar, fue modificado el formato de respuesta de un formato dicotómico a uno ordinal de cinco puntos (*Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, y Totalmente de acuerdo*) debido a que la primera propuesta es más problemática por la posible configuración de factores de dificultad (Dominguez, 2013) y presencia de efecto de piso o techo (Terwee et al., 2007), sobre todo cuando se trata de autorreportes, que tienden a la deseabilidad social y evalúan constructos relacionados a la vida laboral del individuo (Fernández-Arata & Merino-Soto, 2016). Asimismo, se examinó la pertinencia de los ítems para la evaluación del constructo en el contexto peruano mediante el criterio de jueces, en el que participaron ocho profesionales con experiencia en el campo de la psicología organizacional. Previa autorización de las jefaturas correspondientes, los instrumentos fueron aplicados en grupos de diez a veinte personas en un horario concertado con los trabajadores, y en algunos casos los instrumentos fueron entregados a los examinados y devueltos posteriormente. Solo participaron las personas que previamente firmaron el consentimiento informado. Fueron seguidas las indicaciones de la Declaración de Helsinki para estudios con humanos.

## **Análisis de datos**

Para la evaluación de la representatividad de los ítems fue utilizado el acuerdo entre jueces, y las respuestas fueron sistematizadas mediante la V de Aiken (1980; 1985), complementada con el uso de intervalos de confianza (IC; Fidler, 2002; Penfield & Giacobbi, 2004) calculados mediante un programa ad-hoc (Merino & Livia, 2009). Se utilizará un criterio no tan restrictivo (límite inferior del IC superior a .50) para valorar la pertinencia del ítem (Cicchetti, 1994).

Debido a la ausencia de estudios psicométricos en Latinoamérica, al tamaño muestral, y la cantidad de ítems se optó por un análisis factorial exploratorio (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010; Ferrando, & Lorenzo-Seva, 2014) utilizando el programa FACTOR (Lorenzo-Seva & Ferrando, 2007). Para la extracción factorial fue utilizado el método de mínimos cuadrados no ponderados (MCNP) con rotación oblicua Promin (Lorenzo-Seva, 1999), matriz de correlaciones policóricas (Dominguez, 2014), y el número de factores a extraer se determinó mediante el análisis paralelo (Horn, 1965) por ser una de las opciones que presenta mayor respaldo empírico (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010; Merino & Dominguez, 2015). Posteriormente, fue evaluada la simplicidad de los ítems (ISF-I) y los factores (ISF-F) con el programa SIMLOAD (Fleming, 2003) esperando magnitudes iguales o superiores a .80 (Dominguez-Lara, en prensa; Flemming & Merino, 2005; Merino & Grimaldo, 2011). Respecto a las evidencias internas de validez, se consideró el análisis de las correlaciones interfactoriales, esperando relaciones moderadas y teóricamente significativas como fuente de validez convergente y ausencia de multicolinealidad ( $r > .80$ ; Arias, 2008) como evidencia de validez discriminante.

La confiabilidad fue evaluada por medio de procedimientos enfocados tanto en puntajes observados como el coeficiente  $\alpha$  (Cronbach, 1951) con IC (Dominguez & Merino, 2015), así como en variables latentes mediante el  $\alpha_{\text{ordinal}}$  (Dominguez, 2012; Elosua & Zumbo, 2008) y  $\omega$  (McDonald, 1999).

### **Resultados**

La evaluación del acuerdo entre jueces (Tabla 1) indica que los ítems son representativos del constructo evaluado. El análisis descriptivo preliminar indica que todos los ítems presentan indicadores de asimetría y curtosis dentro de lo esperado ( $\pm 1.5$ ; Pérez & Medrano, 2010), lo cual no afectaría las estimaciones posteriores. Asimismo, el índice estandarizado de asimetría (Malgady, 2007) tiene valores aceptables (la mayoría, SSI  $< .70$ ), lo que indica que la distribución de los ítems no se aleja significativamente de la normalidad univariada.

En cuanto a los requisitos para ejecutar el análisis factorial, se obtuvo una matriz de correlaciones significativa ( $p < .01$ ); un KMO de .759, valor considerado aceptable (Hair, Anderson, Tatham & Black, 2005), y un test de esfericidad de Bartlett significativo ( $p < .01$ ).

El análisis paralelo sugirió la extracción de cuatro factores, que explican en su conjunto el 59.045% de la variabilidad de los puntajes. De forma paulatina se fueron descartando ítems que no alcanzaban una carga factorial de magnitud moderada ( $\lambda < .40$ ; Zwick

& Velicer, 1986), hasta llegar a una versión de 20 ítems. Los pesos factoriales finales fueron moderados y relativamente homogéneos al interior de cada factor (Tabla 2), aunque esto debe corroborarse con un modelo tau-equivalente por medio de métodos confirmatorios.

**Tabla 1.**  
**Validez de contenido y análisis descriptivo del S21/26**  
**en trabajadores peruanos**

	Validez de contenido		Análisis descriptivo				
	<i>V</i>	IC95%	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>g</i> <sub>1</sub>	<i>SSI</i>	<i>g</i> <sub>2</sub>
Ítem 1	.775	.606 - .885	3.18	.654	-.422	.493	.203
Ítem 2	.875	.719 - .950	2.97	.741	-.548	.499	.352
Ítem 3	.850	.690 - .935	2.93	.765	-.557	.476	.256
Ítem 4	.850	.690 - .935	2.79	.739	-.242	.222	-.145
Ítem 5	.825	.661 - .919	2.75	.740	-.309	.282	-.045
Ítem 10	.950	.816 - .988	2.61	.859	-.107	.073	-.610
Ítem 11	.900	.750 - .964	2.85	.792	-.212	.169	-.480
Ítem 13	.850	.690 - .935	2.93	.803	-.340	.264	-.422
Ítem 14	.875	.719 - .950	2.91	.776	-.101	.084	-.759
Ítem 15	.850	.690 - .935	2.99	.671	.012	.013	-.755
Ítem 16	.975	.852 - .996	2.86	.812	-.301	.228	-.424
Ítem 17	.975	.852 - .996	2.95	.753	-.484	.427	.138
Ítem 19	.900	.750 - .964	2.87	.832	-.276	.199	-.061
Ítem 20	.975	.852 - .996	2.99	.714	-.651	.639	.809
Ítem 21	.875	.719 - .950	2.95	.654	-.382	.447	.551
Ítem 22	.825	.661 - .919	2.91	.763	-.255	.219	-.371
Ítem 23	.875	.719 - .950	2.83	.801	-.154	.120	-.580
Ítem 24	.775	.606 - .885	2.95	.753	-.484	.427	.138
Ítem 25	.900	.750 - .964	3.00	.721	-.323	.311	-.161
Ítem 26	.850	.690 - .935	3.01	.656	-.010	.012	-.651

**Nota:** N= 100; *V*: *V* de Aiken; *M*: media aritmética. *DE*: desviación estándar; *g*<sub>1</sub>: asimetría de Fisher; *g*<sub>2</sub>: curtosis de Fisher. *SSI*: Índice estandarizado de Asimetría.

Los factores encontrados fueron denominados: Satisfacción intrínseca (F1; cinco ítems), Satisfacción con la supervisión (F2; cinco ítems), Satisfacción con la calidad de producción (F3; cuatro ítems), y Satisfacción con la participación (F4; seis ítems). Sin embargo, los ISF de ocho ítems están por debajo del mínimo requerido (< .80), por lo que deben

ser objeto de revisión a fin de que estén orientados a la evaluación de solo factor. La correlación interfactorial fue moderada en todos los casos ( $r < .50$ ), lo que da cuenta de validez interna convergente, y al no ser elevadas, brinda evidencia adicional de validez interna discriminante.

Finalmente, la confiabilidad fue evaluada por medio del coeficiente  $\alpha$ ,  $\alpha_{\text{ordinal}}$  y  $\omega$ , y las magnitudes halladas ( $> .70$ ; Merino, Navarro & García, 2014) (Tabla 2) indican que el error de medición es tolerable al menos con el tamaño muestral del presente estudio (Tabla 1 en Ponterotto & Charter, 2009).

### ***Discusión***

El objetivo del presente estudio fue recabar las primeras evidencias de validez y confiabilidad del S21/26 en trabajadores peruanos. Los resultados indican que el contenido de los ítems representa apropiadamente el constructo SL, la estructura factorial resultante es teóricamente coherente y los indicadores de confiabilidad apropiados.

Uno de los puntos álgidos respecto a la evaluación de la SL es la coherencia teórica y la correspondencia psicométrica desde una perspectiva multidimensional que brinden sustento a los instrumentos de medición (Law & Wong, 1999). Considerando este aspecto, la estructura factorial del instrumento guarda similitudes con la configuración original (Meliá et al., 1990), sobre todo en cuanto a la dimensión de *Satisfacción intrínseca*, aunque el factor *Satisfacción con la supervisión y participación* de Meliá et al. (1990), fue dividido en dos dimensiones en el presente estudio (segundo y cuarto factor; Tabla 2). Finalmente, el tercer factor (*Satisfacción con la calidad de producción*) guarda similitud con los dos últimos factores de Meliá et al. (1990). Los ítems vinculados con el ambiente físico (p.e., seis, siete y ocho) fueron eliminados debido a la elevada complejidad de los ítems, que se explican por el carácter indivisible del espacio físico con la labor realizada, lo que llevaría al trabajador a establecer una valoración no tan diferenciada.

Respecto a los coeficientes de confiabilidad (basados en variables observadas y variables latentes), en su conjunto presentan magnitudes adecuadas para fines de investigación y evaluaciones grupales (Merino et al., 2014; Ponterotto & Charter, 2009). Asimismo, son compatibles con los estudios psicométricos previos, pero aún no es recomendable su uso para la toma de decisiones individuales debido a la cantidad de error de medición presente. Cabe resaltar que no fueron comprobados los supuestos para el uso del coeficiente  $\alpha$ , cuyo cálculo estuvo orientado a la comparación con la versión original del S21/26.

**Tabla 2.**  
**Análisis factorial y de confiabilidad S21/26 en trabajadores peruanos**

	F1	F2	F3	F4	$h^2$	ISF-I
Ítem 1	.789	-.083	-.119	.003	.644	.957
Ítem 2	.921	-.234	-.010	.120	.917	.901
Ítem 3	.813	.052	.055	-.116	.680	.963
Ítem 4	.722	-.007	-.003	-.063	.525	.990
Ítem 5	.500	.154	.172	-.128	.320	.710
Ítem 13	-.045	.395	.133	.243	.235	.589
Ítem 14	-.187	.595	.078	.219	.443	.736
Ítem 15	-.159	.686	.084	.018	.503	.914
Ítem 16	.067	.867	-.018	-.141	.776	.958
Ítem 17	.116	.788	-.172	-.164	.691	.865
Ítem 23	-.045	-.291	.666	.305	.623	.629
Ítem 24	-.057	.122	.908	-.235	.898	.892
Ítem 25	.105	.147	.728	-.187	.598	.850
Ítem 26	.220	.146	.410	-.086	.245	.597
Ítem 10	.231	.051	-.105	.419	.243	.658
Ítem 11	.171	.231	-.250	.528	.424	.548
Ítem 19	-.003	.178	.064	.445	.234	.805
Ítem 20	.032	.098	.071	.548	.316	.934
Ítem 21	.001	.054	.100	.562	.329	.948
Ítem 22	.031	-.206	.367	.469	.398	.492
ISF-F	.927	.806	.781	.593	-	-
Autovalor	5.945	2.510	1.702	1.652		
%Varianza Explicada	29.725	12.551	8.512	8.258		
F1	1					
F2	.321	1				
F3	.459	.433	1			
F4	.411	.436	.411	1		
$\omega$	.870	.807	.783	.662		
$\alpha_{\text{ordinal}}$	.862	.795	.765	.660		
$\alpha$	.855	.807	.785	.757		
IC95% $\alpha$	.792 - .900	.726 - -.866	.696 - .850	.658 - .830		

**Nota:** n = 100; F1: Satisfacción intrínseca; F2: Satisfacción con la supervisión; F3: Satisfacción con la calidad de producción; F4: Satisfacción con la participación. ISF-I: Índice de simplicidad factorial del ítem; ISF-F: Índice de simplicidad factorial del factor;  $\omega$ : Coeficiente omega;  $\alpha$ : coeficiente alfa;  $\alpha_{\text{ordinal}}$ : coeficientes alfa ordinal.

Ante la falta de estudios instrumentales es difícil realizar contrastes más minuciosos. No obstante, considerando la rigurosidad con la que fueron construidos los cuestionarios que tienen como base los planteamientos de Meliá y Peiró (1998), y las limitaciones asociadas a un tamaño muestral reducido, y proclive a la deseabilidad social, como el de este estudio, la presente versión posee evidencias alentadoras de validez y confiabilidad que permitirían a los investigadores interesados continuar con estudios instrumentales, así como empíricos. Cabe resaltar que la eliminación de los ítems es de carácter provisional esperando que más adelante puedan poseer un comportamiento psicométrico estable.

La principal limitación de la presente investigación es la muestra proveniente de un tipo de empresa particular (*retail*), así, sus hallazgos no serían generalizables a otro tipo de instituciones con características más idiosincráticas (p.e., PYMES).

Como líneas futuras de investigación se plantea la posibilidad de ampliar la muestra y probar la pertinencia de un factor general que justifique el uso de una puntuación global a través de un modelo bifactor (Reise, 2012), así como su relación con constructos teóricamente relevantes (Yañez, Arenas & Ripoll, 2010). Por otro lado, es probable que existan diferencias en cuanto a la satisfacción laboral de acuerdo al sexo, antigüedad, o puesto laboral actual, pero dichas comparaciones deben ser ejecutadas en condiciones de invarianza de medición y estructural (Dimitrov, 2010) a fin de evitar los sesgos de medición. Por último, debido a la necesidad de contar con medidas breves para la evaluación de la satisfacción laboral en la práctica psicológica (Dolbier, Webster, McCalister, Mallon & Steinhardt, 2005), sería conveniente realizar estudios enfocados en muestras peruanas considerando los avances metodológicos que existen en el área, inclusive con relación a la validez y confiabilidad de las medidas de ítem único (Domínguez-Lara, & Merino-Soto, en prensa).

### **Referencias**

- Aiken, L. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaire. *Educational and Psychological Measurement*, 40, 955-959.
- Aiken, L. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45, 131-142.
- Arias, B. (2008). *Desarrollo de un ejemplo de análisis factorial confirmatorio con Lisrel, AMOS y SAS. Seminario de Actualización en Investigación sobre Discapacidad SAID 2008*. Universidad de Valladolid: España.
- Boluarte, A. & Merino, C. (2015). Versión breve de la escala de satisfacción Laboral: evaluación estructural y distribucional de sus puntajes. *Liberabit*, 21(2), 235-243.
- Bowling, N. A., Eschleman, K. J. & Wang, Q. (2010). A meta-analytic examination of the relationship between job satisfaction and subjective well-being. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 83, 915-934.
- Cicchetti, D. (1994) Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessments*, 6, 284-290.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Dalal, R. S. & Credé, M. (2013). Job satisfaction and other job attitudes. En Kurt F. Geisinger (Eds.), *APA Handbook of Test and Assessment in Psychology* (pp. 675-692). Washington DC: American Psychological Association.
- Deshpande, S. P. (1996). The impact of ethical climate types on facets of job satisfaction: an empirical investigation. *Journal of Business Ethics*, 15(6), 655-660.
- Dimitrov, D. M. (2010). Testing for factorial invariance in the context of construct validation. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 43(2), 121-149.
- Dolbier, C. L.; Webster, J. A.; McCalister, K. T.; Mallon, M. W. & Steinhardt, M. A. (2005). Reliability and validity of a single-item measure of job satisfaction. *American Journal of Health Promotion*, 19(3), 194-198.
- Dominguez-Lara, S. (en prensa). Análisis factorial exploratorio y complejidad factorial: más allá de las rotaciones. *Enfermería Clínica*.
- Dominguez, S. (2012). Propuesta para el cálculo del Alfa Ordinal y Theta de Armor. *Revista de Investigación en Psicología*, 15, 213-217.

- Domínguez, S. (2013). ¿Ítems Politémicos o Dicotómicos? Un estudio empírico con una escala unidimensional. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(3), 30-37.
- Domínguez, S. (2014). ¿Matrices Policóricas/Tetracóricas o Matrices Pearson? Un estudio metodológico. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 6, 39-48.
- Domínguez-Lara, S. & Merino-Soto, C. (en prensa). Fiabilidad por consistencia interna de medidas de un solo ítem. *Actas Urológicas Españolas*.
- Domínguez, S. & Merino C. (2015) ¿Por qué es importante reportar los intervalos de confianza del coeficiente alfa de Cronbach? *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13(2), 1326-1328.
- Domínguez-Lara, S. & Merino-Soto, C. (2016). Sobre o uso do Little Jiffy na validação dos testes: comentários a Ávila e colaboradores. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 65(2), 196-197.
- Domínguez-Lara, S.; Merino-Soto, C. & Navarro-Loli, J. (2016). Estimación de la Confiabilidad en Mediciones de dos ítems: el Coeficiente Angoff-Feldt. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 10(1), 34 – 40.
- Dunn, T. J.; Baguley, T. & Brunsden, V. (2014). From alpha to omega: A practical solution to the pervasive problema of internal consistency estimation. *British Journal of Psychology*, 105(3), 399-412.
- Elosua, P. & Zumbo, B.D. (2008). Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. *Psicothema*, 20(4), 896-901.
- Fernández-Arata, M. & Merino-Soto, C. (2016). El Lado Socialmente Deseable de las respuestas a medidas de Burnout y Engagement: un estudio preliminar. *Revista Colombiana de Psicología*, 25, 83-94.
- Ferrando, P. J. & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 18-33.
- Ferrando, P. & Lorenzo-Seva, U. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: algunas consideraciones adicionales. *Anales de Psicología*, 30(3), 1170-1175.
- Fidler, F. (2002). The 5th Edition of the APA Publication Manual: Why its statistics recommendations are so controversial. *Educational and Psychological Measurement*, 62, 749-770.
- Fleming, J. (2003). Computing measures of simplicity of fit for loadings in factor-analytically derived scales. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 34, 520-524.



- Fleming, J. & Merino, C. (2005). Medidas de simplicidad y ajuste factorial: Un enfoque para la construcción y revisión de escalas derivadas factorialmente. *Revista de Psicología*, 23(2), 252-266.
- Gil-Monte, P. (2012). Riesgos psicosociales en el trabajo y salud ocupacional. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 29(2), 237-241.
- Gamboa, J. P.; Gracia, L. F.; Ripoll, P. & Peiró, J. M. (2007). *La empleabilidad y la iniciativa personal como antecedentes de la satisfacción laboral*. Documento de Trabajo N° 1. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Recuperado de: <http://www.ivie.es/downloads/docs/wpasec/wpasec-2007-01.pdf>.
- Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R. & Black, W. (2005). *Análise Multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman.
- Herzberg, F. (1966). *Work and the nature of man*. Cleveland, OH: World Publishing Company
- Horn, J. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30, 179-185.
- Judge, T. A.; Hulin, C. L. & Dalal, R. S (2012). Job satisfaction and job affect. En Steve W. J. Kozlowski (Eds.). *The Oxford Handbook of Organizational Psychology* (pp. 496-525). New York: Oxford University Press.
- Judge, T. A. & Klinger, R. (2007). Job Satisfaction, subjective well-being at work. En M. Eid., & Larsen. R. J. (Eds.). *The Science of Subjective Well-Being*. New York: The Guilford Press.
- Judge, T. A.; Thoresen, C. J.; Bono, J. E. & Patton, G. K. (2002). The job satisfaction-job performance relationship: a qualitative and quantitative review. *Psychological Bulletin*, 127(3), 376-407
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Law, K. S., & Wong, C. (1999). Multidimensional constructs in structure equation analysis: an illustration using the job perception and job satisfaction constructs. *Journal of Management*, 25(2), 143-160.
- Lorenzo-Seva, U. (1999). Promin: a method for oblique factor rotation. *Multivariate Behavioral Research*, 34,347-356.
- Lorenzo-Seva, U. & Ferrando, P. (2007). *FACTOR: A computer program to fit the exploratory factor analysis model*. University Rovira i Virgili.
- Malgady, R. (2007). How skew are psychological data? A standardized index of effect size. *The Journal of General Psychology*, 134(3), 355-359.

- McDonald R.P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Mahwah, N. J.: L. Erlbaum Associates.
- Meliá, J. L. & Peiró, J. M. (1989a). El cuestionario de satisfacción laboral S10/12: estructura factorial, fiabilidad y validez. *Revista de Psicología del Trabajo y las Organizaciones*, 4(11), 179-187.
- Meliá, J. L. & Peiró, J. M. (1989b). La medida de la satisfacción laboral en contextos organizacionales: el cuestionario de satisfacción S20/23. *Psicologemas*, 5, 59-74.
- Meliá, J. L.; Peiró, J. M & Calatayud, C. (1986). El cuestionario general de satisfacción laboral en organizaciones laborales: estudios factoriales, fiabilidad y validez (presentación del cuestionario S4/82). *Millars*, 11, 43-77.
- Meliá, J. L.; Pradilla, J. F.; Martí, N.; Sancerni, M. D.; Oliver, A. & Tomás, J. M. (1990). Estructura factorial, fiabilidad y validez del cuestionario de satisfacción S21/26: un instrumento con formato dicotómico orientado al trabajo profesional. *Universitas Tarraconensis*, 12, 25 - 39.
- Merino, C. & Dominguez, S. (2015). Sobre la elección del número de factores en estudios psicométricos en la Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13(2), 1320-1322.
- Merino, C. & Grimaldo, M. (2011). Complejidad factorial y conductas moralmente controversiales. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 3(3), 38-43.
- Merino, C. & Livia, J. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice de validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken. *Psicothema*, 25, 169-171.
- Merino, C.; Navarro, J. & García, W. (2014). Revisión de la consistencia interna del Inventario de Inteligencia Emocional de Bar-On, EQ-I: YV. *Revista Peruana de Psicología y Trabajo Social*, 3, 141-154.
- Moreno-Jiménez, P.; Ríos-Rodríguez, L.; Canto-Ortiz, J.; San Martín-García, J. & Perles-Nova, F. (2010). Satisfacción laboral y burnout en trabajos poco cualificados: diferencias entre sexos en población inmigrante. *Revista de Psicología del Trabajo y las Organizaciones*, 26(3), 255-265.
- Navarro-Loli, J. & Merino-Soto, C. (2015). Estructura interna del SF-12: Observaciones a Vera-Villaruel et al (2014). *Revista Médica de Chile*, 143(7), 949-951.
- Peiró, J. M. (1984). *Psicología de la Organización*. Madrid: UNED.

- Penfield, R. & Giacobbi, P. (2004) Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213-225.
- Pérez, E. & Medrano, L. (2010) Análisis Factorial Exploratorio: Bases Conceptuales y Metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 2, 58-66.
- Rafferty, A. E. & Griffin, M, A. (2009). Job satisfaction in organizational research. En D. A. Buchanan., & A. Bryman (Eds.). *The SAGE Handbook of Organizational Research Methods* (pp. 196-212). London: SAGE Publication.
- Reise, S. P. (2012). The rediscovery of bifactor measurement models. *Multivariate Behavioral Research*, 47(5), 667-696.
- Salanova, M. (2009). *Psicología de la Salud Ocupacional*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Salanova, M.; Martínez, I. M. & Llorens, S. (2014). Una mirada más positiva a la salud ocupacional desde la psicología organizacional positiva en tiempo de crisis: aportaciones desde el equipo de investigación Wont. *Papeles de Psicólogo*, 3, 22-30.
- Sanin, J. A. & Salanova, M. (2014). Satisfacción laboral: el camino entre el crecimiento psicológico y el desempeño laboral en empresas colombianas industriales y de servicios. *Universitas Psychologica*, 13, 95-107.
- Spector, P. E. (1997). *Job Satisfaction: Application, Assessment, Causes and Consequences*. EEUU: SAGE Publications.
- Terwee, C. B.; Bot, S. D.; de Boer, M. R.; van der Windt, D. A.; Knol, D. L.; Dekker, J.; Bouter, L. M. & de Vet, H.C. (2007). Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *Journal of Clinical Epidemiology*, 60, 34-42.
- Ponterotto, J. G. & Charter R.A. (2009). Statistical extensions of Ponterotto and Ruckdeschel's (2007) reliability matriz for estimating the adequacy of internal consistency coefficients. *Perceptual and Motor Skills*, 108, 878-886.
- Yañez, R.; Arenas, M. & Ripoll, M. (2010). El impacto de las relaciones interpersonales en la satisfacción laboral general. *Liberabit*, 16(2), 193-202.
- Weiss, H. M. (2002). Deconstructing job satisfaction separating evaluations, beliefs and affective experiences. *Human Resource Management Review*, 12, 173-194.
- Zwick, W. & Velicer, W. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99, 432-442.



# Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos

Efraín Mayhua-López

*Doctor y Máster en Multimedia y Comunicaciones por la Universidad Carlos III de Madrid (España). Máster en E-Business: Telecomunicaciones y nuevos modelos de negocios por la Universidad de Cantabria (España). Ingeniero Electrónico. Es Docente Investigador de la Universidad Católica San Pablo y Director del centro de Investigación en Electrónica y Telecomunicaciones de dicha universidad.*

Contacto: [emayhua@ucsp.edu.pe](mailto:emayhua@ucsp.edu.pe)

Jimmy Ludeña-Choez

*Doctor y Máster en Multimedia y Comunicaciones en la especialidad de Tratamiento de Señales y Datos por la Universidad Carlos III de Madrid (España). Ingeniero Electrónico por la Universidad Nacional de San Agustín. Es miembro del Grupo de procesado multimedia del Departamento de Teoría de la Señal de la Universidad Carlos Tercero de Madrid. Es Docente Investigador de la Universidad Católica San Pablo.*

Jorge Tamayo-Bedregal

*Labora en la empresa Santa Gabriela S.A.C.*

Mavileine Cuba-Reyes

*Pertecene a la empresa Santa Gabriela S.A.C.*

Ángela Nuñez-Zambrano

*Trabaja en la empresa Santa Gabriela S.A.C.*

Noelia Gonzales-Ale

*Se desempeña laboralmente en la empresa Santa Gabriela S.A.C.*

Daniel Lozada-Herrera

*Pertecene a la empresa Santa Gabriela S.A.C.*



# Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos

Automatic Drip Irrigation System by using  
a Wireless Sensors Network

Efraín Mayhua-López\*, Jimmy Ludeña-Choez\*, Jorge Tamayo-Bedregal\*\*,  
Mavileine Cuba-Reyes\*\*, Ángela Núñez-Zambrano\*\*, Noelia- Gonzales-Ale\*\* y  
Daniel Lozada-Herrera\*\*  
*Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú\**  
*Santa Gabriela S.A.C., Arequipa, Perú\*\**

## **Resumen**

El agua es el elemento esencial para aprovechar el potencial de la tierra, su empleo y gestión constituyen un factor fundamental para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. Según la FAO, al final del siglo XX, la agricultura ha empleado el 70% de toda el agua utilizada en el mundo y estima que el destinado a riego crecerá en 14% para el 2030. En el Perú, estas cifras son aún mayores, se utiliza el 80% del agua en agricultura y se estima que para el 2030 el consumo de agua en agricultura crecerá en 14%. El 40% de agua destinada para riego se desperdicia por diferentes factores, entre ellas una mala gestión en el riego o el uso de sistemas de riego tradicionales. A causa del cambio climático, en algunos lugares, la escasez de agua es cada vez mayor limitando la capacidad de producción local de alimentos. Para enfrentar dicha escasez y mejorar la rentabilidad agrícola, es decir producir más con menos agua, se hace latente la necesidad del desarrollo de prácticas de gestión eficiente del agua. En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sistema de gestión inteligente de riego por goteo utilizando una red de sensores inalámbricos tipo *ZigBee*. El sistema está conformado por nodos terminales que se encarga de medir las condiciones ambientales del suelo haciendo uso de sensores de humedad, temperatura y conductividad eléctrica, nodos ruteadores encargados de actuar sobre las válvulas solenoides de riego y establecer una topología de comunicación tipo malla para, de este modo, encaminar las comunicaciones desde y hacia un nodo coordinador. El nodo coordinador envía los datos del campo hacia un servidor donde se instala un software de gestión y control predictivo que de acuerdo con los valores de las condiciones ambientales envía ordenes primero hacia un controlador que acciona la bomba principal y segundo hacia las válvulas solenoides utilizando la red de comunicaciones tipo malla establecido por el nodo coordinador y los nodos ruteadores. La gestión y control de las funcionalidades del servidor se pueden realizar de forma remota mediante cualquier dispositivo que esté conectado a Internet, incluso desde dispositivos móviles.

**Palabras clave:**

Redes de sensores, riego por goteo, riego inteligente, control automático de riego.

**Summary**

Water is the essential element for harnessing the potential of land, its use and management is a key factor in raising the productivity of agriculture and ensuring predictable production. According to the FAO, at the end of the 20th century, agriculture has used 70% of all water used in the world and estimates that irrigation will grow by 14% by 2030. In Peru, these numbers are even higher, 80% of water is used in agriculture and it is estimated that by 2030 water consumption in agriculture will grow approximately 14%. 40% of water destined for irrigation is wasted by different factors, including poor management of irrigation or use of traditional irrigation systems. As a result of climate changes, in some places, the scarcity of water is increasingly limiting the ability of local food production. In order to face this shortage and improve agricultural profitability, this means to produce more with less water, the need to develop efficient water management practices becomes latent. In this paper, the development of an intelligent drip irrigation management system using a ZigBee wireless sensor network is presented. The system is made up of nodes that are responsible for measuring the environmental conditions of the ground using moisture sensors, temperature and electrical conductivity. Router nodes are in charge of acting on the irrigation solenoid valves and establish a mesh-type communication topology in order to route communications to and from a coordinating node. The coordinating node sends the data from the field to a server where a management and predictive control software is installed that according to the values of the environmental conditions, sends orders first to a controller that drives the main pump and second to the solenoid valves using the Network of mesh type established by the coordinating node and the routing nodes. The management and control of server functionalities can be performed remotely by any device that is connected to the Internet, even from mobile devices.

**Key words:**

Sensor networks, drip irrigation, intelligent irrigation, automatic irrigation control.

**Introducción**

El crecimiento de la población mundial está generando una serie de necesidades. Según el *World Population Prospects* (2015) de la Organización de Naciones Unidas (ONU) (United Nations, 2015), la población mundial en la actualidad es de aproximadamente 7.4 millones y se estima que para el año 2050, esta se incrementará hasta los 9.7 millones de personas. Este crecimiento genera una serie de necesidades, principalmente mayor producción de alimentos y de forma sostenible. Una mejora en la producción de alimentos implica mejorar la productividad de los cultivos, aumento de los campos de cultivo y por ende un mayor consumo de agua.

El agua es el elemento esencial para aprovechar el potencial de la tierra; en el mundo, su empleo y gestión es un factor fundamental para elevar la productividad de la agricultura



y asegurar una producción previsible. Según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), al final del siglo XX, la agricultura ha empleado el 70% de toda el agua utilizada en el mundo y estima que la destinada a riego crecerá en 14% para el 2030. En el Perú, estas cifras son aún mayores, se utiliza el 80% del agua en agricultura y se estima que para el 2030 el consumo de esta en la agricultura crecerá en 14% (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013). Se calcula que el 40% de agua destinada a riego se desperdicia por diferentes factores; entre ellas, una mala gestión en el riego o el uso de sistemas de riego tradicionales. A causa del cambio climático, en algunos lugares, la escasez de agua es cada vez mayor, limitando la capacidad de producción local de alimentos. Para enfrentar dicha escasez y mejorar la rentabilidad agrícola; es decir, producir más con menos agua, se hace latente la necesidad del desarrollo de prácticas de gestión eficiente del agua (Singh, 2014).

El riego es la aplicación controlada de agua en áreas de cultivo por medio de sistemas artificiales que abastecen las necesidades de agua de los cultivos. Existen varios métodos de riego que se utilizan de formas diferentes en todo el mundo. Entre los más utilizados se pueden mencionar: el de *pivote central*, que es un riego por aspersión automatizado por rotación de una pluma de rociadores; el riego *por goteo*, que es un sistema planificado en que se aplica el agua directamente a la zona de raíces de las plantas por medio de goteros operados a baja presión; el de *inundación*, donde la aplicación de agua de riego en la superficie de la tierra se realiza dejando que esta se estanque; el riego *por surco*, método de inundación de superficie parcial de riego, donde se aplica agua en los surcos o filas del área de cultivo. Otros métodos utilizados son los de *gravedad y rotación*. En la obra de James (1987) se puede encontrar una amplia descripción de diferentes métodos de riego, procedimientos de diseño, aplicación en diferentes cultivos; además de ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

La gestión del riego se puede realizar mediante tres enfoques diferentes: por aproximación agro-meteorológica, según el comportamiento de las plantas y, de acuerdo con las condiciones ambientales del suelo. En el primer enfoque, la evaporación de la superficie de la planta se equipara a la evaporación de un cuerpo de agua sumando los ajustes apropiados, la evaporación a partir de un cuerpo de agua se ve afectada principalmente por un balance de energía y las condiciones del viento. El ajuste tiene en cuenta un coeficiente empírico de la planta (Allen, 2005), dado que la superficie de la hoja no es un cuerpo abierto y el área sobre el suelo que cubre la planta cambia durante el desarrollo del cultivo, el área de cobertura del suelo (área foliar) es muy difícil de medir y por lo general solo se estima mediante aproximaciones. En la práctica, se utilizan estaciones meteorológicas que miden las variables ambientales y calculan la evaporación potencial utilizando la ecuación de Penman Monteith (Allen, 2005).

El segundo enfoque, busca indicadores en la planta para determinar cuándo regar. Algunos de estos indicadores que han mostrado estar en correlación con el rendimiento de la planta son la conductancia estomática, fotosíntesis, crecimiento de las plantas, el tamaño del fruto, rendimiento, etc. El potencial hídrico del tallo al mediodía, el uso de la bomba Scholander (presión) (Powell & Coggins, 1985), son utilizados principalmente en la investigación con un intento de ampliar su uso en la práctica, ofreciendo un servicio adicional al agricultor. Esta técnica es destructiva, requiere calibración; afectada por las condiciones ambientales, otorga solo una guía al agricultor y no es en tiempo real (son necesarios mediciones de una vez por semana) y no se presta a la automatización (James, 1987). Un sistema alternativo es el uso de la dendrometría, pero requiere de calibración y su uso no puede ser comercializado. Además, los dendrómetros no se pueden utilizar con plantas herbáceas. En los últimos años se introdujo la medición del grosor de las hojas en un intento de medir la escasez de agua de la planta. Sin embargo, el espesor de la hoja está oscilando durante el día, a causa de cierre de los estomas para evitar el estrés y la deshidratación, y el cambio tiene que ser seguido por varios días y calibrado (Ballester, Buesa, Bonet & Intrigliolo, 2014). Otra técnica que se está explorando es la termometría de infrarrojos para el control de riego. La escasez de agua hace que la planta cierre las estomas causando un aumento de la temperatura de la hoja. Mediante fotografía infrarroja aérea, se puede apuntar a la escasez de agua y la necesidad de riego, pero esta técnica también requiere de calibración y su uso no es práctico hoy en día para un agricultor ordinario. La desventaja de todos los sistemas basados en plantas es el abandono de la tierra y la necesidad de aplicar el agua por ensayo y error (Gontia & Tiwari, 2008).

El tercer enfoque considera que el suelo es la reserva de agua para el crecimiento vegetal y la idea es mantener el depósito lleno. En este enfoque, el control de riego se basa en el contenido de agua o en las medidas de la tensión del agua del suelo. Los científicos usan dispersión de neutrones (*Neutron Scattering*, NS) (Shahrokhnia & Sepaskhah, 2016) o reflectometría de dominio temporal (*Time Domain Reflectometry*, TDR) (Kirkham, 2014) para la determinación absoluta del contenido de agua del suelo. Los métodos de NS miden un volumen limitado de la tierra, es costoso, emite radiación y no es aplicable para el uso diario por un agricultor. Varias compañías están comercializando sondas de suelo para la medición de la humedad del suelo. Algunas de estas sondas se basan en TDR. Las sondas de suelo, con excepción de las TDR, no miden el contenido de agua en suelo directamente y por lo tanto requieren una calibración. Las sondas de suelo se ven afectadas por la temperatura del suelo y la salinidad, además de medir solo un área limitada de volumen.

De otro lado, las tecnologías de comunicaciones inalámbricas han sido objeto de un rápido desarrollo en los últimos años. Se están desarrollando distintos tipos de tecnologías inalámbricas que van desde las que utilizan luz infrarroja para cortos alcances, las comunicaciones punto a punto, hasta la red de área personal inalámbrica (WPAN) de corto alcance. Las comunicaciones punto a multipunto, tales como Bluetooth y ZigBee, las redes de área local de múltiples saltos, la red de área local inalámbrica (WLAN), hasta los sistemas de telefonía celular de larga distancia, como GSM/GPRS y CDMA (Ojha, Misra & Raghuwanshi, 2015). El despliegue de sensores inalámbricos y redes de sensores en la agricultura y la industria alimentaria se encuentran todavía en la etapa inicial; las aplicaciones pueden ser clasificadas en cinco categorías: vigilancia del medio ambiente, la agricultura de precisión, control de procesos, automatización de edificios e instalaciones y los sistemas de trazabilidad. Los sensores inalámbricos se han utilizado en la agricultura de precisión para ayudar en la recolección de datos, la gestión del riego de precisión y el suministro de datos a los agricultores (Dener & Bostancioğlu, 2015; Ojha, Misra, & Raghuwanshi, 2015; Wang, Zhang & Wang, 2006). Sin embargo, son pocos los productos que están disponibles para el uso de un agricultor común o su uso requiere de fuertes inversiones que son inviables para muchos agricultores. En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sistema de gestión inteligente de riego por goteo utilizando una red de sensores inalámbricos tipo *ZigBee*. El sistema está conformado por nodos terminales que se encargan de medir las condiciones ambientales del suelo haciendo uso de sensores de humedad, temperatura y conductividad eléctrica; nodos ruteadores encargados de actuar sobre las válvulas solenoides de riego y establecer una topología de comunicación tipo malla para encaminar las comunicaciones desde y hacia un nodo coordinador. El nodo coordinador envía los datos del campo hacia un servidor donde se instala un software de gestión y control predictivo que de acuerdo con los valores de las condiciones ambientales envía órdenes primero hacia un controlador que acciona la bomba principal y segundo hacia las válvulas solenoides utilizando la red de comunicaciones tipo malla establecido por el nodo coordinador y los nodos ruteadores. La gestión y control de las funcionalidades del servidor se pueden realizar de forma remota mediante cualquier dispositivo que esté conectado a Internet, incluso desde dispositivos móviles.

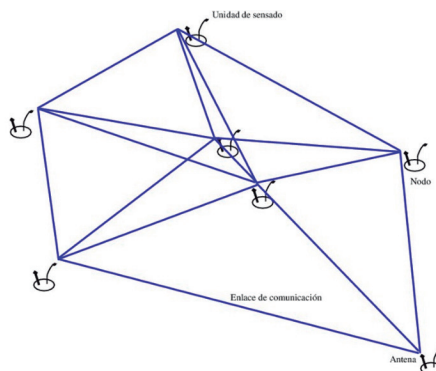
Este trabajo se ha organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se describen de forma genérica las redes de sensores inalámbricas, centrandó su descripción en las potencialidades que estas presentan para ser aplicadas en la gestión del riego. Luego, en la sección 3, se presentan los trabajos previos realizados con redes de sensores inalámbricas para la gestión del riego. Seguidamente, en la sección 4 presentamos nuestra propuesta, en la sección 5, los resultados de la evaluación del desempeño y finalmente, en la sección 6 damos a conocer las conclusiones.

### ***Redes de sensores inalámbricos***

Con el creciente desarrollo de los dispositivos inalámbricos de comunicación y de los sistemas electrónicos con bajo consumo de energía, es posible implementar una red inalámbrica que consta de nodos equipados con sensores y antenas; es decir, una red de sensores \cite{cit:akyildiz2002}. Los nodos de una red de sensores pueden trabajar de manera independiente y cooperativa.

Un nodo es un dispositivo con capacidad de censado, procesamiento y comunicación. Una red de sensores es una colección de nodos conectados entre sí, capaces de adquirir cierta información de su entorno, procesar dicha información y transmitirla a un centro de fusión de datos. Las redes de sensores inalámbricos se caracterizan por la transmisión de información mediante radiofrecuencia, gracias al tamaño reducido de los nodos, el bajo coste económico y su capacidad de procesado limitada (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam & Cayirci, 2002).

Son muchas las aplicaciones que se pueden implementar con las redes de sensores, solo por mencionar algunos ejemplos, el monitoreo de fenómenos meteorológicos, las erupciones volcánicas o los terremotos, la vigilancia y la seguridad (Xu, 2002). La mayoría de estas aplicaciones requieren un conocimiento previo de las posiciones de los nodos y de la propia red, en particular, en las aplicaciones de localización y seguimiento de otro elemento perteneciente a la red (Gustafsson, Gunnarsson & Lindgren, 2012). Por lo general, se suele asumir que los sensores se encuentran en posición conocida a priori. En la Figura 1 se muestra el esquema de una red de sensores con 7 nodos, cada nodo tiene una unidad de sensado y un sistema de comunicación. Se puede notar que el grafo de conectividad no siempre es completo, esto se debe a las limitaciones en potencia o la interferencia entre sensores (Gupta & Kumar, 2000).



**Figura 1.**  
**Grafo de conectividad de una red inalámbrica de sensores**

Las características más destacadas de las redes inalámbricas de sensores que, como una herramienta potencial, han permitido la automatización en el sector agrícola, son:

- *Inteligente capacidad de toma de decisiones:* Son de naturaleza multi-salto. En un área grande, esta característica mejora la eficiencia energética de la red general, y por lo tanto, aumenta la vida de la red. Al utilizar esta función, múltiples nodos sensores colaboran entre sí, y colectivamente toman la decisión final.
- *Configuración dinámica de su topología:* Para conservar la energía de la batería de nodos, un nodo sensor entra en modo dormido la mayor parte del tiempo; estos, en colaboración con técnicas de gestión de topología pueden tomar decisiones. Para maximizar la vida de la red, la topología de red está configurada de tal manera que el número mínimo de nodos permanecen en el modo activo.
- *La tolerancia a fallos:* Un reto común en el despliegue de las redes de sensores inalámbricos es que los nodos sensores son propensos a fallos. En tales circunstancias, el despliegue de nodos no planificado puede conducir a la partición de la red, y a su vez, el rendimiento global de la red se ve afectado. Sin embargo, en contra medida, los nodos sensores pueden auto-organizarse configurando dinámicamente la topología de red.
- *Sensibilidad al contexto:* En base a la información detectada sobre los parámetros físicos y ambientales, los nodos sensores pueden adquirir conocimientos sobre el contexto que los rodea. Las decisiones que toman dependen de su sensibilidad al contexto.
- *Escalabilidad:* En general, los protocolos de redes de sensores inalámbricos, están diseñados para ser implementados en cualquier red, independientemente de su tamaño y número de nodos. Esta característica, sin duda, amplía el potencial para numerosas aplicaciones.
- *Heterogeneidad de los nodos:* A menudo se supone que una red debe estar compuesta por dispositivos sensores homogéneos. Sin embargo, en muchos escenarios realistas, los dispositivos son heterogéneos con respecto al tratamiento y el cálculo de potencia, memoria, capacidad de detección, la unidad de transceptor y capacidad de movimiento.
- *Tolerancia frente a fallos de comunicación en condiciones ambientales duras:* Debido a la amplia gama de aplicaciones en entornos agrícolas abiertos, las comunicaciones

inalámbricas sufren los efectos de las condiciones ambientales adversas. La pila de protocolos incluye técnicas para soportar el efecto de fallos de comunicación en la red que surgen debido a los efectos ambientales.

- *Modo de funcionamiento autónomo:* Una característica importante de redes inalámbricas de sensores es su modo de funcionamiento autónomo, la capacidad de adaptación. En aplicaciones agrícolas, esta característica, ciertamente, desempeña un papel importante, permite un modo fácil y avanzado de operación.
- *Seguridad de la información:* Encaminan la información en bruto sobre los parámetros del campo en análisis. Para garantizar la seguridad de la información, proporcionan mecanismos de control de acceso y detección de anomalías para impedir que los usuarios no autenticados se integren a la red.

### ***Redes de sensores inalámbricos en agricultura***

Las redes de sensores inalámbricos se han utilizado para el riego automatizado en agricultura (ur-Rehman, Abbasi, Islam & Shaikh, 2014). Estas aplicaciones abordan el problema de la escasez de agua y la necesidad de una gestión adecuada del agua. Esto se logra mediante el suministro de agua solo para lugares donde se necesita, mientras que al mismo tiempo se controla la cantidad de agua consumida. Varios modelos, sistemas y metodologías para el riego se han desarrollado; todos los modelos analizados tienen similitud en el uso de elementos similares y la forma como se presenta la solución al problema de riego automático, que podemos resumirlos en dos tipos:

### **Riego automático de campo y sistema de control**

Este sistema se refiere a la automatización del campo de riego. El modelo comprende un sistema de adquisición de datos, un bucle de control, una fuente de energía y una fuente de alimentación, un circuito de visualización, un circuito de alarma y un circuito de comunicación de datos. El sistema de recolección de datos está formado por sensores de humedad del suelo con un circuito de acondicionamiento de señal. El circuito de control está formado mediante un relé, una válvula electromagnética y un módulo de irrigación. El bucle de comunicación de datos está formado por circuitos transmisores-receptores tipo *ZigBee*, una red inalámbrica *ZigBee* y un ordenador. Un módulo central microordenador de un solo chip se comunica con el ordenador a través del coordinador de la red inalámbrica *ZigBee*. Según los autores, este modelo posee ventajas porque el módulo central del microordenador de un solo chip se utiliza para medir automáti-

camente la información de la humedad del suelo y el control de apertura y cierre del módulo de riego. También mencionan que poseen alta flexibilidad y precisión, y el mantenimiento se puede lograr convenientemente (Howell & Meron, 2007; Thomson & Threadgill, 1987).

### **Sistema de riego por goteo automático con redes de sensores inalámbricos**

Se refieren a sistemas de riego por goteo automático con una red de sensores inalámbricos. El sistema comprende de una PC, nodos *ZigBee* de pasarela, nodos terminales, nodos routers, sensores y un mecanismo de ejecución. La PC está conectado con el nodo pasarela *ZigBee* a través de un cable de comunicación, los nodos terminales y el nodo enrutador están conectados al nodo pasarela *ZigBee* a través de una red inalámbrica. El nodo enrutador está conectado al mecanismo de ejecución, y los sensores están conectados a los nodos terminales. De acuerdo con la red inalámbrica de sensores el sistema de riego automático de goteo puede saber la condición del campo y controlar con precisión en tiempo real. Las mejoras que mencionan los autores se reflejan en la productividad del trabajo, la eficiencia económica, la reducción de pérdidas, la disminución en el coste laboral y las ventajas en el ahorro de agua.

### ***Sistema propuesto***

El sistema está conformado por nodos terminales que se encargan de medir las condiciones ambientales del suelo haciendo uso de sensores de humedad, temperatura y conductividad eléctrica, nodos routers encargados de actuar sobre las válvulas solenoides de riego y establecer una topología de comunicación tipo malla para encaminar las comunicaciones desde y hacia un nodo coordinador. El nodo coordinador envía los datos del campo hacia un servidor donde se instala un software de gestión y control predictivo que de acuerdo con los valores de las condiciones ambientales envía órdenes primero hacia un controlador que acciona la bomba principal y segundo hacia las válvulas solenoides utilizando la red de comunicaciones tipo malla establecido por el nodo coordinador y los nodos routers. Es posible realizar la gestión y control de las funcionalidades del servidor de forma remota mediante cualquier dispositivo que esté conectado a Internet, incluso desde dispositivos móviles.

### **Estación de bombeo**

En estación de bombeo o cabecera de riego se ha instalado un Controlador Lógico Programable (PLC) para accionar la bomba principal, las bombas de nutrientes y desagüe,

los motores de los mezcladores de nutrientes, la lectura del caudal y nivel de pH del agua. El protocolo de comunicación con el servidor es MODBUS- 485. El servidor se comunica con el nodo coordinador por medio de una interface serial RS-485 con alimentación PoE. En la Figura 2, se muestran imágenes del PLC en instalación y el software de control y monitorio.

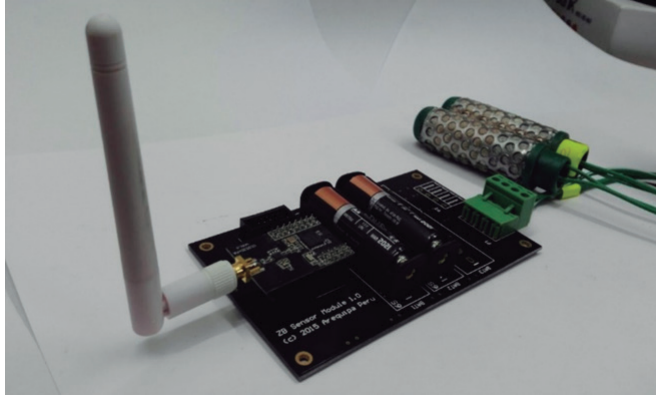


**Figura 2.**  
**Fotos del PLC y el servidor con el software de gestión y control de riego inteligente**

### **Nodo terminal**

El nodo terminal de alimentación con 3V DC (dos pilas AA), está cubierto por una caja estanca de policarbonato. Posee antena interna y/o externa dependiendo del modelo. El transceptor trabaja en la frecuencia de 2.4-GHz, compatible con el estándar IEEE 802.15.4. Posee un amplificador de potencia del tipo RFX2401. El área de cobertura es programable, llegando a los 1500m como máximo, con comunicación estable a 1300m y auto conexión a 1000m, cuenta con dos entradas para sensores de matriz granular tipo WATERMARK 200SS, un sensor de temperatura, un sensor de conductividad eléctrica y posibilidad de expansión para otro tipo de sensores. En la Figura 3 se muestra una imagen de la placa base del nodo terminal junto a sensores de matriz granular.





**Figura 3.**

**Placa base del nodo terminal junto a sensores de matriz granular de la marca Irrometer.**

### **Nodo ruteador**

El nodo ruteador cuenta con alimentación fotovoltaica mediante un panel solar de 12V DC. Para almacenar energía, se utiliza una batería de 12V DC y 4AH. La placa base cuenta con circuito de gestión de carga y descarga de batería. La frecuencia de trabajo es de 2.4-GHz compatible con el estándar IEEE 802.15.4, posee un amplificador de potencia RXF2401. Puede cubrir áreas de 1500m, 1300m y 1000m para comunicación, comunicación estable y auto-comunicación, respectivamente. Cuenta con salida de dos válvulas solenoide de 12V DC. En la Figura 4, se muestra la placa base del nodo ruteador junto a los elementos que lo componen.



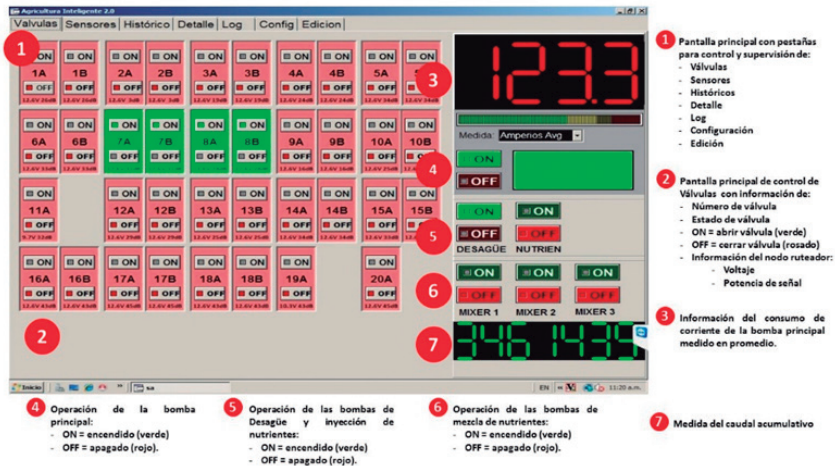
**Figura 4.**

**Placa base del nodo ruteador, el panel solar junto a la batería y la válvula solenoide**

## Nodo coordinador y Software de gestión

El nodo coordinador se encarga de coordinar las comunicaciones en la red de sensores. También gestiona la información entre todos los nodos de la red y envía los datos hacia el servidor de aplicaciones. Al igual que el nodo terminal y ruteador, su trabajo es de 2.4-GHz, compatible con el estándar IEEE 802.15.4, posee un amplificador de potencia RXF2401 y puede cubrir áreas de 1500m, 1300m y 1000m para comunicación, comunicación estable y auto-comunicación, respectivamente. Se alimenta por PoE y se comunica con el servidor mediante RS-485 serial.

La operación del sistema de riego de goteo inteligente se realiza por medio de una pantalla de software que está instalada desde un computador ubicado en la cabecera de riego. Los elementos que componen la pantalla de operación se describen en la Figura 5.



**Figura 5.**  
Pantalla principal de operación del sistema de riego por goteo inteligente.

### *Evaluación del desempeño del sistema propuesto*

Para la evaluación del desempeño del sistema propuesto, el prototipo se ha instalado en el fundo Santa Gabriela en el distrito de Santa Rita de Siguan de la provincia y departamento de Arequipa, en una extensión de 35.44 hectáreas de área de cultivo. El campo de cultivo cuenta con un sistema de riego por goteo presurizado y fertilización con una bomba principal de 50HP de potencia. Las cintas de riego son superficiales con una capacidad de descarga de 3.2 litros por hora. El riego está distribuido en 39 zonas de riego que en promedio cada zona tienen 0.7Has de extensión aproximadamente. En cada zona de riego se controla mediante una válvula reductora de presión de la marca DOROT. En la cabecera de riego, se cuenta con tres motores para la mezcla de nutrientes, una bomba para la inyección de nutrientes y otra bomba de desagüe.

Para evaluar el desempeño del sistema propuesto, realizamos comparaciones con los resultados obtenidos en una campaña anterior de quinua, donde, la cantidad de agua utilizada fue de 7000 metros cúbicos por hectárea. Las cantidades de unidades según componentes fue de: 321 unidades de Nitrógeno (N), 150 unidades de Fósforo (P), 182 unidades de Potasio (K), 23 unidades de Magnesio (Mg) y 21 unidades de Calcio (Ca), calculadas para la producción de 01 hectárea de quinua. Con estos insumos, se consiguió un rendimiento en la producción de 3500 kilogramos de quinua por hectárea.

### **Instalación del sistema de riego por goteo inteligente**

#### **Nodo terminal**

Por cada válvula de una zona de riego se ha instalado un nodo terminal. Por cada nodo terminal se ha considerado dos sensores de matriz granular, cada uno a diferentes profundidades. Para el caso de la quinua, se han considerado las profundidades de 10cm y 20cm. Adicionalmente, en dos zonas de riego se han colocado un sensor de temperatura y otro de conductividad eléctrica. En total se instalaron 72 nodos terminales cada uno con dos sensores a profundidades distintas.

En la Figura 6 se presentan fotografías del nodo terminal instalado. Los sensores de matriz granular se instalaron a 5cm de la línea de riego y con una separación de 5cm entre ellos.



**Figura 6.**

**Nodo terminal instalado en un campo de riego, muestras de la instalación de sensores**

## Nodo ruteador

Para cada una de las válvulas se ha colocado un nodo ruteador. Estos pueden actuar en una, dos y hasta cuatro válvulas. En este caso, cada nodo ruteador acciona dos válvulas por medio de una válvula solenoide de mando eléctrico. En la Figura 7 se muestra fotografías del nodo ruteador instalado. En todo el campo se han instalado 18 nodos ruteadores más tres adicionales que servirán para controlar el riego de plantaciones de palta, aledaños al campo de prueba.



**Figura 7.**  
**Nodo ruteador instalado, muestras de la instalación de la válvula solenoide de acción eléctrica**

## Nodo coordinador

El nodo coordinador es quien gestiona las comunicaciones de la red malla y envía la información al sistema software de control y gestión del riego, para todo el campo solo hace falta un nodo coordinador. Se configuró el software para todo el campo y se colocó como umbral de riego a 20 centibares, es decir, en modo manual el sistema software presenta en color amarillo cuando el nivel está cercano a 20Cb, cambia a rojo cuando ha pasado este umbral y se mantiene en verde cuando está por debajo del mismo. En modo automático, mediante un algoritmo de control predictivo (control de puntos de cambio), el software genera una cola de puntos de riego y va abriendo válvulas en grupos de 4 válvulas. Para mantener la bomba principal en estado estable, el algoritmo de control de cambio se fija en que los niveles de consumo de corriente estén entre los rangos normales de consumo. En la Figura 8 se muestra imágenes del nodo coordinador instalado.



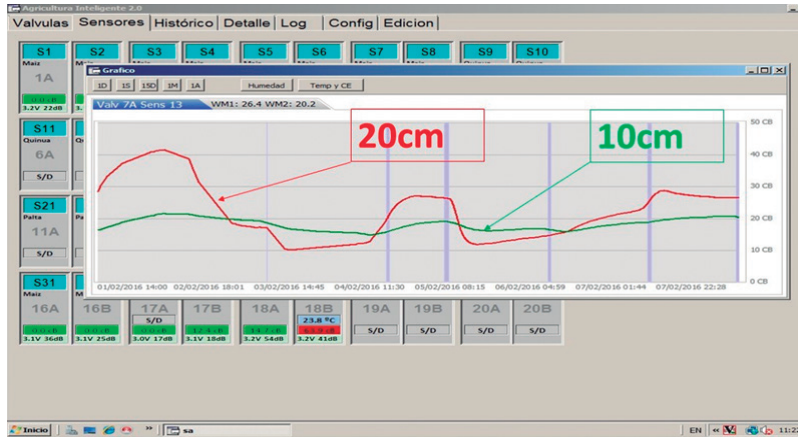
Figura 8.

Nodo coordinador instalado junto con la configuración del software de gestión de riego

### Resultados

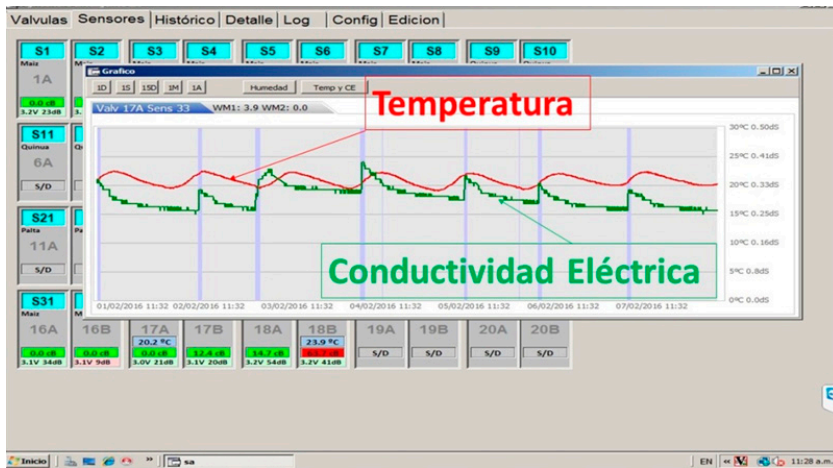
La supervisión de las condiciones ambientales del suelo, se puede realizar desde las pestañas de válvulas, sensores, histórico y detalles del software de gestión del sistema. En la pestaña de válvulas se podrá revisar el estado de estas, color rosado cuando están cerradas y verde cuando están abiertas. También se puede ver el nivel de voltaje de la batería del nodo ruteador y la potencia del dispositivo radio.

En la pestaña de sensores se indican los niveles de humedad, temperatura y conductividad eléctrica aparente del suelo. Para visualizar la evolución de los valores en el tiempo puede hacerlo de dos maneras: haciendo clic en la zona del sensor correspondiente o cambiando de pestaña a la de histórico.



**Figura 9.**  
Evolución de los niveles de humedad para dos profundidades distintas

Si hace clic sobre el indicador del sensor, se abre una pantalla emergente y la información que visualizará se muestra en la Figura 9, se pueden ver los datos por un día (1D), una semana (1S), quince días (15D), un mes (1M) o un año (1A). También, es posible cambiar de variable haciendo clic en las pestañas de humedad Temp y CE para ver las gráficas de humedad, conductividad eléctrica y/o temperatura, tal como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.**  
Evolución de los niveles de conductividad eléctrica y temperatura.

En cada gráfica se puede visualizar la identificación de la válvula y los sensores que están ubicados en la zona de riego de dicha válvula. En la Figura 10, en líneas azules se nota

la acción automática del control predictivo con el algoritmo de detección de cambios en tiempo real, cada pulso de color azul indica que se ha ordenado abrir la válvula siguiendo la curva de color verde.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de las comparaciones con un cultivo de quinua de una campaña anterior. La columna «Anterior» corresponde a los datos del Sistema de Riego por Goteo Tradicional (SRGGT) y la columna «Actual» a los datos con el Sistema de Riego por goteo Inteligente (SRINT). En las otras dos columnas, se muestran la diferencia entre las cifras anteriores y el rendimiento, respectivamente.

**Tabla 1.**  
**Tabla comparativa sobre el uso de agua, nutriente y producción para una campaña de quinua sin el sistema de riego por goteo inteligente y con el sistema de riego por goteo inteligente instalado**

	Anterior (SRPGT)	Actual (SRINT)	Diferencia (CSRPGT-SRINT)	Rendimiento (%)
Agua (m3)	7000	5206,72	-1793,28	-25,62%
Unid. N	321	304	-17,00	-5,30%
Unid. P	150	135	-15,00	-10,00%
Unid. K	182	290	108,00	59,34%
Unid. Mg	23	34	11,00	47,83%
Unid. Ca	21	53	32,00	152,38%
Nutrientes	697	816	119	17%
Producción (Kg)	3500	3654,5	154,50	4,41%

De los resultados mostrados en la Tabla 1, se ha conseguido un ahorro de hasta 25,62% en el consumo de agua por hectárea. La producción por hectárea ha aumentado en 154.50 Kg, es decir en un 4.41%. Respecto al consumo de nutrientes, se puede notar que se ha utilizado menos unidades de Nitrógeno (-5.3%) y Fósforo (-10%). En el caso de K, Mg y Ca, estos han aumentado. Este incremento se debe a la temporada en que se ha realizado el cultivo, que fue entre agosto del 2015 y enero del 2016, fechas próximas y durante el mismo verano, donde las condiciones ambientales del terreno son más extremas. Sin embargo, solo en el caso de K, las unidades son altas, en los otros casos (Mg y Ca) las unidades utilizadas son pequeñas, siendo N y P los que más se han utilizado y con los que se han conseguido mejoras razonables.

### ***Conclusiones***

En el presente artículo, se ha descrito un nuevo sistema para la gestión del riego por goteo de manera inteligente utilizando una red inalámbrica de sensores tipo *ZigBee* aplicado en un cultivo de quinua. Se ha mostrado los diseños de los diferentes elementos que componen este nuevo sistema de riego, su instalación y funcionamiento.

Las prestaciones de este sistema a manera de piloto, se han evaluado en un campo de cultivo ubicado en el distrito de Santa Rita de Siguan de la provincia de Arequipa, específicamente en el Fundo Santa Gabriela. Los resultados han mostrado una mejora en la productividad y un menor consumo de agua por cada hectárea de cultivo.

Durante la etapa de evaluación se han observado varias posibles mejoras que van desde la facilidad para la instalación, la pantalla de gestión y la forma de entregar reportes. Dichas mejoras se podrán implementar gracias a que este proyecto buscará desarrollar en el corto plazo, un producto comercial.



### **Referencias**

- Adali, T. & Haykin, S. (2010). *Adaptive Signal Processing: Next Generation Solutions*. John Wiley & Sons.
- Akyildiz, I. F.; Su, W.; Sankarasubramaniam, Y. & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. *Communications Magazine IEEE*, 40, 102-114.
- Allen, R. (2005). PENMAN–MONTEITH EQUATION . En D. Hillel (Ed.), *Encyclopedia of Soils in the Environment* (pp. 180-188). Oxford: Elsevier.
- Alliance, Z. (2010). *ZigBee Alliance FAQ*. Obtenido el 12 de mayo del 2016 de: <http://www.zigbee.org/About/FAQ.aspx>
- Ballester, C.; Buesa, I.; Bonet, L. & Intrigliolo, D. S. (2014). Usefulness of stem dendrometers as continuous indicator of loquat trees water status. *Agricultural Water Management*, 142, 110-114.
- Barnett, R. H.; O’Cull, L. D.; Cox, S. A. & Cox, S. A. (2007). *Embedded C Programming And the Atmel AVR*. Delmar.
- Candy, J. V. (2009). *Bayesian Signal Processing: Classical, Modern and Particle Filtering Methods (Adaptive and Learning Systems for Signal Processing, Communications and Control Series)*. London: Wiley-Interscience.
- Dener, M. & Bostancioğlu, C. (2015). Smart Technologies with Wireless Sensor Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 1915-1921.
- Doucet, A.; Godsill, S. & Andrieu, C. (2000). On sequential Monte Carlo sampling methods for Bayesian filtering. *Statistics and Computing*, 10, 197-208.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). *FAO Statistical Yearbook 2013, World Food and Agriculture*. Obtenido el 22 de diciembre del 2015 de: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>
- Gislason, D. (2008). *Zigbee Wireless Networking*. Newton, MA, USA: Newnes.
- Gontia, N. K. & Tiwari, K. N. (2008). Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural Water Management*, 95, 1144-1152.
- Gordon, N. J.; Salmond, D. J. & Smith, A. F. (1993). Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation. *Radar and Signal Processing IEE Proceedings F* 140, 107-113.
- Gupta, P. & Kumar, P. R. (2000). The capacity of wireless networks. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 46, 388-404.

- Gustafsson, F.; Gunnarsson, F. & Lindgren, D. (2012). Sensor models and localization algorithms for sensor networks based on received signal strength. *EURASIP J. Wireless Comm. and Networking*, 2012, 16.
- Gustafsson, F.; Gunnarsson, F.; Bergman, N.; Forssell, U.; Jansson, J.; Karlsson, R. & Nordlund, P. J. (2002). Particle filters for positioning, navigation, and tracking. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50, 425-437.
- Hedlund, S. & Johansson, M. (1999). *PWLTLOOL: A Matlab toolbox for analysis of Piecewise Linear Systems*.
- Howell, T. A. & Meron, M. (2007). Irrigation scheduling. En J. E. Freddie R. Lamm, & F. S. Nakayama (Eds.). *Microirrigation for Crop Production* (Vol. 13, pp. 61-130). Elsevier.
- James, L. G. (1987). *Principles of Farm Irrigation System Design*. London: Wiley.
- Jang, K. W. (2007). Location Tracking for Wireless Sensor Networks. En Y. Koucheryav, J. Harju & A. Sayenko (Eds.). *Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking* (Vol. 4712, pp. 306-315). Berlin / Heidelberg: Springer.
- Kirkham, M. B. (2014). Time Domain Reflectometry. En M. B. Kirkham (Ed.), *Principles of Soil and Plant Water Relations (2nd Edition)* (pp. 103-122). Boston: Academic Press.
- Munoz, D.; Lara, F. B.; Vargas, C. & Enriquez-Caldera, R. (2009). *Position Location Techniques and Applications*. Academic Press.
- Ojha, T.; Misra, S. & Raghuwanshi, N. S. (2015). Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 66-84.
- Powell, D. B. & Coggins, S. J. (1985). A portable scholander-type pressure chamber for small-leaved cereals. *Agricultural and Forest Meteorology*, 34, 277-284.
- Shah, P.; Shaikh, T. H.; Ghan, K. P. & Shilaskar, S. N. (2008). Power Management Using ZigBee Wireless Sensor Network. *Proceedings of the 2008 First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology* (pp. 242-245). Washington: IEEE Computer Society.
- Shahrokhnia, M. H. & Sepaskhah, A. R. (2016). Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. *Agricultural Water Management*, 172, 18-30.

- Singh, A. (2014). Conjunctive use of water resources for sustainable irrigated agriculture. *Journal of Hydrology*, 519, Part B, 1688-1697.
- Thomson, S. J. & Threadgill, E. D. (1987). Microcomputer control for soil moisture-based scheduling center pivot irrigation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1, 321-338.
- United Nations, 2. (2015). *World Population Prospects: 2015 Revision Population*. Obtenido de <http://www.un.org.strauss.uc3m.es:8080/en/development/desa/population/>
- ur-Rehman, A.; Abbasi, A. Z.; Islam, N. & Shaikh, Z. A. (2014). A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 36, 263-270.
- Wang, N.; Zhang, N. & Wang, M. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50, 1-14.
- Xu, N. (2002). A Survey of Sensor Network Applications. *IEEE Communications Magazine*, 40, 1-9.

### *Agradecimientos*

Este trabajo ha sido financiado por fondos de INNOVATE Perú con el proyecto No. 335-PNICP-PITEI-2014. La Universidad Católica San Pablo y la empresa Santa Gabriela S.A.C., han otorgado aportes no monetarios para el desarrollo de este proyecto.

# Modelo de juez complejo y Estado Constitucional de Derecho

Jaime Francisco Coaguila Valdivia

*Juez del Primer Juzgado de Investigación Preparatoria de Arequipa. Magíster en Derecho Civil por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y Máster en Argumentación Jurídica por la Universidad de Alicante de España. Docente adscrito al Centro de Pensamiento Social Católico de la Universidad Católica San Pablo de Arequipa. Se ha desempeñado como Profesor de Postgrado en la Universidad Néstor Cáceres Velásquez, Universidad Católica Santa María, Universidad Nacional de San Agustín, Universidad Privada de Tacna y Academia de la Magistratura.*

Contacto: [jcoaguila@ucsp.edu.pe](mailto:jcoaguila@ucsp.edu.pe)



# Modelo de juez complejo y Estado Constitucional de Derecho

Judge Complex Model's and Constitutional Law State

Jaime Francisco Coaguila Valdivia  
*Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú*

Recibido: 17-07-2015

Aceptado: 24-09-2016

## **Resumen**

El propósito de esta investigación consiste en estudiar los modelos de juez elaborados en la Teoría del Derecho como son el Juez Júpiter, Juez Hércules, Juez Hermes, Juez Poeta, Juez Prudente y Juez Constructor; para luego proponer un modelo de Juez Complejo en el marco del Estado Constitucional de Derecho, que asimile las bondades de cada modelo de juez en un arquetipo judicial inspirado en el paradigma de la complejidad de Edgar Morin.

## **Palabras clave**

Juez, Modelo, Júpiter, Hércules, Hermes, Poeta, Prudente, Constructor, Complejo.

## **Summary**

This paper studies the model of judge created by Law's Theory like judge Jupiter, judge Hercules, judge Hermes, judge Poet, judge Prudent and judge Builder to propose a Judge Complex of Constitutional Law State, that take the benefits of each model of judge to make a judicial archetype inspired on complexity's paradigm of Edgar Morin.

## **Key words**

Judge, Model, Jupiter, Hercules, Hermes, Poet, Builder, Prudent, Complex.

*«No es mejor la fama del juez riguroso que la del compasivo»*

Miguel de Cervantes Saavedra

## **Introducción**

La presente investigación evaluará los diferentes arquetipos construidos por la Teoría del Derecho en relación al modelo del juez. En un primer momento a través del trabajo del

profesor belga François Ost, quien a partir de la Teoría Dialéctica del Derecho ha examinado los arquetipos del **Juez-Júpiter** como paradigma del pensamiento kelseniano en su respeto irrestricto al valor de la Constitución y su jerarquía normativa, al **Juez-Hércules** propuesto por el profesor norteamericano Ronald Dworkin que puede catalogarse en tanto juez de los casos difíciles y auspiciador de la teoría de la única respuesta correcta, y el **Juez-Hermes** apoyado por el propio Ost en su rol de comunicador ideal de los mensajes de la justicia y valiente defensor de la Teoría de los Juegos.

A estos tres modelos, en un segundo momento, se sumará el modelo de **Juez-Poeta**, apuntalado por los prolegómenos del *Derecho & Literatura*, principalmente a través de la filósofa Martha Nussbaum que aboga por la intervención de las emociones en la vida pública; el **Juez-Prudente** defendido por el neo iusnaturalismo de John Finnis que insiste en la identificación de los bienes humanos básicos a través de la razón práctica para lograr el bien común, y por último el modelo político de **Juez-Constructor**, propio de los *Critical Legal Studies* patrocinados por el profesor Duncan Kennedy, que considera al juez como si fuera un constructor social de los derechos de los ciudadanos a pesar de las restricciones legales.

En esta medida la presente investigación culmina por proponer un modelo de juez para el Estado Constitucional de Derecho a partir del paradigma de la complejidad, ya que resulta insostenible aceptar la idea de un juez monodimensional en medio de una sociedad fragmentada, globalizada y multicultural, por esta razón se esbozará algunos de los rasgos que debe tener un juez complejo, rescatando lo más valioso de los arquetipos de juez forjados en la actualidad, sin perder de vista que juzgar es un acto complejo que implica el desarrollo de una elevada destreza, experiencia, conocimiento, empatía, avocamiento al bien común y conciencia del rol político de su labor jurisdiccional.

### ***Los modelos de juez en la teoría del Derecho***

En el pensamiento platónico, se distingue entre los arquetipos ideales propios del mundo de los conceptos inteligibles, inmutables e individuales; en contraposición con la vida en el mundo sensible y la realidad aparente en el que existe la dualidad y el cambio permanente (Platón, 1969). La construcción de arquetipos ideales para la elaboración de un modelo del juez se deriva directamente del postulado platónico de construir un arquetipo, acaso perfecto, que cumpla con todas las virtudes, conocimientos y competencias del magistrado ideal.



Pero esta perspectiva tiene sus limitaciones desde el punto de vista epistemológico, porque asume muy tajantemente la diferencia entre el mundo real y el mundo ideal, con lo que se institucionaliza aquella dialéctica entre el «ser» y «deber ser» propuesta por los pensadores idealistas y que fuera seriamente criticada luego por el materialismo dialéctico. En esta línea, la construcción del modelo de magistrado, apoyada en arquetipos ideales, va a estar marcada desde un inicio por la crítica de que los dioses celestiales con atributos extraordinarios, se encuentran muy alejados del magistrado estándar de la realidad nacional; no obstante, los modelos propios del mundo de las ideas también tienen la ventaja de constituirse fácilmente en paradigmas de una determinada época, referentes obligatorios del pensamiento jurídico y la matriz de sentido que alimenta el imaginario simbólico de la justicia.

Las críticas del pensamiento complejo, en relación a que el prototipo de juez ideal se ha avocado restrictivamente a racionalizar el tiempo y el esfuerzo de las tareas jurisdiccionales, han provocado que el modelo de *Juez-Dios* ceda espacio al modelo de *Juez-Héroe* y este a su vez luego se diversifique en el *Juez-Comunicador*, *Juez-Poeta*, *Juez-Prudente* y *Juez-Constructor*. Al magistrado de mundo globalizado le conviene ahora enriquecerse con la diversidad de perspectivas que dependen de las variables del tiempo, espacio, referencia personal y proyección material de la tarea judicial (Ciuro, 2004-2005). La figura del juez epónimo e ideal ha descendido de los espacios celestiales a la tierra de los hombres, del inmanente mundo platónico de las ideas al paradójico y complejo mundo real, donde el juez es un permanente catalizador de los conflictos sociales y el artífice de los hechos difíciles.

Hechas estas salvedades se procederá a analizar con detalle los diferentes modelos de jueces descubriendo sus ventajas y develando sus inconvenientes a partir de los desarrollos formulados por François Ost en su artículo *Júpiter, Hércules, Hermes: Tres Modelos de Juez* y ratificado luego en su libro *Dire le droit, faire justice* (Ost, 2007); para después analizar el modelo de Juez-Poeta propuesto por Martha Nussbaum en su obra *Justicia Poética. La imaginación literaria y la vida pública* (Nussbaum, 1995) y cuyo antecesor más cercano resulta James Boyd White en su libro *Legal Imagination* (Boud White, 1985); además del *Juez-Prudente* inspirado en el neo iusnaturalismo de Jhon Finnis de las obras *La Ley Natural y Derechos Naturales* y *Aquinas: Moral, Political, and Legal Theory* (Finnis, 2000), para culminar con los avances acerca del Juez-Constructor elaborado por Duncan Kennedy en su libro *Libertad y Restricción Judicial* (Kennedy, 1986).

## El Juez Júpiter, la pirámide codificada

En la mitología romana, Júpiter era retratado como un dios sabio y justo pero con un gran temperamento, reinaba sobre la tierra y el cielo y sus atributos eran el águila, el rayo y el cetro. El arquetipo Juez Júpiter representa el modelo jurídico clásico, enseñado en las facultades de Derecho y que mantiene las representaciones canónicas de los juristas y cuya aplicación práctica corresponde al Derecho codificado (Ost, 1993) que rige hasta nuestros días.

El desarrollo del Juez Júpiter puede ser diagramado en dos etapas perfectamente delimitadas, la **primera etapa** orientada por la Escuela de la Exégesis con su cerrado culto en torno al texto de la ley escrita y en el que la función de los jueces se agotaba en una tarea meramente deductiva; por lo que ante la ausencia de premisas sancionadas por la ley devenía en imposible encontrar una solución al problema jurídico planteado (Montejano, 1981).

El juez de la exégesis representa la burda aplicación terrenal de una justicia jupiteriana que se ha paralizado en la versión más estática de la norma jurídica, una pirámide más pendiente de mantenerse en su carácter icónico y ornamental que de solucionar los reclamos de los desamparados, y que se identifica más como una justicia codificada y quimérica que propiamente real.

La **segunda etapa** del modelo de Juez Júpiter reconoce la faz generadora de la función judicial, porque al igual que la función legislativa, es al mismo tiempo, creación y aplicación del derecho (Montejano, 1981); porque el acto de aplicación del derecho es de consuno producción del derecho. Esta lógica del positivismo en la vertiente kelseniana define al orden jurídico no como sistema de normas de derecho situadas en el mismo plano, ordenadas equivalentemente, sino en cuanto construcción escalonada de diversos estratos de normas jurídicas. Su unidad está configurada por la relación resultante de que la validez de una norma producida conforme a otra, reposa en esa otra norma, cuya producción a su vez está determinada por otra; un regreso que concluye, a la postre, en la norma fundante básica presupuesta.

Dentro de este esquema, el estrato superior jurídico positivo está representado por la Constitución, que en sentido material designa a las normas positivas que regulan la producción de normas jurídicas generales, y en sentido formal reside en el documento de la Constitución escrita (Kelsen, 1983). En otras palabras, el sistema jurídico se estratifica bajo la forma de una pirámide codificada, una jerarquía de normas superpuestas o su-

bordinadas que responden a un escalonamiento de reglas derivadas, la construcción del derecho es lineal y unidireccional y se origina en la cúspide con la Constitución material tras decantarse a la base de la pirámide por niveles hacia las normas de menor jerarquía, en un control perfectamente estratificado.

No obstante el irrefutable sistema kelseniano se sustentaba por sí mismo en una ficción institucional para solventar toda la pirámide, esta ficción de carácter divino residía en el propio origen de la constitución material, que no había sido estatuida por nadie y que servía casualmente como vértice de legitimación de todo el ordenamiento jurídico (Ost, 1993). En este punto el modelo de juez Júpiter parece adquirir cierto sentido sobrehumano, ya que como se ha explicado al principio, el Juez Júpiter es un dios celestial, no humano, y por ende su aplicación del derecho siempre será unidireccional como los rayos que arroja desde el cielo cuando está enfurecido, así su justicia también será absoluta e inmanente y la autosuficiencia de un derecho jupiteriano se refleja en su renuencia a aceptar la existencia de lagunas jurídicas y defender su fuero de la contaminación de otras disciplinas. Los códigos jupiterianos están plenamente conscientes de que su origen es sobrenatural, y a pesar de ello, prefieren extasiarse con el funcionamiento esmerado de sus normas jurídicas encadenadas, esto no hace más que recordar que incluso los dioses pueden ceder a la tentación de encandilarse con sus creaciones, aunque muy en el fondo, reconozcan las limitaciones de sus propios fundamentos metafísicos.

No en vano desde un tiempo a esta parte se ha venido cuestionando el modelo del derecho codificado, y por ello la idea del Juez Júpiter, ahora más interesado en legitimar a cualquier precio su autoridad. Las críticas apuntan a cuestionar la irrealidad fundante del esquema piramidal y la indeterminación jurisdiccional del positivismo al no ofrecer respuestas correctas sino una variedad de respuestas posibles (Casalmiglia, 1995), así se evidencia que un derecho de esta naturaleza fácilmente se puede convertir en un sistema burocratizado por sus propias jerarquizaciones, y resulta un obstáculo, más que una mecanismo democrático y práctico de solución de controversias.

El filósofo François Ost ha apuntado que globalmente el modelo del código, y en consecuencia del Juez Júpiter, nos lleva inexorablemente a un escenario con el siguiente resultado:

- a) El monismo jurídico por cuanto la ley reafirma con mayor fuerza la sistematicidad y autoridad de la pirámide, en detrimento de la dispersión de focos de juridicidad propios de la postmodernidad.

- b) El monismo político o de la soberanía estatal, porque el código supone el resultado de la identificación nacional y la centralización administrativa que culmina en la figura del soberano, con lo que se reprime a los múltiples consensos sectoriales y locales a favor de un acaso hipotético consenso nacional.
- c) El imperio de la racionalidad deductiva y lineal, por lo que se invoca en última instancia la racionalidad del legislador, quien es el garante de la coherencia lógica y la armonía ideológica del sistema, a pesar de que esto genere una serie de antinomias en materia interpretativa.
- d) La codificación supone una concepción del tiempo orientada hacia un futuro controlado y la idea moderna del progreso de la historia (Ost, 1993 p. 175), el modelo jupiteriano confía en el mejoramiento de las condiciones jurídicas actuales.

Todas estas características propias del esquema jupiteriano son precisamente las razones por las cuales los códigos han entrado en crisis y la idea de un Juez Júpiter tiene serias resistencias al instante de enfrentarse a la justicia terrenal, es como si el extremo platonismo de este arquetipo se hubiera estrellado frontalmente contra las prácticas paganas y terrenales de las sociedades contemporáneas y los bloques comunitarios que surgen por el fenómeno de la globalización. Júpiter en su calidad de dios supremo de la justicia ha encontrado que el mundo no puede estar representado únicamente por una pirámide, y menos gobernado bajo la égida de un cetro ordenador de las normas jurídicas como entelequias mágicas de un mundo idealizado, monodimensional y estático.

### **El Juez Hércules, el héroe de los casos difíciles**

Hércules no es un dios propiamente dicho más bien un guerrero con una inmensa vocación por la reivindicación de los más afligidos e indefensos, y enfrascado en una lucha contra peligrosos monstruos para lograr un mundo seguro. Por su parte el Juez Hércules es la personificación teórica de ciertas presuposiciones normativas bajo las que descansa la actividad jurisdiccional, para ello este juez necesita de cualidades intelectivas extraordinarias, además de altas dotes de discernimiento y argumentación, y un conocimiento detallado de todas las normas que integran el derecho de su comunidad, así como todas y cada una de las conexiones e implicaciones que se dan entre ellas (Santos, 2005).

La lucha emprendida por el Juez Hércules en la mitología romana llega a la sociedad moderna bajo la idea del Derecho como Integración, propuesta por el filósofo Ronald

Dworkin y que exige a cada juez verificar la interpretación de cualquier parte de la gran red de estructuras y decisiones políticas de su comunidad, con el objeto de formar parte de una teoría coherente que justifique este tinglado reticular de relaciones, por lo que este juez debería tener talentos sobrehumanos y un tiempo infinito para conseguirlo (Dworkin, 1988). La teoría política mínima donde prolifera el Juez Hércules se articula alrededor de los valores de la equidad, la justicia y el debido proceso, en la presunción de que los poderes públicos amparados en el ideal de integridad, no procederán caprichosa ni arbitrariamente, aún cuando en la comunidad persistan desacuerdos profundos a propósito de las exigencias de estos valores (Santos, 2005).

El principio adjudicativo del Juez Hércules instruye a los jueces a que identifiquen los derechos legales, bajo la suposición de que todos fueron creados por el mismo autor, quien es a su vez es dueño de una correcta concepción de la justicia y equidad, que le permite establecer la mejor interpretación constructiva en la práctica legal de la comunidad (Dworkin, 1988). De esta forma el Juez Hércules se desprende de su condición humana y participa de una racionalidad superior, porque toma los derechos fundamentales en serio, domina el imperio del Derecho y particularmente los casos difíciles donde siempre encuentra la respuesta correcta, todo ello dentro del marco de unidad del Derecho solventada en la coherencia narrativa y la jerarquía más satisfactoria de los principios de la moral política, compartida por la comunidad en cada momento de la historia.

Ahora bien en este estado conviene detenerse más pausadamente para analizar las características más importantes de este ingeniero social que ha proliferado sobretodo en el ámbito anglosajón, y que ha reemplazado la temporalidad voluntarista del código, por la figura *dossier* más acorde con el tiempo discontinuo y con las irrupciones esporádicas del fenómeno jurídico en la actualidad (Ost, 1993). En principio el juez de los derechos en serio plantea que los derechos y objetivos son rótulos genéricos que sirven para designar dos clases de finalidades políticas, como son los principios y las directrices políticas que proporcionan argumentos para justificar decisiones (Santos, 2005). Luego el material jurídico disponible es suficiente para dar una respuesta correcta a los casos fáciles, en tanto que en los casos difíciles corresponde acudirse a principios que por su naturaleza dinámica deben balancearse y decidirse conforme a su peso; así este juez encontrará siempre una única respuesta correcta a toda controversia. En opinión de Alberto Casalmiglia (1995) el esquema para decidir un caso difícil en el razonamiento del Juez Hércules atraviesa por el siguiente procedimiento:

- a) En todo proceso judicial existe un juez que tiene la función de decidir el conflicto

- b) Existe un derecho a vencer en el conflicto y el juez debe indagar a quien corresponde vencer.
- c) Este derecho a vencer se exige siempre, aunque no exista norma exactamente aplicable.
- d) En los casos difíciles el juez debe conceder la victoria a una parte basándose en principios que los fundamentan.
- e) El juez al fundamentar su decisión en un principio preexistente, no inventa un derecho ni aplica legislación retroactiva, sólo se limita a garantizarlo porque esta decisión satisface el máximo de adhesión (Casalmiglia, 1995).

De otro lado en cuanto al tema de la interpretación el Juez Hércules desde la hermenéutica asume que el razonamiento jurídico es un ejercicio de *interpretación constructiva*; puesto que los propósitos relevantes son elaborados por la interacción entre el sujeto y el objeto; por lo que la *interpretación artística* y la *interpretación de prácticas sociales* forman parte de una clase más general que es la interpretación creativa. Para Dworkin esta clase de interpretación está sometida a tres etapas:

- a) *Pre interpretativa* que identifica el objeto que se pretende interpretar, para ello se ponen en juego presuposiciones ampliamente compartidas dentro de la comunidad sobre lo que cuenta como una práctica.
- b) *Interpretativa* porque se busca una justificación para los elementos de la práctica existentes hasta ese momento.
- c) *Post interpretativa* que es aquella que requiere la práctica para presentarla bajo el menor aspecto posible desde una base justificativa ya establecida (Santos, 2005).

La relación entre la literatura y el derecho desde el punto de vista interpretativo ha contactado al filósofo norteamericano con las tendencias del *Derecho como Literatura*, que no encuentran diferencia alguna entre el discurso jurídico y el discurso literario, más bien proponen analizar al derecho con las herramientas de la narratología, la semiótica o la deconstrucción; con lo que el Derecho se enriquece creativamente y despierta su imaginación literaria para encontrar la mejor solución posible.

Si bien es cierto la interpretación constructivista ha conferido un hálito renovador al interior de la disciplina jurídica, ello también ha traído consigo la dispersión de las autoridades encargadas de aplicar el derecho; porque al desaparecer el monopolio del legislador entonces se pueden desenlazar una multiplicidad de criterios interpretativos, que tienen como único objetivo la sincera vocación del derecho de ser aplicado al hecho concreto (Ost, 1993), a pesar de que esto implique el entrecruzamiento de diversas competencias normativas y la asunción de conflictos entre principios jurídicos.

La solución a este problema la va a proporcionar el propio Dworkin con su teoría de la *novela en cadena*, por la cual existe una semejanza entre la labor del *juez* y el *escritor*, ya que el juez al resolver un caso difícil a través del precedente judicial pretende continuar con la tradición de los anteriores pronunciamientos y agregar su contribución personal (Santos, 2005), orientado por el criterio de unidad prestado por la coherencia narrativa y los principios de la moralidad pública aceptada. La idea de la *novela en cadena* puede resultar quizás transgresora en un medio judicial dominado por la dogmática y el modelo jupiteriano de justicia; pero el desarrollo del precedente y la doctrina jurisprudencial hace reflexionar sobre si la propuesta de autor norteamericano acaso no es la acertada, y si la judicatura pretende reescribir la historia de la jurisprudencia como una gran novela de casos difíciles, aunque este proyecto novelístico, se enfrente a su vez a las condicionantes de atenerse a la fidelidad del propio texto y a respetar eventualmente su última dimensión interpretativa (Muñoz, 2000).

A las críticas anteriores al modelo de Juez Hércules en el contexto iberoamericano, se ha sumado irónicamente el jurista español José Antonio García Amado, cuando ha apuntado:

...el Juez Hércules es un juez ideal omnisciente, y que precisamente por ser omnisciente, sabedor de todo, sabe también cual es la correcta solución judicial del caso. En cambio un juez de carne y hueso será tanto mejor juez y consiguientemente, tanto más verdaderas sus decisiones, cuanto más su saber se aproxime al saber ideal de Hércules; es decir, cuando más sepa de eso que hay que saber pero que no se sabe lo que es... (García, 2006, p. 165)

para a continuación anotar que si en última instancia debe prevalecer la moral social dominante en los casos difíciles, entonces desde qué moral debería un juez dworkiniano interpretar y enmendar el derecho positivo nacional, porque si se sujeta a la moral social dominante cabe entender lo peor. La crítica del jurista español no deja de tener asidero, en virtud a que en sociedades donde la anomia se ha convertido en la moral dominante, es evidente que muchas de las soluciones a los casos difíciles propuestas por el Juez Hércules van a tener que sencillamente claudicar, en este punto la asunción del Derecho

como una práctica social discursiva parece constituir un aporte superador de ciertos reductivismos tradicionales en el debate sobre el papel de los jueces y sus competencias hermenéuticas (Cárcova, 2001).

No hay que olvidar que el Juez Hércules propuso inicialmente convertirse en un héroe judicial, trascender la esfera terrenal de los casos difíciles para elevarse provisto de una nueva racionalidad de carácter inductivo; pero ¿será posible que este personaje mitológico logre superar el reto de un Derecho múltiple? en el que ni el legislador ni el juez pueden asignarse el privilegio de capturar el *sentido* de la ley, o la complejidad normativa del derecho comunitario y la diferencia marcada por los principios culturales, étnicos y las expectativas de estados y regiones (Pérez, 2004) La subsistencia del más prometedor de los héroes, luego de haber derrotado a innumerables villanos, se enfrenta ahora al monstruo de la complejidad, el azar y la completa incertidumbre.

### **El Juez Hermes, la justicia reticular**

Hermes es el dios griego encarnado en la figura de un hombre joven, sonriente, cubierto por un manto, provisto de alas y tacones para indicar que era el mensajero de los dioses, en tanto que de su boca salía una cadena de oro para señalar su poder de orador experto que encadenaba las voluntades de los oyentes y en su mano derecha empuñaba un caduceo como emblema de ministro plenipotenciario y conciliador, mientras en su mano izquierda llevaba una bolsa de dinero (Ruiz, 2005). El modelo de Juez Hermes ha sido defendido por la hermenéutica jurídica y propuesto por el filósofo François Ost, en reemplazo del juez jupiteriano de la ley y el juez hercúleo de los casos difíciles, para devenir en el juez como mediador y gran comunicador universal, que se encuentra muy a gusto en un sistema jurídico compuesto por una estructura reticular que se traduce en infinitas informaciones disponibles y al mismo tiempo difícilmente matizables, esto es, una especie de rizoma donde priman juegos del lenguaje extremadamente complejos.

El Juez Hermes es un juez reflexivo y discursivo que integra la norma o regla con el hecho, conjuga el orden y el desorden, la letra y el espíritu, la fuerza y la justicia, y por ende habita tanto en el cielo, la tierra como en los infiernos (Ost, 1993). La realidad dialéctica, y a la vez paradójica, con la que se enfrenta este modelo de juez no dista mucho de las circunstancias concretas que rodean nuestro actual contexto histórico, el Juez Hermes a pesar de ser un dios parece ser más terrenal que los mismos seres humanos; ya que si bien es cierto cuenta con la magia de la palabra para comunicar sus ideas en medio de un universo caótico y procedimentalista, sin embargo también debe estar dispuesto a enfrentarse a la furia de los infiernos y al momento en que deberá romper



su sacramental prudencia por una decisión autónoma y tal vez definitiva. La justicia del Hermes no tiene rasgos celestiales ni heroicos y paradójicamente puede llegar a adquirir un cierto tono demiúrgico.

El universo del Juez Hermes ante la imposibilidad de monopolizar la interpretación se ha contentado con registrar la multiplicidad de racionalidades, en este extremo su posición de extraordinario facilitador adquiere sus mayores virtudes y despliega su faceta más depurada. La racionalidad procedimental del Hermes se solventa en que el Derecho es ante todo un procedimiento de discusión pública razonable, un modo de solución de conflictos equitativo y contradictorio, de lo que se deriva que este magistrado ideal apoyará su conocimiento en una sólida argumentación jurídica que impondrá su legitimación en el corazón de una relación de fuerza, a veces dejando de lado el mérito intrínseco de la decisión (Ost, 1993).

La necesidad de un modelo de Juez Hermes en una sociedad globalizada ha sido sustentada en los siguientes factores, que merecen un análisis más exhaustivo:

- a) La multiplicidad de los actores jurídicos, puesto que además del juez y del legislador se han venido incorporando al sistema reticular un conjunto de nuevos actores jurídicos como son las personas jurídicas privadas sin fines de lucro, los organismos no gubernamentales, los medios de comunicación y los entes internacionales que se han adentrado para exigir mayor participación en temas públicos.
- b) La imbricación sistemática de funciones entre diferentes órganos jurisdiccionales, administrativos de índole público y privado, a veces no se conoce con certeza el nivel de superposición y entrecruzamiento de atribuciones de dichos actores que reclaman constantemente por la extensión o adecuación de sus competencias.
- c) La multiplicación de los niveles de poder, porque el Estado debe permanentemente negociar con autoridades comunales, locales, regionales y transnacionales, de tal forma que se produce un fenómeno de sobrevivencia de sistemas dentro de otros subsistemas legales, lo que conlleva a una flexibilización del Derecho.

Anteriormente se mencionó que Hermes resultaba el perfecto conciliador, a ello debe agregarse que también es reconocido como protector de los viajeros y comerciantes, el imaginativo inventor de la lira y el plectro, y el guía de las almas del más allá fuera del mundo de los vivos. La desjudicialización de los conflictos a través de las nuevas propuestas de peritaje, conciliación, mediación y arbitraje refuerzan las ventajas de un juez-mediador, y la aplica-

ción de una teoría lúdica del derecho permite autorizar la incursión de un agente justo en la resolución de las controversias, debido a que aquí ya no se trata de encontrar héroes que luchen contra monstruos, ni dioses celestiales que castiguen con rayos y relámpagos a los impíos, el Juez-Hermes seduce con sus palabras y convence con sus argumentos, celebra armisticios entre los vivos y los muertos y trata de administrar el caos al más mínimo precio para la justicia, para lo cual muchas veces deberá renunciar un poco a la justicia del «acto justo» jupiteriano y la «regla justa» del mundo herculeano.

En este punto radica precisamente la debilidad del Juez-Hermes, ya que a su vez se ha consagrado como protector de los comerciantes y ladrones, y aunque portador de la palabra divina a los mortales, también se encarga de las comunicaciones taimadas y corruptas, las mentiras, los falsos juramentos y los engaños (Ruiz, 2005). El retrato díscolo de este modelo de juez lo ha convertido en objeto de críticas y cuestionado si debería ser considerado para representar el arquetipo de adjudicación de decisiones en la actualidad, lo cierto es que muy a pesar de su ambigüedad, el Juez-Hermes se ajusta más verosímilmente a las reglas de juego de las sociedades contemporáneas, en las que las decisiones jurisdiccionales no son producto de una inspiración divina ni siempre de una demostración de heroicismo, por el contrario más bien de una adecuada traducción de las urgencias jurídicas de las partes. La Teoría de los Juegos ha hecho que el discurso del derecho se convierta en una red de comunicaciones y transacciones jurídicas, en las que el agente justo se propone balancear el juego de la justicia, y mantener la calma entre jugadores y no jugadores, su participación mínima tiene la ventaja de la invisibilidad, pero la desventaja de la ambigüedad al momento de defender una posición final.

Como ya se adelantó el Juez-Hermes se enfrenta a la armonización de normas nacionales, internacionales y comunitarias, y la aplicación de principios generales del derecho en oposición a los actos convencionales de los estados miembros de una comunidad respaldada en tratados, aquí la prudencia vence todas sus resistencias y muchos han exigido la presencia de una especie de super Juez Hércules como príncipe de los casos difíciles del Derecho Comunitario; pero esta solución parece utópica en atención a que el mundo de los héroes ya ha quedado en el pasado mitológico, y ahora se requiere de un mayor contenido de humanidad en la judicatura, no en vano se ha venido gestando un nuevo modelo de juez basado ya no en la racionalidad procedimental, sino en la razonabilidad de las emociones.

## El Juez Poeta, el perfecto igualador

Desde la perspectiva del *Derecho & Literatura* James Boyd White no ha encontrado sustanciales diferencias entre la labor de un juez y un poeta; pues la vida profesional de un juez a su vez constituye una empresa de la imaginación, al estar inmersos en la articulación de casos legales para presentarlos convincentemente en un proceso futuro, y toda esta labor de traducción de la realidad encaminada en el exclusivo poder del lenguaje (Boyd White, 1985).

Sobre esta base Martha Nussbaum ha construido el modelo del Juez Poeta en tanto igualador, por cuanto pretende mitigar las persistentes desigualdades y brindar a todos un mínimo decoroso, aparte de otorgar la capacidad de imaginar vívidamente el dolor de otra persona para aprender sobre la realidad humana y adquirir una motivación para modificarla. El Juez Literario ha asimilado las dotes de la alteridad, al buscar la neutralidad desde la ubicación de un *espectador juicioso* dotado de valores y buenas razones para evitar el distanciamiento escéptico, y en su lugar preferir un razonamiento práctico basado en evaluaciones humanistas).

Para el Juez Poeta las emociones no deben estar marginadas de la racionalidad y adquieren dimensiones de sentido humano cuando conciernen a casos judiciales, esta clase de juez debe estar en capacidad de ver la vida de la gente como si fuera un novelista, evaluando las emociones como respuestas inteligentes en sintonía con los valores y las metas importantes de las personas (Nussbaum, 1997). La empatía adquiere un rol predominante en su forma de juzgar, pues deberá entender que todos los casos comprenden asuntos humanos, y por esta razón merecen un trato especial, no sólo con la racionalidad procedimental, sino paralelamente con la emoción razonable.

En este punto es menester detenerse para recordar que los modelos al principio pretendían interpolar la justicia divina a cargo del modelo de Juez Júpiter, luego se depositó toda la confianza en la heroicidad del Juez Hércules quien se vio superado por fuerzas sobrenaturales, para abordar a la construcción del modelo de Juez Hermes, en cuanto perfecto comunicador, pero silencioso decisor en las situaciones definitivas. Ahora los arquetipos se han detenido en un simple mortal, el Juez Poeta que renunciando a toda la tecnificación legal y las malas artes, pretende administrar justicia con la sencillez de un ciudadano ordinario, con la calidez de corazón descontaminado de pasiones y con la pureza de las buenas intenciones.

El juez tiene el alma del poeta, han concluido los artífices del *Derecho & Literatura* y en ejercicio de su profusa imaginación legal está en condiciones de administrar justicia igualadora, la cuestión a plantearse consiste en saber si efectivamente estamos en condiciones de aplicar estas facultades empáticas para resolver los casos difíciles que ni el más osado de los héroes pudo resolver. El Juez Literato tiene un inmenso reto y una pesada carga, en atención a que debe triunfar donde otros han fracasado, y encontrar en la poesía aquellas respuestas de las cuales ha estado privado el derecho, tal vez ésta sea una nueva forma de mística judicial, más humana, pero a la vez más imperfecta o hiperrealista.

Por eso el Juez Poeta debe ser una persona literaria provista de la destreza para encontrar la energía y la chispa de la vida, que deben ser percibidos con claridad para entender el significado profundo del beneficio de los demás, y que debe integrar con transparencia todas las normas jurídicas en los sistemas democráticos libres de todas las culturas, en atención a que no se apoyan en la simple autoridad y sí en el desinteresado servicio a los demás (Mac Lean, 2005).

No obstante es preciso tener cuidado con la irracionalidad propia de las emociones, pues como bien advierte Rudolf Stammblender si damos un trato humano al delincuente común podremos pecar de inhumanos contra su víctima y por extensión contra la propia sociedad. El juez justiciero no debe favorecer unilateralmente a una de las partes, en virtud a que el postulado de la humanidad necesita apoyarse y fundamentarse en un criterio racional de enjuiciamiento (Stammblender, 2005, p. 80). La crítica a un Juez Poeta desbordado en sus emociones tiende a desconfiar de las sensaciones humanas, pero puede el juez extraerse de sus emociones y administrar justicia por encima de su corazón, la experiencia judicial ha probado que muchas de las decisiones si bien constreñidas al marco normativo, a su vez han resultado de una valoración profundamente humana. El modelo del Juez Poeta brinda la cuota de sensibilidad inteligente que no había sido proporcionada por los anteriores arquetipos judiciales, preocupados en resolver los casos con los instrumentos más sofisticados de nuestra racionalidad instrumental y comunicativa.

### **El Juez Prudente del neoiusnaturalismo**

La nueva teoría clásica del Derecho Natural de Jhon Finnis considera a la necesidad de justicia como un conjunto de exigencias de la razonabilidad práctica que existen porque la persona humana debe buscar realizar y respetar los bienes humanos, no simplemente en sí misma y en su propio beneficio, sino también en comunidad. La consecución del bien común, entendido como «bienestar general» o «interés público», se materializa en el conjunto de condiciones que capacita a los miembros de una comunidad para alcanzar por

sí mismos objetivos razonables, o para realizar razonablemente por sí mismos el valor o valores, por los cuales ellos tienen razón para colaborar mutuamente en una comunidad, bajo el presupuesto de que los seres humanos siempre comparten valores en común (Finnis, 2000).

En este punto el neo iusnaturalismo cree posible la existencia de valores básicos autoevidentes, indemostrables e inconmensurables, aunque no innatos, que solamente se convierten en principios morales en la medida en que obedecen a criterios de racionalidad práctica, sustentados en: a) un plan de vida coherente, b) preferencias no arbitrarias entre valores, c) preferencias no arbitrarias entre personas, d) cierto distanciamiento de los proyectos específicos que uno asume, e) cierto compromiso con los propios proyectos, f) actuación eficaz en función de los propósitos, g) respeto por todo valor básico en cada acto respecto de otros valores básicos, h) procurar el bien común de las comunidades propias, i) seguir la propia conciencia.

La razón práctica permite diferenciar entre principios morales producto de una elección libre acorde con el bien común, en contraposición a bienes básicos premorales que responden a éticas negativas e insustentables desde el punto de vista deliberativo. Así el neo iusnaturalismo de Finnis distingue entre un significado focal o central del Derecho, que es el Derecho Natural «ideal», en tanto conjunto de principios de la razonabilidad práctica que versan sobre la ordenación de la vida y la comunidad humanas (Rodríguez-Toubes, 1993); y un significado jurídico periférico donde quedan relegado el derecho positivo injusto, y en general aquellas normas opuestas al bien común que carecen de obligatoriedad moral.

De manera más amplia en el tema de la justicia el neo iusnaturalismo diferencia entre justicia distributiva que se refiere a la asignación de recursos, oportunidades, beneficios y ventajas en pro de la plenitud de todos los miembros de la comunidad al amparo de criterios de necesidad o emergencia; y justicia conmutativa referida a lo equitativo o justo en una relación y que se requiere para el bienestar individual en la comunidad, al margen de las exigencias de la distribución (Rodríguez-Toubes, 1993). En este orden de ideas la justicia distributiva responde a cinco criterios a tomarse en cuenta en cada caso concreto, en primer la igualdad al estipular que todos los miembros de una comunidad tienen igualmente el derecho a una consideración respetuosa cuando surge un problema de la distribución; en segundo lugar la función como la necesidad de roles y responsabilidades en la comunidad; en tercer lugar la capacidad sobre los roles de las empresas y las oportunidades para el progreso individual; en cuarto lugar los méritos y aportes

derivados del sacrificio propio o uso meritorio del esfuerzo y la habilidad, y en quinto lugar en la distribución de los costos y pérdidas de la empresa común.

En este contexto la función del juez al ejercer el acto de juzgar combina la justicia conmutativa con la distributiva, ya que aplica las reglas jurídicas adecuadas a las partes [interés particular] y emplea un criterio relevante para distribuir los méritos y otorgar sentencia favorable [interés general] respectivamente (Finnis, 2000). El juez del modelo neo iusnaturalista es perfectamente consciente del significado focal o central del Derecho, consagrando a la razonabilidad práctica o prudencia como un bien básico dedicado a ordenar las propias emociones, elecciones y acciones por la inteligencia y la razón. El Juez Prudente de Finnis trasciende la mera aplicación de las normas generales o principios universales para implicar la determinación de la conducta virtuosa que la constituye como tal, y la prudencia se encuentra constitutivamente enraizada en normas y principios en tal medida que habilita la aplicación de los primeros principios básicos, en desmedro del significado periférico del Derecho (Massini, 2007).

En síntesis la racionalidad práctico-prudencial tiene la misión de guiar las elecciones y acciones humanas del Juez Prudente, bajo la inspiración de principios morales absolutos de idéntica naturaleza y carácter incommensurable, negando la posibilidad de medición, jerarquización y cálculo de bienes y males pre morales, ya que la única diferencia estriba en las elecciones de combinación de una vida humana limitada. El Juez Prudente frente al Derecho injusto contrario a los principios morales delimitados por la razón práctica no estará en la obligación de acatar la norma pre moral de segundo orden, incluso tratándose del derecho positivo; puesto que la última finalidad del hombre es la plenitud integral desde la vida corporal, la comunidad de la vida con otras personas (bien común) y la amistad con Dios que es el verdadero fundamento del orden moral (Orrego, 2000).

Ciertamente las críticas al neo iusnaturalismo de Finnis corresponden también al modelo del Juez Prudente, en virtud a que la naturaleza universalizable de determinados principios morales absolutos resulta cuestionable en un mundo multicultural caracterizado por el enfrentamiento de bloques ideológico-religiosos; por lo que la prudencia iusnaturalista se enfrenta a la consagración de proyectos de vida con valores antagónicos en permanente conflicto. El Juez Prudente si bien tiene la ventaja de emplear la razón práctica para identificar los valores del bien común, sin embargo se enfrenta a la posibilidad de resolver diferentes modelos de vida en base a variadas o ninguna concepción de Dios, e incluso al eventual surgimiento de anti morales completamente aceptadas como beneficiosas para una comunidad. Es claro que la prudencia no es suficiente para constituirse por sí solo como el único modelo arquetípico del juez, más aún si de la experiencia

no es factible extraer directamente deberes morales; por lo que la implementación del juez prudente puede ser calificada también como un modelo derivado del paradigma de la simplicidad.

### **El Juez Constructor de los Critical Legal Studies**

Desde la perspectiva de los *Critical Legal Studies* Duncan Kennedy considera que el juez se encuentra encerrado entre la libertad y la restricción judicial, para este autor norteamericano la labor del juez se asemeja a la de un artesano que debe trabajar con ciertos materiales. El artesano judicial está restringido por la naturaleza del material (ladrillos) con el que cuenta, y de otro lado cuenta con total libertad para diseñar y construir la amplia gama de objetos que se pueden hacer con ladrillos. El Juez Constructor expide sus resoluciones dentro de un campo que es el derecho vigente y trata de dictar la sentencia que cree más justa en el caso concreto, a pesar de la restricción en cuanto a los materiales jurídicos y los factores extra jurídicos que afectan sus decisiones diarias, como pueden ser su nivel de experiencia y las opiniones jerárquicas de sus superiores (Rodríguez, 2002).

Al igual que cualquier obrero de la justicia el Juez Constructor muchas veces experimenta la sensación de estar atado por el Derecho y por ende no logra construir una fina vasija con los ladrillos que le fueron entregados; a pesar de ello lleva a cabo múltiples estrategias tales como la selección de normas relevantes (reglas y principios) para alcanzar la solución deseada, utilizar precedentes que apoyen la decisión a la que se quiere llegar y el empleo de argumentos de conveniencia pública que sustenten el fallo que se pretende alcanzar, con el consiguiente descarte de aquellas normas, precedentes y razones contrarias a dicha decisión.

Recapitulando el Juez Constructor hace patente la mezcla inevitable entre legislación y adjudicación, entre derecho y política para sostener el carácter ideológico de la labor jurisdiccional y sus efectos políticos concretos (Rodríguez, 2002). En palabras del mismo Duncan Kennedy, lo que importa ahora no es tanto averiguar qué tanto restringe ley, sino cómo es que restringe la ley, una vez que se la concibe como un medio a través de la cual un juez liberal y activista busca hacer justicia social (Kennedy, 2002). Este modelo de juez debe tener clara la naturaleza ética del conflicto, porque no hay una forma políticamente neutral o coherente de hablar del derecho, pues la lógica interna del derecho depende de principios y conceptos profundamente contradictorios (Rodríguez, 2002). El procedimiento de esta argumentación jurídica ética, de acuerdo al filósofo de los estudios críticos, se puede resumir de la siguiente manera:

- a) Cuando exista un compromiso público no muy bien definido, mi decisión estará conforme con la ley y no se adoptará ninguna decisión para la que no se cuente como fundamento un buen argumento jurídico.
- b) Muchos miembros de mi comunidad me sancionarán drásticamente si no soy capaz de ofrecer un buen argumento jurídico para respaldar mi punto de vista.
- c) Si quiero que mi posición prevalezca, estoy obligado a respetar cualquiera sea la reacción del tribunal.
- d) Puedo llegar a dar forma a los resultados de los casos futuros e influir en la percepción popular sobre qué tipo de protestas son legítimas.
- e) Todo esto es parte de mi proyecto vital de juez liberal y activista (Kennedy, 2002).

El modelo de juez militante de los *Critical Legal Studies* va a estar condicionado ideológicamente, pues depende de los presupuestos dados que implican el proyecto vital del juez, el material jurídico disponible, los hechos del caso y su destreza para trabajar con casos fáciles y casos difíciles. La labor de este artesano puede ser riesgosa pero también puede ganar en credibilidad, siempre y cuando esté dispuesto a saltar la brecha de la obvedad, propia de la percepción común de la ley (Kennedy, 2002). Para el jurista norteamericano las teorías reconstructivas liberales pretenden armar su retórica en base al concepto de «derechos» e intentan justificar la racionalidad del sistema con argumentos jurídicos, políticos y filosóficos, en esta medida se entiende la posición de fe post-realista consagrada por Ronald Dworkin, cuando esboza el modelo del imaginario Juez-Hércules con la misión de encontrar la moral objetiva sobrehumana que guíe cada una de las decisiones jurisdiccionales. El problema se presenta cuando la «retórica de los derechos es manipulada» y utilizada para justificar decisiones judiciales en cualquier sentido, lo que demuestra que ellas dependen de un criterio valorativo, o más exactamente de índole político.

Es por ello que la crítica de los derechos al estilo de Kennedy postula una pérdida de la fe en el discurso jurídico actual, una especie de «no reconstrucción» que como opción ideológica pretende facilitar las actitudes críticas bloqueadas y contribuir a entender el avance de los objetivos del proyecto de izquierda (Miljiker, 2006). La crítica subyacente a este modelo deconstructivo es que los *Critical Legal Studies* no sugieren ninguna fe alternativa, lo que debilita la propuesta del Juez Constructor y lo convierte implícitamente en un Juez Deconstructor del discurso vigente. La humilde labor de un juez a pesar del derecho no está muy alejada de la realidad cotidiana, donde el magistrado tiene que administrar justicia



a veces contrariando el propio sistema piramidal, de dossier o reticular, la vida sencilla de un Juez Constructor no tendrá el heroísmo de los grandes héroes de la antigüedad, pero tiene la dosis necesaria para catalogarlo como un héroe de lo cotidiano, que puede verse reflejado en aquellos significativos actos de bondad del más coherente de los ciudadanos. El modelo de Kennedy nos recuerda que el juez puede ser como cualquier obrero de la justicia dispuesto a cambiar el sistema desde los casos de su competencia, una misión noble que puede concluir en la sólida construcción de un palacio de justicia o en una obra inconclusa que apenas puede sostenerse en sus cimientos.

Si bien en otras latitudes se ha generado alguna forma de Derecho Alternativo como en Italia y en Brasil, en una función más creadora de la magistratura como contribución del derecho a la construcción de una sociedad verdaderamente igualitaria (De Sousa, 1998), una postura similar con matices neo constitucionales ha sido la auspiciada por la argentina Alicia Ruiz (2001) cuando reconoce que la gran tarea del juez es procurar lo imposible, renunciar a las repetidas formulaciones abstractas de los derechos y a la comodidad de creerse neutral y a atreverse a ser otro y a reconocer la diversidad de los demás.

### ***El juez, un modelo complejo para el Estado Constitucional de Derecho***

Desde la perspectiva del pensamiento complejo el jurista de estos tiempos convive en un sistema de complejidad producto de la unidad y la diversidad, de tal forma que ambas nociones se denotan como antagonistas, concurrentes y a la vez complementarias (Morin, 1981). El modelo de juez no puede entonces reducirse a un paradigma simplificado, plano y monodimensional, sin tomar en consideración que la arquitectura del Estado Constitucional de Derecho se basa en la coexistencia de una pluralidad de valores morales formulados como principios constitucionales múltiples, genéricos y conflictivos (Barberis, 2013), pero a la vez indispensables para el respeto de los derechos fundamentales.

Esta suerte de diálogo y confrontación entre los diferentes modelos y perfiles de juez del derecho nacional convierte a esta tarea en una reconstrucción de lo imposible, un proyecto siempre inconcluso; ya que la creciente complejidad del mundo contemporánea impone la necesidad de nuevos arquetipos acordes con los nuevos imaginarios sociales. No en vano la justicia de los dioses ha tenido que ceder el paso a la justicia humana, la justicia de los héroes a la justicia de los artesanos, la justicia de los tecnócratas a la justicia de los poetas. Así queda claro entonces que asumir un solo modelo de juez condena al derecho al paradigma de la simplicidad, cuando lo que corresponde es enriquecerse de la diversidad de perspectivas reflejada en la multiplicidad de modelos judiciales.

El modelo de juez del Estado Constitucional de Derecho debe partir por aplicar los principios básicos del pensamiento complejo (Morin, 1997) a la judicatura, como son el Principio Dialógico, el Principio de la Recursividad Organizacional y el Principio Hologramático que permiten enfocar de mejor manera las paradojas de la construcción de un modelo y perfil nacional.

En principio el *Principio Dialógico* permite mantener la dualidad en el seno de la unidad y asociar dos términos a la vez complementarios y antagonistas como el orden y el desorden; en el campo judicial los arquetipos ideales tienden permanentemente a estar en conflicto, ya que no es posible la subsistencia de modelos de jueces divinidades sin la presencia de jueces terrenales, jueces conservadores de la seguridad jurídica sin jueces de prácticas alternativas, o jueces racionales sin jueces con empatía emocional. En materia judicial los modelos de jueces antes analizados se oponen, traslapan y complementan recíprocamente dependiendo de los casos fáciles, difíciles o trágicos que sean sometidos a su competencia, y en cierta forma, se reformulan de forma progresiva a lo largo del tiempo en una especie de recomposición permanente de caos y desorden.

Por su parte el *Principio de la Recursividad Organizacional* considera que los productos y los efectos son al mismo tiempo causas y productores de aquello que los produce, en un proceso de remolino; esto es que los modelos judiciales al influenciarse mutuamente tienden a ser causas y efectos unos de los otros. En la medida que se enfatizan los modelos de jueces conservadores a continuación proliferarán los jueces liberales, en tanto se exija a los jueces decisiones más racionales se provocarán reacciones más emocionales, la recursividad de la complejidad plantea una conexión indisoluble e histórica entre el Estado de Derecho y el Estado Constitucional de Derecho en una espiral que incrementa la carga de complejidad, y la sofisticación de los debates incluso al interior de los propios modelos de jueces.

En tanto el *Principio Hologramático* significa que el menor punto de la imagen del holograma contiene la casi totalidad de la información del objeto representado, la parte está en el todo y el todo está en la parte. A nivel de la modélica judicial cada decisión adoptada por los jueces permite analizar todos los arquetipos del juez, porque en el mundo actual las decisiones humanas vienen cargadas de una alta tasa de complejidad derivada de múltiples raíces culturales. El juez del caso concreto es la parte del todo y representa el conjunto del sistema jurídico, en cuanto todo el sistema de adjudicación a su vez se puede simplificar en cada una de las resoluciones judiciales expedidas por los jueces.

El propio Estado Constitucional de Derecho es una especie de paradoja dialógica, recursiva y hologramática; porque en su seno se confrontan ideológicamente el iuspositivismo con el neoconstitucionalismo, sin advertir que entre ambos existe una interacción mutua de acción y acción, y en la práctica de los casos concretos se genera un nudo gordiano donde se entrecruzan los debates acerca de la moral en el derecho, la inclusión de principios en la interpretación constitucional y los procedimientos de ponderación frente a los conflictos de derechos fundamentales, momentos todos que ilustran microscópicamente la naturaleza potencialmente beligerante de los valores reconocidos en nuestras Constituciones.

El juez de la complejidad debe ser conciente de que sus decisiones son producto de la unidad en medio del antagonismo de las partes, porque al resolver los casos sometidos a su competencia establece verdades judiciales que reaperturan nuevamente la controversia en nuevos escenarios. El efecto sistemático de las decisiones jurisdiccionales se evidencia en los diferentes pronunciamientos judiciales que merecen los casos antes de su resolución final, una espiral de sentencias que son revisitadas por una red de órganos decisores intra y extrajudiciales, cada uno como producto y productor, causa y efecto de precedentes jurisprudenciales. La complejidad imprime que cada magistrado en los casos de su competencia, ejemplifica el estado de la cuestión en el tema del razonamiento judicial en el Estado de Derecho y el Estado Constitucional de Derecho, así cada sentencia deviene en una muestra que diagnostica todo el sistema jurídico.

Recapitulando, el modelo de juez del neoconstitucionalismo surge dentro del paradigma de la complejidad y está gobernado por una pluralidad de valores constitucionales en permanente pugna; por lo que este juez de la complejidad frente a las paradojas del sistema jurídico debe rescatar los elementos más valiosos de cada uno de los prototipos ideales de juez forjados en la Teoría del Derecho. El Juez Complejo se caracteriza por ser una especie de *puzzle* en el universo del post positivismo, un modelo para armar que se articula a propósito de los casos propuestos para su resolución, el juez de la complejidad no es un dios, ni un simple ser humano; porque cada una de estas respuestas se han revelado simplificadoras ante las controversias jurídicas.

El modelo de Juez Complejo comprende históricamente que el Estado Constitucional de Derecho es resultado del Estado de Derecho, su mecanismo de razonamiento jurídico algunas veces privilegia la subsunción y en otras ocasiones la ponderación, no descarta de plano la validez de las reglas por el peso de los principios, ni la importancia de la moral ni inteligencia emocional ante la racionalidad estratégica, tampoco niega la posibilidad de defender una cierta ideología jurisdiccional en atención a determinado sistema jurídico.

De acuerdo a cada caso concreto el Juez Complejo colocará más énfasis en la naturaleza jerárquica del Derecho (Juez Júpiter), la interpretación constructiva en los casos difíciles (Juez Hércules), la comunicación entre las diferentes racionalidades en un mundo globalizado (Juez Hermes), el sentido empático y humano de las decisiones judiciales (Juez Poeta), la prudencia como racionalidad práctica inspirada en principios morales (Juez Prudente) o la capacidad de construir el sistema jurídico con los pocos elementos jurídicos disponibles o deconstruirlo si es el caso (Juez Constructor).

En resumen las paradojas del modelo de juez contemporáneo arrojan como resultado definitivo un juez complejo del caso concreto, un juez que debe armonizar las tensiones existentes entre los demás arquetipos de la judicatura resolviendo la contraposición entre modelo y perfil judicial. Si se puede concluir que existen varias clases de neoconstitucionalismo entonces no es difícil aceptar la idea de múltiples modelos de jueces, de tal forma que la propuesta del juez de la complejidad haga tangible el principio hologramático de que cada arquetipo representa a los demás.

Una propuesta de esta naturaleza tiene la ventaja de ser un modelo armable y desarmable de acuerdo a las necesidades sociales, un metamodelo de la complejidad o un antimodelo de la modernidad, que tiene la posibilidad de nutrirse diacrónicamente de todas las tendencias y teorías, y está en condiciones de responder a las expectativas de los actuales Estados Constitucionales. El juez de la complejidad es un alquimista en búsqueda de la combinación perfecta, un decisor en permanente aprendizaje que se hace mejor juez a través de la experiencia; porque a lo largo del tiempo su capacidad de interpretar el mundo se hace cada vez más completa, menos ortodoxa, más plural y finalmente más compleja como es el arte de hacer justicia.

### ***Discusión***

El Juez Júpiter es el modelo jurídico clásico de juez, en una primera etapa, estuvo influenciado por la Escuela de la Exégesis con su culto a la ley escrita y su reducción de la función judicial a una tarea deductiva; y en una segunda etapa, comprendió al derecho como un sistema jurídico estratificado alrededor de la norma fundamental (Constitución material) y reconoció propiedades en la creación y aplicación del derecho a la función judicial.

El Juez Júpiter es el dios celestial de la pirámide codificada basada en una ficción jurídica, dueño de un derecho unidireccional y una justicia absoluta e inmanente; por lo que no responde a las expectativas del fenómeno de la globalización, conduce de manera

inexorable al monismo jurídico, el monismo político o soberanía estatal, el imperio de la racionalidad deductiva y un futuro solventado en la idea moderna de progreso de la historia.

El Juez Hércules está dotado de una racionalidad superior fundada en una extraordinaria capacidad de discernimiento y argumentación, además tiene un conocimiento exhaustivo de todas las normas que integran el derecho de su comunidad y sus posibles conexiones mutuas. Este juez semi dios toma en serio los derechos fundamentales, cuenta con tiempo limitado de decisión, domina el imperio del Derecho y siempre encuentra la respuesta correcta en los casos difíciles, dentro de la unidad del Derecho apoyada en la coherencia narrativa y la jerarquía más satisfactoria de los principios de la moral política de una comunidad en una época determinada.

En materia de razonamiento jurídico el Juez Hércules es partidario de la interpretación constructiva que es producto de la interacción hermenéutica entre sujeto (intérprete) y objeto (interpretado); por lo que la mejor interpretación posible aplicable al caso concreto puede provocar entrecruzamientos de competencias normativas y conflictos entre principios que tienden a balancearse y decidirse conforme a su peso; pero estas decisiones deben adoptarse en el marco de una tradición jurídica que se consolida al estilo de un escritor de novela en cadena, donde cada contribución personal de los jueces se suma a los anteriores pronunciamientos o precedentes judiciales generados.

Lamentablemente este juez sobrehumano encuentra serias limitaciones al momento de afrontar los retos del derecho comunitario, la multiculturalidad de países y regiones, el advenimiento de un mundo globalizado con diferentes racionalidades y el eventual cuestionamiento a la moral social dominante que inspira sus decisiones.

El Juez Hermes es el gran comunicador del mundo globalizado que se encuentra familiarizado con un sistema jurídico de estructura reticular con infinita información disponible, múltiples focos de poder desconcentrados, variedad de actores jurídicos, superposición de funciones entre órganos jurisdiccionales, administrativos de índole pública o privada, y diversas racionalidades en juego. Este juez reflexivo considera al Derecho como un procedimiento de discusión pública razonable, un modo de solución de conflictos equitativo y contradictorio, cuya legitimación reside en una sólida argumentación jurídica.

Las bondades de este modelo de juez se despliegan a nivel de la heterocomposición en la conciliación, el arbitraje, la mediación, y a nivel general, en el contexto del Derecho

Comunitario, donde puede erigirse como un super Juez Hércules en tanto perfecto artífice de la teoría de los juegos. Aunque muchas veces su forma de adjudicar las decisiones sea calificada como ambigua ante la ausencia de una postura final, de tal manera que su rol de traductor no lo convierte en un creador de derechos, y la negociación eficiente entre racionalidades no toma en cuenta la razonabilidad de las emociones.

El Juez Poeta es el perfecto igualador de las desigualdades sociales al tener la capacidad de imaginar el dolor de las demás personas para aprender de su condición humana y adquirir la motivación suficiente para cambiarla. El Juez Literato se encuentra en la ubicación del «espectador juicioso» provisto de valores y buenas razones para evitar el distanciamiento escéptico y preferir un razonamiento práctico alimentado por evaluaciones humanistas, este juez novelista considera a las emociones como respuestas inteligentes en sintonía con los valores y metas importantes de las personas.

Si bien la naturaleza profundamente humana del Juez Poeta representa su más importante carta de presentación ante los modelos de jueces dioses y semidioses; no obstante también resulta su mayor desventaja frente a la irracionalidad de los sentimientos humanos y la tentación de deshumanizar a la sociedad al sobre humanizar a las partes del proceso.

El Juez Prudente es el artífice de la combinación entre la justicia conmutativa, propia de las reglas jurídicas adecuadas para resolver controversias entre las partes, y la justicia distributiva dedicada a la búsqueda de criterios relevantes para asignar los méritos a favor del interés general. La justicia neo iusnaturalista se concentra en el significado focal o central del Derecho que consagra a los principios morales como absolutos e inconmensurables, no sin antes dejar de lado aquellos bienes básicos pre morales e incluso normas jurídicas que no responden a la razonabilidad práctica y que obedecen a planes de vida diferentes.

Pero las limitaciones del Juez Prudente aparecen al momento de seleccionar los principios morales universalizables en un panorama global de multiculturalidad y conflicto de ideologías, máxime si el modelo de plenitud integral al lado de Dios se ve seriamente cuestionado por diferentes modelos de vida y morales divergentes. La prudencia como racionalidad práctica que permite discernir entre el bien y el mal, provisto de sabiduría e inteligencia, no es suficiente para satisfacer las necesidades de la justicia constitucional.

El Juez Constructor es un artesano encerrado entre la libertad y la restricción judicial, porque expide resoluciones dentro del derecho vigente e intenta dictar la sentencia más justa en el caso concreto; a pesar de las limitaciones de los materiales jurídicos disponibles y los

factores extrajurídicos que afectan las decisiones cotidianas como el nivel de experiencia y las opiniones jerárquicas de sus superiores.

Este obrero de la justicia critica la manipulación de la retórica de los derechos, juzga escépticamente el discurso jurídico actual y postula una especie de deconstrucción del sistema jurídico que consolide el avance de los proyectos de izquierda; lo que convierte a este juez en una suerte de antimodelo judicial empeñado en hacer justicia social no obstante las restricciones del propio Derecho.

El modelo de Juez Complejo es el metamodelo del Estado Constitucional de Derecho que rescata la naturaleza jerárquica del Derecho (Juez Júpiter), la interpretación constructiva en los casos difíciles (Juez Hércules), la comunicación entre las diferentes racionalidades en un mundo globalizado (Juez Hermes), el sentido empático y humano de las decisiones judiciales (Juez Poeta), la prudencia como racionalidad práctica inspirada en principios morales (Juez Prudente) y eventualmente la necesidad de deconstruir el derecho para conseguir la justicia social (Juez Constructor).

El Juez del paradigma de la complejidad está en la capacidad de asegurar la coexistencia de principios constitucionales múltiples, genéricos y conflictivos, armonizando los diferentes modelos de jueces al momento de adoptar la decisión en cada caso concreto, para lo cual se vale de los principios dialógico, de recursividad organizacional y hologramático inherentes al pensamiento complejo explicados a lo largo del presente trabajo.

### **Referencias**

- Barberis, M. (2013). ¿Existe el Neoconstitucionalismo? En S. Ortega (dir.) *¿Existe el Neoconstitucionalismo? Razones, Debates y Argumentos*, (pp. 23-50). Lima: Jurista Editores.
- Boyd White, J. (1985). *Legal Imagination*. Chicago: University of Chicago Press.
- Cárcova, C. (2001). ¿Qué hacen los jueces cuando juzgan? *Revista de Faculdade de Direito da UFPR*, 35, 7-17. [Documento en formato html] Recuperado el 18 de setiembre del 2014 de: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/direito/article/viewFile/1806/1502>.
- Casalmiglia, A. (1995). Ensayo sobre Dworkin. En R. Dworkin, *Los Derechos en Serio*. Barcelona: Ariel S.A.
- Ciuro, M. (2004/2005). Una Nota Histórica sobre la Tarea Judicial. *Revista del Centro de Investigaciones de Filosofía Jurídica y Filosofía Social*, 28, 33-37.
- Comanducci, P. (2013). Neoconstitucionalismo Ideológico y Estado Constitucional de Derecho. En S. Ortega (dir.) *¿Existe el Neoconstitucionalismo? Razones, Debates y Argumentos* (pp. 241-258). Lima: Jurista Editores.
- De Sousa Santos, B. (1998). *De la mano de Alicia. Lo social y lo político en la Postmodernidad*. Santa Fe de Bogotá: Uniandes.
- Dworkin, R. (1988). *El Imperio de la Justicia*. Barcelona: Gedisa S.A.
- Finnis, J. (2000). *La Ley Natural y los Derechos Naturales*. Buenos Aires: Abeledo-Perrot.
- García Amado, J. (2006). ¿Existe discrecionalidad en la decisión judicial? O de cómo en la actual Teoría del Derecho (casi) nada es lo que parece y (casi) nadie está donde dice. *Revista Isegoría*, 35, 151-172.
- Kelsen, H. (1983). *Teoría Pura del Derecho*. México D.F.: Universidad Autónoma de México.
- Kennedy, D. (2002). *Libertad y Restricción en la Decisión Judicial*. Bogotá D.C.: Siglo del Hombre Editores.
- Mac Lean, R. (2005). *Una justicia para el habitante común*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Massini, C. (2007). Ciencia Práctica y Prudencia en Jhon Finnis. Aproximaciones Preliminares a la Problemática. [Documento en formato html] Recuperado el 18 de setiembre del 2014 de: [http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo57/files/ciencia\\_practica\\_y\\_prud.pdf](http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo57/files/ciencia_practica_y_prud.pdf)



- Miljiker, M. (2006). Duncan Kennedy y la Crítica de los Derechos. *Revista Jurídica de la Universidad de Palermo*, 7(1), 91-100.
- Montejano, B. (1981). Filosofía de la Función Judicial. En A. Guzmán (ed.) *La Función Judicial*, (pp. 1-25). Buenos Aires: Depalma.
- Morin, E. (1981). *El Método. La Naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra S.A.
- Morin, E. (1997). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa S.A.
- Muñoz, A. (2000). Casos Difíciles y Derecho como Integración (Estudio sobre la Teoría Jurídico Filosófica de Ronald Dworkin). *Revista Telemática de Filosofía del Derecho*, 3, 57-66.
- Nussbaum, M. (1997). *Justicia Poética*. Barcelona: Andrés Bello Española.
- Orrego, C. (2000). Estudio Preliminar. En J. Finnis, *Ley Natural y Derechos Naturales*, (pp. 9-30). Buenos Aires: Abeledo-Perrot.
- Ost, F. (1993). Júpiter, Hércules, Hermes: Tres Modelos de Juez. *Revista Doxa: Cuadernos de Filosofía del Derecho*, 14, 169-194.
- Pérez, M. (2004). Aplicación y Creación del Derecho. El rol del Juez ante un nuevo Paradigma. *Revista Jurídica*, 8, 285-292.
- Platón. (1969). *La República o El Estado*. Lima: Editorial Universo.
- Rodríguez-Toubes, J. (1993). El Iusnaturalismo de Jhon Finnis. *Anuario de Filosofía del Derecho*, 10, 375-406.
- Ruiz, A. (2001). *Idas y Vueltas. Por una Teoría Crítica del Derecho*. Buenos Aires: Editores del Puerto S.R.L.
- Ruiz, M. (2005). El mito de la Justicia: Entre Dioses y Humanos. *Cuadernos Electrónicos de Filosofía del Derecho*, 11, 1-16.
- Santos, L. (2005). *Liberalismo e Igualdad. Una aproximación a la Filosofía Política de Ronald Dworkin*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Stammbler, R. (2005). *El Juez*. Lima: ARA Editores.
- Varas, J. (2003). *Estudio Crítico de la Teoría de la Justicia de Jhon Finnis*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Vega, R. (2003). *Enrique López Albújar. Juez Reformador del Derecho Penal*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.



# The Most Holy Trinity and Three Basic Physical Interactions

Marián Ambrozy  
*Doctora en Filosofía,*  
*labora en el Departamento de Ciencias Sociales*  
*de College of International Business ISM en Slovakia.*  
Contacto: [ambrozy.marian@gmail.com](mailto:ambrozy.marian@gmail.com)



# The Most Holy Trinity and Three Basic Physical Interactions

La santa trinidad y tres interacciones físicas básicas

Marián Ambrozy

*College of International Business, Prešov, Slovakia*

Recibido: 27-02-2015

Aceptado: 08-06-2016

## **Summary**

The described model is an attempt to provide an analogy which leads to approaching the Holy Trinity in the same way as it was done for example by Nikolay Kuzansky. The intention of the author was to work out a model which would in the same way characterize both the economic and systematic Trinity. The approaching leads through an analogy of three physical interactions with the Persons of the Trinity. The model tries to result not only from the static but also a process physical idea of the world. This analogy tries in no way to interfere with the revealed theology.

## **Key words**

Holy trinity, Nikolay Kuzansky, physical interaction, theology.

## **Resumen**

El modelo descrito es un intento de hacer una analogía que encauce una aproximación a la santa trinidad en el mismo sentido que lo hizo Nikolay Kuzansky. La intención de la autora fue plantear un modelo que pudiera caracterizar en la misma forma, la trinidad sistemática y económica. Dicha aproximación se orienta a tres interacciones físicas básicas de las personas de la trinidad. El modelo prueba el resultado no solo desde una visión estática, sino también desde la idea de proceso físico del mundo. Esta analogía no intenta interferir con la teología revelada.

## **Palabras clave**

Santa trinidad, Nikolay Kuzansky, interacción física, teología.

## **Core**

The original solution to various problems of the Trinitarian theology was extremely problematic. The so called Period of Apostolic Fathers was followed by the Period of the

Apologists in the Patristic period of philosophy and theology. During this period, the terminus technicus *Trinity* appeared for the first time in the written form, particularly in works of Theophilus of Antioch.

The first major theological dispute substantially related to both Trinitarian theology and its closely related theological disciplines was a dispute concerning modalism. It concerned the nature of relationships between the persons of the Trinity and the nature of the persons themselves. Another significant dispute was the Christological controversy with Arianism. Within this context there were extreme disputes between those who supported the theory of the same nature of the Son and the Father (homousios) and those who supported the concept of a similar nature (homoiousios). The debate had hardly managed to come to an end before the dogmatics started to tackle another major theological discussion concerning the number of natures in the person of Christ. The parties of this discussion were the theologians who supported nestorianism on one hand and monophysitism on the other hand. Various interpretations concerned also the person of the Holy Spirit in which macedonianists opposed the opinion which considered this person to be divine. This theological line of thought, also called pneumatomachoi, was defeated during a theological dispute in Assembly of Constantinople and it remained a peripheral opinion within Christianity belonging to the peripheral theological thinking. The Apollinarists, Docetists, Alogers, Monotheletists, Monoenergists and also other lines of thought which were at least partly related to the Trinitarian theology contributed to the existing restlessness of the dogmatic theology in their period. The facts mentioned above only roughly suggest the effort of disputes performed by generations of theologians. On the other hand, we are aware that from the present point of view the discussion was not only thorny but the importance of the issue often shifted the dissertation fight to a political level or even to a military fight. It is assumed that in some particular issues, e.g. discussion over nestorianism, the thematic importance was strongly exaggerated. It was often just a conflict of interpretations and the issue was not grounded strictly dichotomically. In that case the exaggeration of its seriousness brings about its shifting to the level of a pseudoproblem.

Basil the Great said this great thought: "If all who were called upon the name of God and our Saviour Jesus Christ looked to nothing but the truth of the Gospel, if they were contented with the apostolic tradition and the simplicity of the faith, there would be no need to look for other means of knowing what should be believed" (Gunčaga, Palátková, Žvanda, Kružliaková, 2011, p. 111). The work and thinking of the holy fathers and the less acknowledged theologians are highly appreciated. We do not dare make any revisions or supplements. We just dare formulate a certain analogy due to the extreme complexity

of the issue. The analogy has no theological aspirations. It is meant for people educated in the sphere of natural sciences who for some reason have not yet approached the nuances of the Trinitarian theology in the context of its history (essential to understanding the whole complexity of the issue).

Let us briefly think about the following quotation. Baron Paul Heinrich Dietrich Holbach, often referred to as personal enemy of God, talked about the Holy Trinity in his anti-Christian pamphlet *Pocket Theology*. In his sarcastic style he said the following:

Trinity. Unspeakable mystery adapted by Christians from the divine Plato. It is a basic article of the faith of our holy religion. Through this mystery, one God is three persons and three Gods are only one single God. The dogma of the Trinity may be found nonsensical only by those who do not understand Plato at all. This Church Father invented three ways of view of the divinity; God's might was by our holy doctors made the Father with an imposing beard; his wisdom was made the Son who comes from Father and who was killed by hanging for conciliation, his goodness was made the Spirit who transformed into a dove. That is all of the mystery. (Holbach, 1962, p. 25)

In this short excerpt, we can see mainly prejudice and a tendency to disparage Christianity. However, we should also see the other side of the matter. It consists in the fact that Plato's language used as a secondary means only to approach the biblical message was not understood. After all, the influence of Plato on the Jewish theologian Philo of Alexandria was so great that they used to say *ὁ Πλάτων Φιλονισεῖ, ὁ Φίλων Πλατωνισεῖ*. Even more. It is a kind of disillusion, not understanding that the Trinity has a lot of meanings, total absence of sense which is clear even without knowing Plato and novoplatonism. In case of Holbach, who had undoubtedly top-ranking education, there also must have been an influence of anti-Christian grudge but the rational basis consisted in the fact that it did not make sense to him without Plato. From the theological point of view, it is a mystery indeed and its direct exploration in terms of exactness is neither necessary nor possible, however, it is possible to approach it in a certain way at least. This is what Holbach did not quite understand and he slightly missed the understanding of the Trinitarian theology issue. Plato is one way which perhaps can achieve some approach. It was an attempt to approach the Trinity through philosophy keeping its mystery and using the period's means of expression.

This article presents with a similar effort. It is to show some similarities based on comparison of matching features of a model known from the biblical basis and a model from physics. It tries to show similar features in what is written about the Trinity in the

Holy Scriptures and in interactions in physics. In terms of existing common features, we suggest a certain way of approaching the Trinity that is not in a contrary with the Scriptures. We suggest it from the point of view of philosophy which is qualified to use a comparison of sciences and which can also act as a theory of science. Physics itself and theology itself cannot speak for themselves. The attitude of philosophy appears to be convenient also for using an extrapolation method especially in a kind of analogy, not theology in revealed meaning, which is just approaching in the same way as it was done by philosophizing thinkers of patristics or Nicolas Cusanus of the late medieval period. It is an attitude which is not derived from any science but from the outside sphere, from a neutral point of view. Thus, this chapter is not theological but philosophical, as well as other attempts to approach the Trinity known from history which belong to philosophy too. In our opinion, philosophy should hand in hand go along the science and it should contribute to knowledge, it should not overtake the science but stand by its side, it should not pretend to be superior but it should closely cooperate with it, as we can see for example in Daniel Dennett's philosophy of thinking. Therefore, this attempt to approach the Trinity philosophically is based on unconditional acceptance of science and its sovereign competency in the appropriate field. An inseparable connection with related terminology in the field also exists there. "Development of every terminology is naturally connected to the progress of corresponding methodology, researched field and current philosophy inspired by concrete social, economical and cultural context and by particular level of the global scientific knowledge" (Žarnovičanová, 2008, p. 225).

The concept of three interactions in physics is comparatively recently discovered reality. Physics itself has been achieving this knowledge through centuries. Nevertheless, paradigm of the ancient episteme and medieval doctrina is completely different from the one of the present positive science and the natural science in particular, and the same is true for the history of physics. However, separation of kinds of being and their classification belong to Aristotle's works. The medieval physics including separation of the physics of the universe and the physics of our world continued, after all it was still present in A. Comte. Although the great union of all basic interactions has still been expected, the current results suppose an original union of three basic forces recognized today, a kind of parainteraction. From the point of view of the present paradigm, the process of unification of physics, which has lasted for several generations and which was initiated from the point of view of gravitation by Newton and from the point of view of electroweak force by Oersted, would become completed.

This brief article tries to find an answer to the question whether this point seemingly unrelated to the number of basic existing forces and to the possibility to create their common



theory can contribute to explanation of theological issues. Seemingly, these are completely different sciences. Their subjects of study are completely different. However, “unlike the situation in the past, a great majority of scientists today realize how natural sciences and the scientific work itself are connected with philosophy, ideology, ethics and others. There is hardly anyone who doubts it and the number of those who think about it actively or speak about it in public grows” (Heidegger, 2004, p. 7). After all, “the substantial connection between science and ideology has been evident practically since the period of modern science as a sovereign form of the human reflexion of reality” (p. 8).

Physics in antiquity, middle ages and today speaks about physis. It tries to describe the world as something that is measurable. These are the limits of its competency. The words said by Martin Heidegger sound truthfully: “Physics itself cannot say any statements about physics. All statements of physics are of physical nature. Physics itself cannot be a possible subject of a physical experiment” (Nicolas, 2003, p. 55). Theology can speak about its method, about its field of acting, however, it is not authorized to give answers to philosophical questions, unless they are given by revelation itself. It is philosophy that can use the metascientific language.

This brief tract is going to deal at the philosophical level with three interactions in physics and with an extrapolation of the mentioned model to approach a human understanding of the Holy Trinity. The aim is not to explain the Trinity from the philosophical point of view, but to give some modest help to approach some manifestations of the Trinity using an analogy. Based on the latest knowledge of particle physics and hypotheses about the existence of a united interaction, physics determined a hypothesis concerning a connection between interactions and the origin of the universe. According to the inflation theory there is a following model in connection with the concept of a united interaction.

A unity of interactions is going to be considered as the basic premise in our case in spite of the fact that there is still no physical evidence of it. Nevertheless, this hypothesis of physicists has to be used as a hypothesis to work with. This is going to be the ground of our thinking.

At the zero point, all interactions were merged, i. e. they were in the state of a united interaction. This state existed only for a short period of time. According to the hypothesis, this was a situation reflecting works of physicists throughout centuries in the field of interactions. The gravitational interaction was the first one to separate at the time point of  $10^{-43}$  seconds. The strong interaction followed at the time point of  $10^{-35}$  seconds at the temperature of  $10^{28}$  K and energy of  $10^{15}$  GeV. The electroweak force was

not separated until the time point of  $10^{-11}$  seconds, when it separated to present itself as electromagnetic and weak force with the energy of  $10^2$  GeV. However, the disintegration of the electroweak interaction means a disintegration of the united interaction into its two forms, just as it is for example in the spectrum of light with its individual lights of different frequencies of individual colours. Thus, disintegration of the third interaction arises following the time point of  $10^{-35}$  seconds.

This model should suggest a more probable scenario in future if the theory of unification of forces is completed. This is a construction to show the nature of forces and their mutual relations. It shows a hypothesis of physicists based on which they exist in the world in three basic interactions, gravitational, strong and electroweak, which, however, are united on the basis of one existing original basic interaction. Thus, according to hypotheses, during the process of formation of the universe, they were together in the primal stage, i.e. in the state of one single interaction. Their separation into three resulted from expansion and cooling down in the course of time. The unification of all interactions is an implicit hypothesis in the model.

It is clear that the model of the process of formation of the universe thus counts on a unification of interactions and it shows that from the point of view of these intentions their independent manifestation is not a matter of mutually unrelated forces, but on the contrary, they themselves come from the united interaction and we can hardly speak about their total separation. From this point of view, it is good to realize one more important fact. During a manifestation of any of the three basic interactions, a simultaneous manifestation of the two remaining interactions is happening as well. The difference consists in the intensity of the manifestation only. One of the interactions is manifested noticeably, the two remaining interactions are of much lower intensity in a particular situation but they are still present. In fact, it is just a matter of viewpoint of one particular interaction with a certain intention. It is a matter of intentionality in choosing one of the forces to be considered a subject matter at a particular time point. Thus, all interactions act always simultaneously and the difference consists in the intensity of this acting only. If we (in an imaginary experiment) gradually increased the temperature from  $3 \times 10^2$  K (i.e. room temperature) to the temperature of  $10^{30}$  K progression, these intensities would gradually become equal and eventually one single parainteraction would appear.

Common acting of interactions suggests the supposed unity of the three forces. The common origin in the process model of the universe supposes this unity implicitly. If we consider this unity supposed by physicists as relevant, an interesting analogy

appears. The unity and a mutual acting of the three interactions evoke a certain idea of the Holy Trinity; the analogy of a united interaction and the Holy Trinity is apparently not meaningless.

The analogy consists mainly in the unity of the merged interaction as a complex of three basic interactions. The unity of interactions is merged into the most basic force. The three basic interactions are part of the fundamental united interaction. Another point of the analogy is the origin of the basic interactions in the united interaction in which, according to a hypothesis, they stem from it in the course of time and they separate from it. Finally, another similarity is that during a manifestation of any of the basic interactions there are the two remaining interactions present as well. We can know of God even more than what He has manifested in history. On one hand, “*a personal God is a Creator of the Universe*” (Rojka, 2009, p. 154) and, on the other hand, as for the Trinity, “the divine Persons are called economic Trinity when manifesting in history; the divine Persons are called immanent Trinity when existing in their own divine being” (Polkinghorne, 2007, p. 30). As we know, the three interactions are present together everywhere in spite of the fact that each time only one of them manifests dominantly. However, originally they were together in terms of the cosmological interpretation of the origin of the world. This is the core of a certain similarity between the hypothesis of a united interaction and manifestations of just one of them on one side and the immanent and economic Trinity on the other side.

We assume it is important to explain why we speak about three interactions. Two interactions, electromagnetic and weak, merge into the electroweak interaction within the electroweak unification. From the point of view of the carrier of the interaction, from the viewpoint of the field, a common feature of both forms of interaction is the fact that their carriers are unphysical particles, photons in electromagnetism and  $W$  and  $Z$  bosons in the weak interaction. Although their sources are different, the quiescent weight of particles which are carriers of the electromagnetic and weak interaction is zero. We can assume that the mechanism of the electromagnetic and weak interactions is the same. The force is carried by the particles with the zero quiescent weight.

Although there are processes with a change in the charge in the weak interaction, there are also processes without any change in the charge, whereas in electromagnetic interaction there are neutral processes only. Predictions of interactions caused by neutral currents only were arguments used in verification of the Weinberg–Salam theory. The proof of the unity of the electric and weak interactions within the electroweak „force“ is entrenched and the discoverers were awarded a Noble prize. This cannot be said about the theory of the

great unification, at least not now. It has not been proved yet that electroweak and strong interactions are united and have a common carrier. As Lubos Rojka pointed out, the great unification has not been confirmed yet and “it remains in the sphere of hypothesis” (Rojka, 2011, p. 52; 2012, p. 120). Therefore we can consider the existence of the strong, gravitational and electroweak interaction for the time being.

A model of depicting the analogy of the Holy Trinity is completely different in John Polkinghorne. This physicist and theologian built his analogy on GUT of unification. “The counterpart in Christian theology of the physicists’ GUT is the doctrine of Trinity” (Pružinský, 1990, p. 99). As we know, it is hypothetical although it is a verification expecting unification of electrically weak and electrically strong interaction. This unification does not count on gravitational interaction, i.e. gravitational interaction simply does not belong there. It is exactly what John Polkinghorne’s work is grounded in. “I believe that the true ‘Theory of Everything’ is not superstrings, as physicist are sometimes moved bombastically to proclaim, but it is actually trinitarian theology” (Pružinský, 1990, p. 104) said Polkinghorne.

Just as in our model suggested by Julius Krempaský and edited by the author, the concrete interaction is not identified with any of the Trinity persons. Analogously to our model, a trinity of interactions and a trinity of persons within the Holy Trinity are used. Except for interactions, there are not included any physical entities in the model in Polkinghorne either. However, there are some differences which are not insignificant. First of all, it is neglecting the gravitational interaction that has been mentioned above. It is indeed impossible to integrate gravitational interaction theoretically into GUT. This is a matter of theoretical physics. If Polkinghorne uses GUT as basis, he is obliged in this way. This results in some consequences which in our view represent weakened explanation power of argument of the model.

In any case, even if GUT could be verified, it would still be a model that is not complete from the point of view of physics. It does not count on gravitational interaction which is completely left out from the model and gravitation is simply removed from the set of analogy. The model does not characterize the reality of physics and it is incomplete as it is simply possible to register an interaction which is not included in it. Moreover, we can say that it is grounded in a theory which is currently on a hypothetical rather than verified level. Our model is only based on verified knowledge.

## ***Conclusion***

Let us realize some facts. New discoveries of physical connections may obviously attack the mentioned analogy. Nevertheless, an analogy is just an aid in the same way as it was the case of Kuzansky and triangle the angles of which are set in terms of limits in such a way that triangle meets in one line in fact. After all, Karl R. Popper said that knowledge itself is a network of hypotheses and a web of suppositions and Poincaré drew attention to a possibility of a potential condition which specifies laws and thus it can always change theories. The purpose of the analogy described above is to approach some facts approximately and without any aspirations to achieve any theological consequences. It is an approach which is based on a different example but on the same level as it was done by Nikolay Kuzansky. J. Polkinghorne takes into consideration an alternative of a universal theory of interaction unification through the theory of strings. He further counts on use of EPR (Einstein, Podolski, Rosen) paradox, remote-communicating particles represent theology of relationships in the same way as in the Trinity. Moreover, in his model, our thinker does not count on any possible reflecting of the distinction between economic and systematic Trinity in any way, which is carried out in our model.

Polkinghorne's analogy is inspiring, however, it does not reflect the duality of economic and immanent Trinity enough, and it is even grounded in an unproven hypothesis. Moreover, it is incomplete and it does not characterize the whole spectrum of interactions.

### **References**

- Gunčaga, J.; Palačková, H.; Žvanda, J.; Kružliaková, S. (2011). Moral values supported by the educational process. In: *Papers of World Congress of Catholic Universities* (pp. 593-607), Universidad Católica de Ávila, Spain.
- Heidegger, M. (2004). *Věda, technika a zamýšlení*. Prague.
- Holbach, P. H. D. (1962). *Vrecková teológia*. Bratislava.
- Nicolas, J. H. (2003). *Bůh v Trojici*. Prague.
- Polkinghorne, J. (2007). *Quantum Physics and Theology: An Unexpected Kinship*. New Haven and London: Yale University Press.
- Pružinský, Š. (1990). *Patrológia 1*. Prešov.
- Rojka, L. (2009). *Kto je Boh a či vôbec jestvuje*. Trnava: Dobrá kniha.
- Rojka, L. (2011). Boh stvoriteľ a kvantová kozmológia Stephena Hawkinga. *Radost a nádej*, roč. 14(2), 42-55.
- Rojka, L. (2012). *Stvorenie vesmíru z ničoho*. Trnava. Dobrá kniha.
- Žarnovičanová, R. (2008). Terminologická analýza a komparácia v oblasti porúch prežívania a správania. In: *Pohľady na súčasnú edukológiu v teoretickom, empirickom a metodickom kontexte*. Nitra.
- Zigo, M. (1989). Filozofické aspekty súčasnej prírodovedy. In: Sekerka, V. *Filozoficko-metodologické a svetonázorové problémy súčasných prírodných vied*. Bratislava.

# **NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN PARA PUBLICARSE EN LA REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN PABLO**

## **Política editorial de la Revista de Investigación de la UCSP**

La *Revista de Investigación* es la publicación científica editada por la Dirección de Investigación (DI) de la Universidad Católica San Pablo de Arequipa, Perú. En ella se publican trabajos de investigación básica o aplicada de carácter interdisciplinario, en todos los ámbitos del conocimiento, orientados al desarrollo humano integral en clave de búsqueda de la verdad e integración del saber. Se privilegian las siguientes líneas de investigación: procesos y tendencias culturales; cultura e identidad nacional; persona, familia y sociedad; empresa y humanismo; tecnología para el desarrollo, y desarrollo integral y sociedad.

Se aceptan trabajos de investigación de diversas áreas del saber siempre que promuevan el desarrollo de la persona, que no contravengan principios éticos y que promuevan la integración del conocimiento y el diálogo entre fe y razón.

La *Revista de Investigación* se publica anualmente y aparece en el mes de noviembre. Se aceptan para su revisión trabajos en español y en inglés que no hayan sido publicados previamente, y que no hayan sido presentados de manera simultánea en otra revista de investigación. Esta publicación se puede adquirir gratuitamente en su versión electrónica en la página web de la Dirección de Investigación de la UCSP en: <http://ucsp.edu.pe/index.php/publicaciones-di/revistas-de-investigacion>.

## **Presentación de trabajos y procesos de revisión**

Los trabajos de investigación deberán ser originales y seguir un formato de redacción según el estilo APA (6ta edición). Deberán dirigirse en formato Microsoft Word al siguiente correo electrónico: [revista-de-investigacion@ucsp.edu.pe](mailto:revista-de-investigacion@ucsp.edu.pe). Se debe adjuntar una carta que explique los fines y los principales aportes del trabajo, con la correspondiente cesión de derechos, señalando que el artículo no ha sido publicado ni presentado a otra revista, ni ha atentado contra la salud, el bienestar o la dignidad de las personas que se encuentran vinculadas al estudio, ya sea como sujetos de la muestra o beneficiarios de la investigación, etc. Es necesario adjuntar los datos personales de los autores (nombres y apellidos, filiación institucional, grados y títulos, líneas de investigación y publicaciones previas) en documento aparte como consta en el modelo de carta que se adjunta.

Los artículos enviados se evalúan según el sistema de doble ciego. Los evaluadores de los trabajos se asignan por afinidad temática según la especialidad de que se trate. De acuerdo con el sistema de calificación de la revista, el trabajo podrá ser: 1) aprobado para su publicación sin modificaciones; 2) rechazado sin derecho a apelaciones; o 3) aprobado

para su publicación con modificaciones, en cuyo caso no se publicará hasta no recibir el trabajo modificado por parte del autor o los autores y la aprobación final de los revisores.

Los trabajos que han sido admitidos para su publicación se considerarán en el correspondiente proceso de edición, pero el director de la revista tiene la facultad de determinar el volumen en que se publicarán los trabajos aprobados.

### **Formato de presentación de los trabajos**

Los artículos presentarán en forma clara, objetiva y ordenada todo el conjunto de fenómenos abordados, señalando los elementos implicados más relevantes y sus respectivas circunstancias. El formato de artículo deberá consignar por tanto el título, el resumen y las palabras clave en español e inglés, el aparato crítico o cuerpo documental del artículo, así como los requerimientos metodológicos necesarios para que los resultados sean comprendidos y replicados, en el caso de los artículos que han requerido una investigación de campo. Se debe incluir como apartado final el acápite de discusión en el que se analizan teóricamente los datos obtenidos y la información es contrastada con otros autores o estudios similares o afines. Se deben seguir las normas APA (6ta edición) para su redacción de contenido y de forma.

Los trabajos deben presentarse en documento Word con tamaño de hoja A4, letra Times New Roman número 12 y a espacio y medio. La extensión del trabajo no deberá ser mayor de 30 páginas con estas características. Las referencias se colocarán como figura en los siguientes ejemplos, en una cantidad mínima de 20 fuentes por trabajo:

- Libros:  
Cardó, A. (2005). *La Iglesia y la educación en el Perú*. Arequipa: Fondo Editorial de la Universidad Católica San Pablo
- Capítulos de libro:  
Andereggen, I. (2009). La constitución epistemológica de la psicología cristiana. En P. Lego (coord.) *Psicología y visión del hombre desde la fe*, (pp. 35-52). Arequipa: UCSP.
- Revistas impresas o en formato electrónico:  
Garland, A. (2008). Edith Stein, Santa para nuestro tiempo. *Persona y Cultura*, 6(6), 60-70.
- Documentos de internet:  
Sempé, N. (2010). *Cultura y educación en el pensamiento del magisterio de la Iglesia*. Areópago cultural. Revista virtual de la asociación cultural Círculo de Encuentro. [Documento en formato html] Recuperado el 11 de agosto de 2011. En línea:<http://areopagocultural.com/2012/06/cultura-y-educacion-en-el-magisterio-de-la-iglesia/>



## Modelo de carta de presentación de artículo

(Ciudad), (día) de (mes) de (año)

Sr.

Director de la Revista de Investigación de la Universidad Católica San Pablo

El (Los) autor(es) que suscribe(n) presenta(n) el siguiente artículo titulado..... para que sea evaluado por los revisores y determinen su publicación en la *Revista de Investigación* de la Universidad Católica San Pablo. El objetivo de este trabajo ha sido..... y se han encontrado los siguientes hallazgos..... por tanto, la importancia del artículo radica en que.....

Este artículo es original e inédito, y no ha sido presentado en revista alguna para su publicación. El documento ha sido elaborado por el (los) suscrito(s), y por tanto no es propiedad ni total ni parcialmente de terceros. Tampoco se han violado normas éticas antes, durante o después de la realización de la investigación. El autor principal asume la responsabilidad legal en el caso de que el material presentado sea copia, quedando la *Revista de Investigación* libre de todo compromiso.

Por tanto, en consonancia con lo anteriormente dicho, cedo (cedemos) los derechos de publicación de modo exclusivo a la *Revista de Investigación* de la Universidad Católica San Pablo, la misma que se responsabiliza de la impresión, distribución e inclusión en bases de datos nacionales e internacionales del trabajo presentado.

La revista se compromete a incluir el (los) nombre(s) del (los) autor(es) y sus datos respectivos, siempre que el artículo sea aceptado para su publicación en el volumen que haya sido considerado pertinente por el director. El contrato podrá ser anulado si el autor o los autores no envían el documento al director en las fechas establecidas o si no se publica el artículo en el volumen que se ha determinado y comunicado oportunamente al autor o los autores del mismo.

La comunicación se efectúa con el autor principal, siendo considerado como tal, el autor que figura primero en la relación de autores abajo firmantes.

Atentamente

(Presentar los siguientes datos por autor, con firmas y en formato jpg)

Nombres		Apellidos	
Grados y títulos		Institución que los otorga	
Filiación institucional		Ciudad y país	
Experiencia laboral			
Publicaciones del autor			
Líneas de investigación			
Teléfono o celular		Correo electrónico	
Firma			

