

# apuntes

## de ciencia & sociedad

Volumen 2 Número 2

Julio - Diciembre 2012



89

SEGUIDOR SOLAR ADAPTATIVO BASADO EN UN PLC PARA PANELES FOTOVOLTAICOS

*Celso de La Cruz Casaño*

99

REALIDAD AUMENTADA COMO INNOVACIÓN DE SOPORTES PUBLICITARIOS

*Miguel Córdova Solís*

113

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN ESPECIES DE FLORA EN EL LAGO CHINCHAYCOCHA, JUNÍN

*Ronald Medrano Yanqui*

138

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL CAFÉ ORGÁNICO EN LA REGIÓN JUNÍN

*Fernando Suca Apaza*

152

IMPACTOS ANTROPOGÉNICOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUNAS, JUNÍN

*María Custodio Villanueva*

179

LA INVESTIGACIÓN EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

*Roberto Hernández Sampieri*

## AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Fernando Barrios Ipenza  
Presidente del Directorio

José Barrios Ipenza  
Vice Presidente del Directorio

Esaú Caro Meza  
Rector

Teresa Godoy Castilla  
Gerente General

Oscar Navarro Ramos  
Decano de la Facultad de Ciencias Empresariales

Ricardo Salcedo Zarate  
Decano de la Facultad de Ingeniería

Rigoberto Zuñiga Mera  
Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud

Armando Prieto Hormaza  
Decano de la Facultad de Derecho

Apuntes de Ciencia & Sociedad (Apunt. cienc. soc.) es una publicación multidisciplinaria de la Dirección de Investigación de la Universidad Continental, tiene el objetivo de difundir resultados de trabajos de investigación desarrollados en diversas áreas del conocimiento, contribuyendo de este modo en el desarrollo sostenible del Perú.

Está dirigido a profesionales, investigadores, estudiantes de pregrado y posgrado universitario y a quienes toman decisiones en todo tipo de organizaciones sociales del contexto nacional e internacional, con una periodicidad semestral.

Las contribuciones que recibe la revista de los autores son revisadas por expertos nacionales como extranjeros, su opinión anónima y favorable respecto a la calidad y validez de sus resultados y la resolución de las observaciones enviadas a los autores aprueban su publicación.

Apuntes de Ciencia & Sociedad se encuentra indexada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas Latindex - directorio.

La revista no se hace responsable de las opiniones de los autores.

# apuntes

## de ciencia & sociedad

Vol. 2 N° 2, Julio - Diciembre 2012

**Editor:**

Wilfredo Bulege Gutiérrez

**Comité Editorial:**

Víctor Campos Urbano - Universidad Jaime Bausate y Meza  
Hugo Miguel Miguel - Universidad Nacional del Centro del Perú  
Luis Suárez Salas - Universidad Alas Peruanas  
Lourdes Artica Cosme - Universidad Daniel Alcides Carrión  
Virginia Navarro Salvador - Universidad Continental  
Zara Santillán García Blásquez - Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**Traducción:**

Milagros Infante Montero

**Diseño y diagramación:**

Freddy Melgar Mayta

**Fotografía de portada:**

Hugo Chávez Hilario; Lago Chinchaycocha, Reserva Nacional de Junín, Perú; 17/12/2012

**Distribución:**

Jackeline Santos Paucar

**Publicación y difusión:**

Juan Rondán Vásquez

Disponible a texto completo en: <http://www.ucci.edu.pe/revista-apuntes>  
ISSN versión impresa: 2225-5141  
ISSN versión electrónica: 2225-515X

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2008-00185  
Razón Social: Universidad Continental SAC  
Dirección: Av. San Carlos N° 1980, Huancayo, Perú  
Teléfono, fax: (51 64) 481430, (51 64) 221929  
Correo electrónico: [revista-apuntes@continental.edu.pe](mailto:revista-apuntes@continental.edu.pe)

Impreso en: Editora Imprenta Rios SAC  
Dirección: Jr. Puno N° 144, Huancayo, Perú  
Tiraje: 500 ejemplares

Distribución gratuita y por canje

# CONTENIDO / CONTENT

## Editorial

---

**89** Seguidor solar adaptativo basado en un controlador lógico programable para paneles fotovoltaicos

Celso de La Cruz Casaño, Carlos León Adauto, Jhosmel Mandujano Espinal, Rudy Cáceres Ravichagua, Isaac Rojas Malpartida  
Artículo de investigación / Research paper

---

**101** La realidad aumentada como innovación de soportes publicitarios en la captación de estudiantes de educación superior

Miguel Ángel Córdova Solís , Gabriela Jurado Chamorro  
Artículo de investigación / Research paper

---

**110** Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha

Ronald Medrano Yanqui, Liz Amelia Chupan Minaya, Miguel Ángel Vila Balbín  
Artículo de investigación / Research paper

---

**118** Sostenibilidad ambiental del café orgánico en la región Junín

Fernando Suca Apaza, Guido Suca Apaza, Raúl Siche Jara  
Artículo de investigación / Research paper

---

**130** Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas

María Custodio Villanueva, Rafael Pantoja Esquivel  
Artículo de investigación / Research paper

**138** Modelamiento y pronóstico del índice ultravioleta solar en Huancayo

Luis Suárez Salas, Ana Contreras Marín, Hugo Trigoso Avilés  
Artículo de investigación / Research paper

---

**148** Influencia de las inteligencias múltiples en la elección de carreras profesionales en alumnos de cuarto y quinto de secundaria

Víctor Elías Ríos Cubas, Luz María Supo Zapata  
Artículo de investigación / Research paper

---

**160** Neurobiología de la memoria y procesos neuroquímicos implicados

Marilia Baquerizo Sedano, Jhonatan Astucuri Hidalgo  
Artículo de divulgación / Popularization article

---

**165** Cambio climático en el Perú: logro de compromisos al 2012

Wilfredo Bulege Gutiérrez  
Artículo de divulgación / Popularization article

---

**176** La investigación en instituciones de educación superior

Roberto Hernández Sampieri  
Conferencia / Conference

---

**182** Noticias de ciencia / Science news

Instrucciones para los colaboradores / Instructions for the collaborators

# EDITORIAL

## El lago Chinchaycocha en el mercado de bonos de carbono

El cambio climático como fenómeno global preocupa a todo el mundo y se manifiesta en lo cotidiano a través de diversos desórdenes del clima. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en su cuarto informe de evaluación presentado el 2007, y la Organización Mundial de Meteorología (OMM) han establecido que desde el 2001 la temperatura media global en el planeta registra el nivel de aumento más alto de nuestra historia. A este ritmo, y por lo difícil que resulta encontrar una solución aun en el mediano plazo, todo indica que el 2013 no será la excepción.

Las causas del cambio climático son atribuidas a factores naturales pero también antropogénicos; existe ya consenso respecto a la influencia de los gases de efecto invernadero (GEI), sobre todo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en este proceso acelerado de calentamiento del planeta.

Esta crisis del clima, como una forma de ser enfrentada, hoy está obligando a los países a promover proyectos que reduzcan las emisiones de GEI y permitan el almacenamiento de carbono. Uno de los mecanismos internacionales establecidos para concretar este objetivo son los bonos de carbono, iniciativa dispuesta por el Protocolo de Kioto, acuerdo jurídicamente vinculante firmado en 1997 y en vigor desde el 2005. Expiró el año pasado, pero la histórica Conferencia de Doha, Catar, decidió en diciembre último prorrogar la vigencia del tratado hasta el 2020.

El protocolo, en su primera fase, exige a las grandes potencias reducir durante el período 2008-2012 la emisión de gases en un 5,2% por debajo del nivel de 1990. Lo interesante es que las empresas de tales potencias, para cumplir esta obligación, pueden hacerlo en cualquier lugar o comprar bonos de carbono de países que superen las metas exigidas. La emisión de estos bonos es, después de todo, una iniciativa de descontaminación, que permite que los países industrializados sigan con

sus prácticas contaminantes, en tanto invierten capitales en los países subdesarrollados para reducir en su favor las emisiones de GEI.

Esta iniciativa ha generado un mercado de compra y venta de certificados de emisiones reducidas (CER). Nuestro país tiene enormes posibilidades para captar estos recursos. Se trata, entonces, de una oportunidad para ingresar a este mercado y generar importantes recursos que pueden ser invertidos en mayor investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en los mismos procesos de adaptación y mitigación del cambio climático.

Perú tiene 13 humedales reconocidos y protegidos por la convención Ramsar, uno de estos humedales es el lago Chinchaycocha - el segundo más extenso del país - que debe ser visto hoy como un ecosistema que brinda servicios ambientales diversos y su conservación por lo tanto debe darse en el ámbito del mercado de bonos de carbono. Es la razón por la que en esta oportunidad con fines de determinar su potencial capacidad de almacenamiento de carbono, la Universidad Continental con el apoyo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) ha desarrollado entre los años 2011 y 2012 el importante proyecto de investigación "Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha" y así tener a futuro una adecuada valoración de este gran humedal en estos tiempos en los que su conservación responsable es clave como parte de los procesos de adaptación y mitigación al cambio climático global.

La revista científica Apuntes de Ciencia & Sociedad en este número expresa especial interés en poner a disposición de la comunidad científica y académica los resultados del mencionado proyecto de investigación como muestra de nuestro compromiso con la ciencia y la vida.

El editor

# Seguidor solar adaptativo basado en un controlador lógico programable para paneles fotovoltaicos

## Adaptive solar tracker based in a programmable logic controller for photovoltaic panels

Celso de La Cruz Casaño<sup>1</sup>, Carlos León Adaauto<sup>2</sup>, Jhosmel Mandujano Espinal<sup>2</sup>, Rudy Cáceres Ravichagua<sup>2</sup>, Isaac Rojas Malpartida<sup>2</sup>  
Universidad Continental

### RESUMEN

**Objetivos:** Desarrollar un sistema de seguimiento solar adaptativo para paneles solares fotovoltaicos que no necesitan una configuración inicial.

**Métodos:** Se utilizó el método estructuralista, en el cual se observa la realidad, se construye modelos y se analiza la estructura. Se utilizaron bloques de programación del controlador lógico programable (PLC) y de modelos de mecanismos para construir el modelo del seguidor solar; además se aplicó teorías de ingeniería de control como la estabilidad de sistemas dinámicos y control adaptativo. La prueba de estabilidad y el funcionamiento correcto se analiza utilizando todo el sistema en conjunto, luego, se validan estos análisis con las simulaciones y experimentaciones. **Resultados:** Se presentan resultados de simulación y experimentación, en los cuales se hace evidente que el controlador adaptativo mantiene el error de control de seguimiento muy bajo a pesar de las condiciones nubladas. En las simulaciones y experimentaciones no se requirió una configuración inicial; este hecho es uno de los requisitos que se busca alcanzar en los objetivos. La ventaja de la adaptación es que el seguidor solar seguirá la trayectoria del sol aun cuando este se encuentre oculto por las nubes. **Conclusiones:** El aporte fue brindar un diseño novedoso de un seguidor solar cronológico adaptativo. El algoritmo de control adaptativo evita la configuración inicial del seguidor solar cronológico.



Celso de La Cruz

cdelacruz@continental.edu.pe

**Palabras clave:** Seguidor solar, controlador adaptativo, panel fotovoltaico, controlador lógico programable.

1 Doctor en Ingeniería. Coordinador de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Continental.  
2 Estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Continental.

## ABSTRACT

**Objectives:** Develop an adaptive solar tracker system for photovoltaic solar panels which does not require an initial configuration. **Methods:** A structuralist method was used, where the reality is observed, models are developed, and the structure is analyzed. Blocks programming of the programmable logic controller (PLC) and mechanisms models were used to develop the solar tracker model. And also control engineering theories were used like the dynamic systems stability and the adaptive control. The stability testing and the correct operation are analyzed using the whole system, then, these analyzes are validated with simulations and experimentations. **Results:** Simulation and experimental results are presented, these make evident that the adaptive controller keeps very low the tracking control error although the cloudy conditions. An initial configuration was not required in simulations and experimentations; this fact is one of the requirements that is needed to reach in the objectives. The advantage of the adaptation is that the solar tracker will follow the sun path; even though the sun could be hidden by the clouds. **Conclusions:** The contribution was to provide a novel design of an adaptive chronological solar tracker. The adaptive control algorithm avoids the initial configuration of the chronological solar tracker.

**Keywords:** Solar tracker, adaptive controller, photovoltaic panel, programmable logic controller.

## INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son cada vez más importantes, debido a la urgencia de disminuir la contaminación y el aumento de demanda de energía. Una alternativa muy atractiva para contrarrestar estas consecuencias es la generación de energía a través de paneles fotovoltaicos. Estos

paneles pueden ser estacionarios o estar orientados hacia el sol utilizando un seguidor solar. La ventaja de los paneles solares fotovoltaicos estacionarios es que no requiere de un equipo extra de orientación que significaría un costo adicional. En cambio, la ventaja de los paneles fotovoltaicos orientados hacia el sol es que la generación de energía se incrementa. Por ejemplo, en un estudio realizado en España se encontró que la producción de energía se incrementa en 46,31% si se utiliza un seguidor solar de eje polar y en un 55,80% si se utiliza un seguidor solar de dos ejes (1). Otra ventaja de utilizar un seguidor solar es el ahorro de espacio; con un panel de menos dimensiones se puede generar la misma cantidad de energía que con un panel estacionario de mayor dimensión.

Hay tres tipos de seguidores solares: el primero es un seguidor solar pasivo, el cual es básicamente un sistema conducido sin equipos electrónicos, éste cambia de posición basado en la diferencia de presiones de un gas, generado por el calor transmitido desde sol. La ventaja de este sistema de control es que no requiere de electricidad y es menos frágil. Sin embargo, la precisión es pobre; el segundo tipo es el seguidor cronológico, que contrarresta la rotación de la tierra girando a la misma velocidad que la tierra, pero en dirección opuesta, este seguidor es simple y potencialmente preciso, sin embargo el dispositivo requiere de un usuario capacitado para dar la configuración inicial; el tercer tipo es el seguidor solar activo (2, 3), que sigue el sol utilizando un dispositivo de detección solar, la ventaja de este dispositivo es su simplicidad, no obstante, cuando se tiene condiciones nubladas, el sistema se encuentra estático y deberá alcanzar la orientación correcta lo más rápido posible cuando el sol vuelva a estar despejado, lo cual significaría tener una buena potencia del motor.

Según Pattanasethanon (3) se muestra un seguidor solar activo, en el cual se utiliza como sensor solar el sistema que aparece en la Figura 1. La señal que da este sensor es del tipo on/off (0 o 1). Un

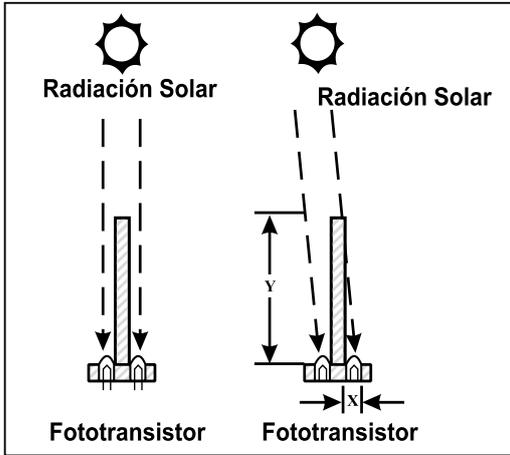


Figura 1: Balance y desbalance solar en el sensor.

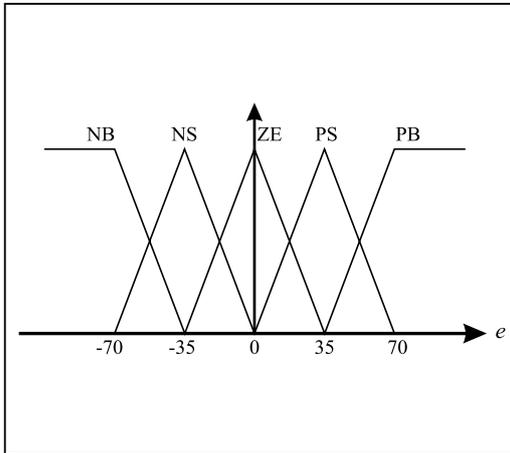


Figura 2: Función de membresía de entrada del sistema de control difuso.

circuito electrónico determina el momento en que se debe activar el motor eléctrico y el sentido. Cuando se tiene un balance solar en el sensor, el motor recibe la señal de "off"; pero cuando se tiene un desbalance solar, el motor recibe una señal de "on". El sentido de giro lo determina el fototransistor que recibe mayor radiación solar.

De acuerdo a Huang, et al (6), se presenta un sistema de seguimiento solar activo, en el cual se utilizan fotorresistencias en el sensor de luz y en la parte de control usan un sistema de control basado en lógica difusa. En las figuras 2 y 3 se muestran las funciones de membresía.

Según Rizk y Chaiko (7), se presenta una configuración triangular de los fotosensores con una célula con fototransistor a cada

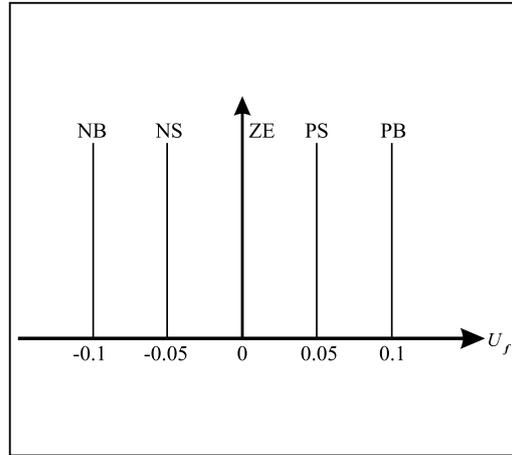


Figura 3: Funciones de membresía de salida del sistema de control difuso.

lado con las caras en dirección opuesta como es mostrada en la Figura 4. Esta distribución tiene la ventaja de proveer un rango de voltaje cercano al lineal que se puede utilizar para determinar el ángulo del sol.

En este trabajo de investigación se propone un sistema de seguimiento solar adaptativo.

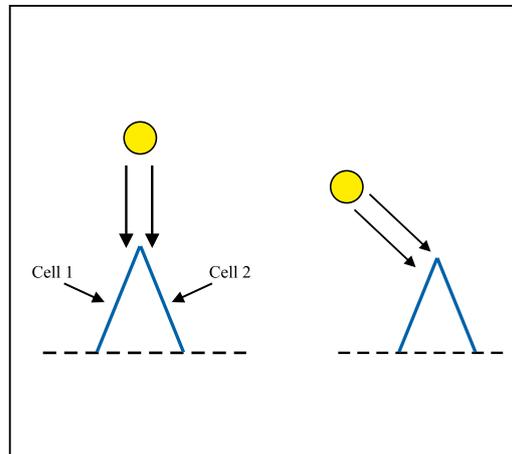


Figura 4: Distribución de los fotosensores

Se utilizó un sistema de seguimiento cronológico que se adapta a los cambios de número de horas útiles del sol utilizando un sensor fotoeléctrico y a la vez corrige el error en forma reactiva. El resultado es un seguidor cronológico adaptativo con capacidades de corregir el error de seguimiento. De esta forma se evitan cálculos complejos en el microcontrolador del seguidor cronológico, así como su

configuración inicial, el cual requiere de un personal capacitado. La ventaja de este sistema con respecto a los sistemas activos es que el seguidor continuará funcionando aun en horas nubladas, y por lo tanto no necesitará mucho esfuerzo para reorientarse al sol cuando este vuelva a despejarse. Esta última característica permitirá tener una mayor relación de reducción de velocidad y así utilizar motores de menor potencia. Como características principales, el sistema propuesto consta de un PLC con reloj, que tiene en su programa la ley de control

adaptativa; y un sensor fotoeléctrico, que envía los datos de error al PLC para ser utilizados en la ley de control adaptativa.

El problema fue el desconocimiento de un sistema de seguimiento solar que no requiera configuración inicial. Siendo el objetivo desarrollar un sistema de seguimiento solar adaptativo para paneles solares fotovoltaicos que no necesitan una configuración inicial.



a) Vista completa



b) Vista del sistema mecánico



c) Vista del tablero de control



d) Vista del sensor solar

**Figura 5: Seguidor solar, vistas.**

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó el método estructuralista, en el cual se observa la realidad, se construye modelos y se analiza la estructura. En el presente trabajo utilizamos modelos del PLC y de mecanismos. Asimismo usamos teorías de ingeniería de control. El aporte del presente trabajo es brindar un diseño novedoso de un seguidor solar adaptativo. Por lo tanto, se analiza todo el sistema en conjunto en la prueba de estabilidad, simulación de todo el sistema y finalmente en las experimentaciones.

### Análisis, diseño y desarrollo de la propuesta

#### Descripción del seguidor solar

El seguidor solar tiene un eje polar con una inclinación de  $-12^\circ$  (igual a la latitud de la ciudad de Lima) con respecto a un eje horizontal (Figura 5). Está compuesto por los siguientes equipos: 1) motorreductor de 12 VDC; 2) reductor de velocidad extra; 3) un PLC LOGO-SIEMENS con reloj; 4) un

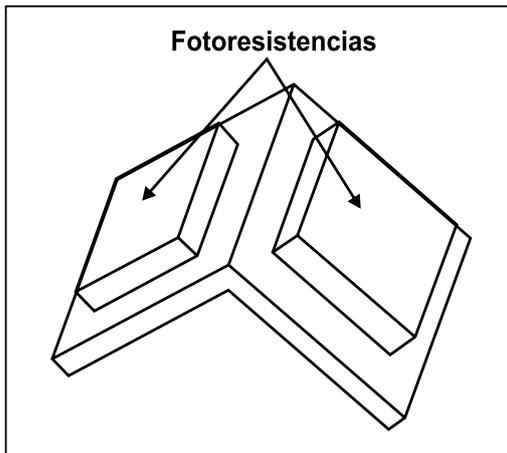


Figura 6: Ubicación de las fotorresistencias en el sistema fotoeléctrico de sensado de la posición del sol (sensor solar).

sensor fotoeléctrico conformado por dos fotorresistencias; y 5) un switch de final de carrera para detectar el inicio de giro del panel fotovoltaico.

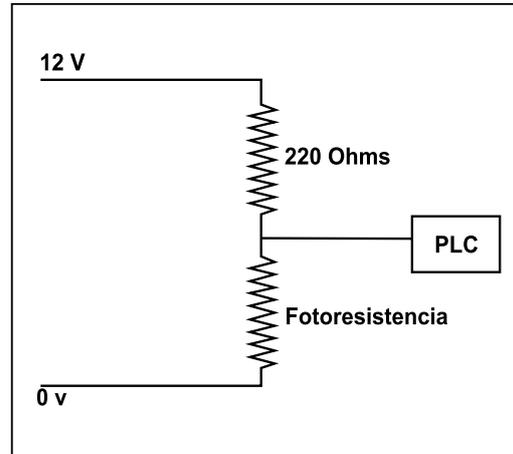


Figura 7: Circuito de conexión de una fotorresistencia con el PLC.

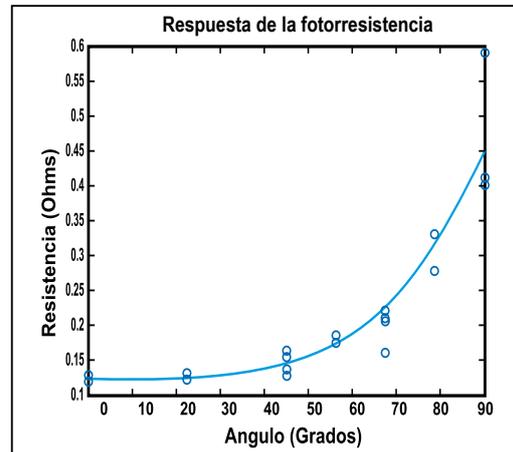


Figura 8: Respuesta de la fotorresistencia. Los círculos indican las medidas obtenidas experimentalmente. La curva es la función que aproxima el comportamiento de la respuesta de la fotorresistencia.

#### Sistema fotoeléctrico de sensado

El sistema fotoeléctrico consta de dos fotorresistencias ubicadas como se muestra en la Figura 6.

Cada fotorresistencia está conectada a una entrada del PLC mediante el circuito de la Figura 7. En el PLC se calcula la diferencia de voltajes, se tendrá una ubicación en el cual las fotorresistencias generarán el mismo voltaje. Esta ubicación es cuando ambas fotorresistencias tienen la misma orientación con respecto a los rayos solares. Cuando el sol esté en otra ubicación se tendrán valores distintos en los

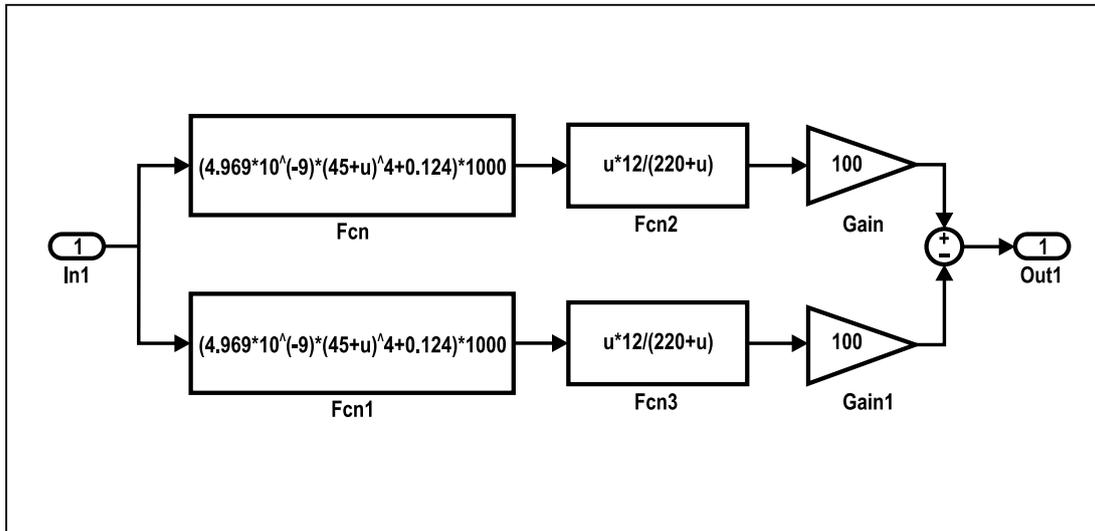


Figura 9: Diagrama de bloques en Simulink para simular el sensor solar.

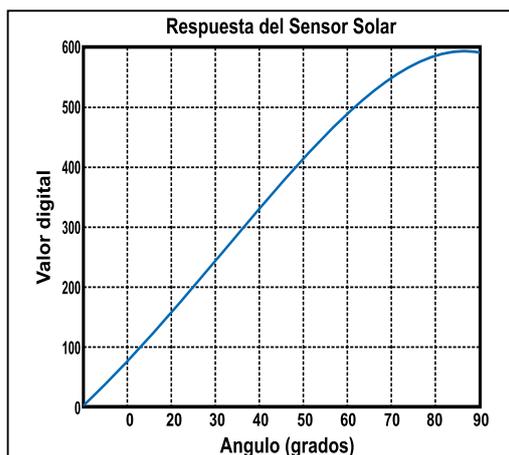


Figura 10: Respuesta del sensor solar en el PLC.

voltajes generados, determinándose así el ángulo de desviación del sol a partir de esta diferencia de voltajes.

Experimentalmente se realizó varias medidas de la resistividad de la fotorresistencia para varios ángulos de inclinación de la misma fotorresistencia con respecto a los rayos solares (Figura 8). Siendo 0 grados cuando se tiene a la fotorresistencia perpendicular a los rayos solares. La función que aproxima el comportamiento de la respuesta de la fotorresistencia es la siguiente:

$$f(x) = 4,969(10^{-6})x^4 - 124$$

Se tienen dos circuitos de conexión (Figura 7), una para cada fotorresistencia. Las

señales provenientes de estos dos circuitos se restan en el PLC.

Considerando que el PLC transforma el voltaje de 0-10 V a una señal digital de 0-1000, se obtiene por simulación en MatLab, utilizando el diagrama de bloques de la Figura 9, la gráfica de la respuesta del sensor solar en el PLC (Figura 10).

Se puede observar en la Figura 10 que la respuesta del sensor solar es casi lineal en un rango de  $-50^\circ$  a  $+50^\circ$ .

### Ley de control adaptativa

Se propone la siguiente ley de control

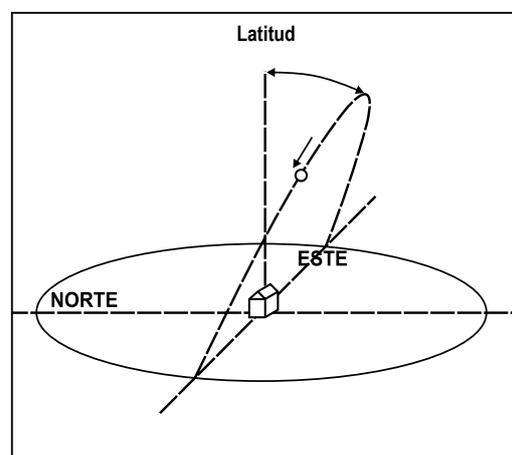


Figura 11: Modelo simplificado de la trayectoria de la carrera del sol en la bóveda celeste.

adaptativa:

$$\dot{x} = Ke + \dot{\hat{x}} \tag{2}$$

$$e = x_d - x \tag{3}$$

$$\dot{\hat{x}} = F(t) \tag{4}$$

$$\dot{F}(t) = Le \tag{5}$$

En esta, x es el ángulo de giro del seguidor solar;  $x_d$ , el ángulo que debería tener el seguidor para estar bien orientado al sol; e, el error de seguimiento;  $\hat{x}$ , el ángulo estimado de  $x_d$  según un modelo simplificado de la trayectoria de la carrera del sol; K y L son constantes.

El modelo simplificado de la trayectoria de la carrera del sol en la bóveda celeste se muestra en la Figura 11. Considerando que esta trayectoria se mueve a velocidad constante, entonces el seguidor solar también debería moverse a la misma velocidad. Por lo tanto, el modelo simplificado de la carrera del sol sería:

$$x_{sol} = G(t) \tag{6}$$

Aquí, G(t) es una función en el tiempo. La función G(t) se considera constante para un día, sin embargo varía de una estación a otra porque las horas útiles de sol también varían.

El ángulo estimado  $\hat{x}$  se calcula con la Ec. (4) en base a la Ec. (6), en donde F(t) se adapta tendiendo a la función G(t) del modelo.

La adaptación del modelo (4) se da con la Ec. (5) y depende del error de seguimiento. La prueba de estabilidad se muestra a continuación. La derivada de la Ec. (4) es:

$$\ddot{\hat{x}} = Le$$

Derivando la Ec. (2), se tiene:

$$\ddot{x} = K\dot{e} + Le \tag{7}$$

La segunda derivada de la Ec. (3), nos da:

$$\ddot{e} = \ddot{x}_d - \ddot{x}$$

$$\ddot{e} = \ddot{x}_d - K\dot{e} - Le \tag{8}$$

Reordenando:

$$\ddot{e} + K\dot{e} + Le = \ddot{x}_d \tag{9}$$

Obteniendo la transformada de Laplace, se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{e(s)}{x_d(s)} = \frac{s^2}{s^2 + Ks + L} \tag{10}$$

Utilizando el criterio de estabilidad de Routh (8), tenemos:

$s^2$	$I$	$L$
$s^1$	$K$	$0$
$s^0$	$L$	$[\ ]$

De este arreglo, se puede concluir lo siguiente: para que el sistema sea estable K y L tienen que ser positivos.

Para analizar la respuesta del sistema, se utiliza el teorema del valor final (8):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} se(s) \tag{11}$$

Utilizando una rampa unitaria como entrada  $x_d(s)$  al sistema (10), se tiene:

$$e(s) = \frac{s^2}{s^2 + Ks + L} \left( \frac{1}{s^2} \right)$$

$$e(s) = \frac{1}{s^2 + Ks + L} \tag{12}$$

Reemplazando en la Ec. (11),

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s^2 + Ks + L} = 0$$

Se concluye que la respuesta en estado estable del error e ante una rampa unitaria es cero.

La señal  $x_d$  es el ángulo que el seguidor debería tener para estar bien orientado al sol. Observando la trayectoria del sol

(Figura 11), y considerando que el sol avanza a una velocidad constante sobre la trayectoria (1), se puede concluir que la señal  $x_d$  se aproxima bastante a una señal rampa. Por esa razón se utilizó una señal rampa como señal de prueba del sistema de la Ec. (10).

### Implementación de la ley de control adaptativa

El PLC utilizado es un LOGO-SIEMENS, el cual es un módulo muy básico con operaciones limitadas.

La ventaja de este PLC es su precio. Para poder implementar la ley de control, se consideró los siguientes aspectos.

1. La señal de control  $\dot{x}$  se consigue utilizando una señal de modulación de ancho de pulso (PWM). El periodo del PWM es del orden de decenas de segundos, y el ancho de pulso es proporcional a la velocidad  $\dot{x}$ . Como el periodo del PWM es relativamente grande, se utilizará la salida de relé del PLC. La velocidad promedio que se consigue con el PWM es igual a  $\dot{x}$ , si el porcentaje de ancho de pulso se calcula de la siguiente forma:

$$\%PWM = \frac{\dot{x}}{\dot{x}}$$

donde  $\dot{x}$  es la velocidad angular instantánea del seguidor solar teniendo el motor conectado.

2. El error de seguimiento se estima utilizando el sistema fotoeléctrico de

sensado del sol.

3. Para realizar las operaciones del control adaptativo, se reordenaron las Ecuaciones (2)-(5) de la siguiente forma.

Reemplazando la Ec. (5) en la (4) se tiene:

$$\dot{\hat{x}} = \int L e dt \quad (13)$$

Reemplazando esta ecuación en la Ec. (2) se tiene:

$$\dot{\hat{x}} = Ke + L \int e dt \quad (14)$$

Se puede ver que la Ec. (14) es un controlador PI. Por lo tanto, se utiliza el bloque PI del PLC para implementar el controlador adaptativo en el cual los parámetros del controlador PI se calculan de la siguiente manera:

$$K_p = K; \quad T_i = K/L \quad (15)$$

## RESULTADOS

### Resultados de simulación

Para realizar la simulación del control adaptativo se utilizó los siguientes diagramas de bloques en Simulink:

En el diagrama de bloques de la Figura 12, la señal rampa es igual a  $\omega_T t$ , donde  $t$  es el tiempo y  $\omega_T$  es igual a la velocidad de rotación de la tierra en grados/seg.

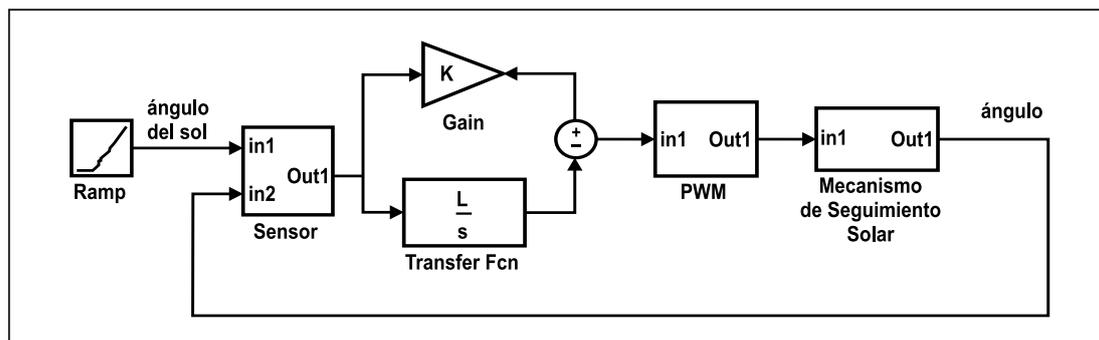


Figura 12: Diagrama de bloques de Simulink para realizar la simulación del controlador adaptativo.

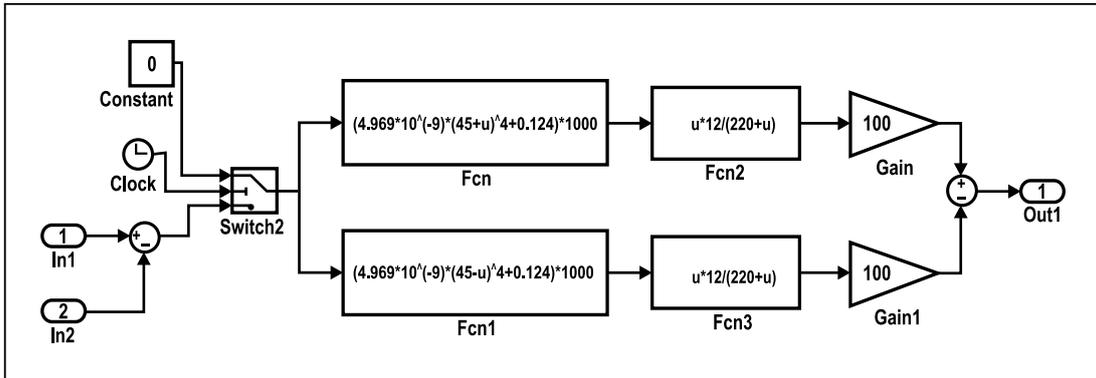


Figura 13: Diagrama de bloques de Simulink del subsistema sensor.

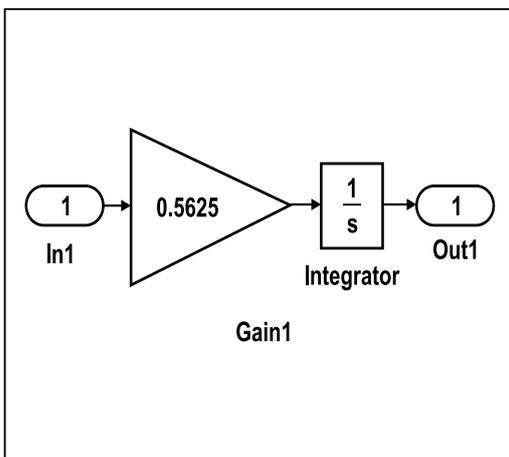


Figura 14: Diagrama de bloques de Simulink del subsistema mecanismo de seguimiento solar.

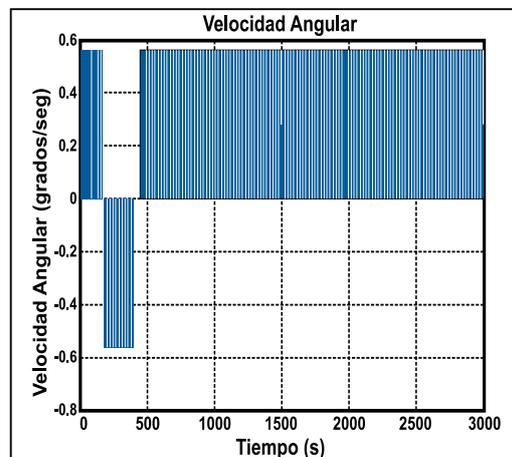


Figura 16: Evolución de la velocidad angular de la primera simulación.

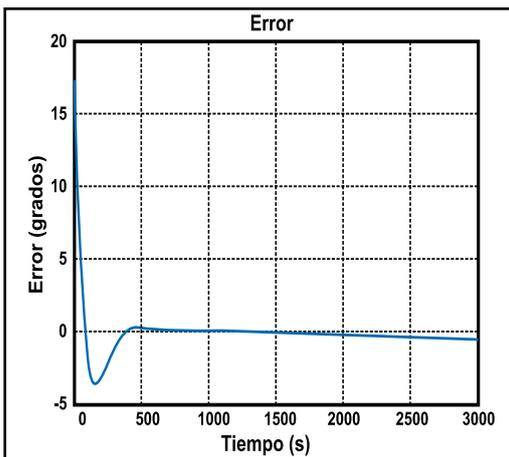


Figura 15: Evolución del error de la primera simulación.

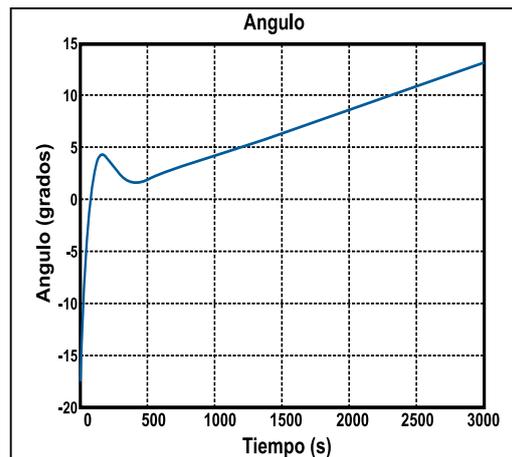


Figura 17: Evolución del ángulo de la primera simulación.

El valor de  $\omega_T$  en la señal rampa es:

$$\omega_T = \frac{360}{24 \times 60 \times 60} = 0,004166^\circ/\text{seg}$$

El diagrama de bloques sensor (Figura 13) simula el funcionamiento del sensor solar. En este diagrama de bloques se considera el caso cuando se nubla; para simular

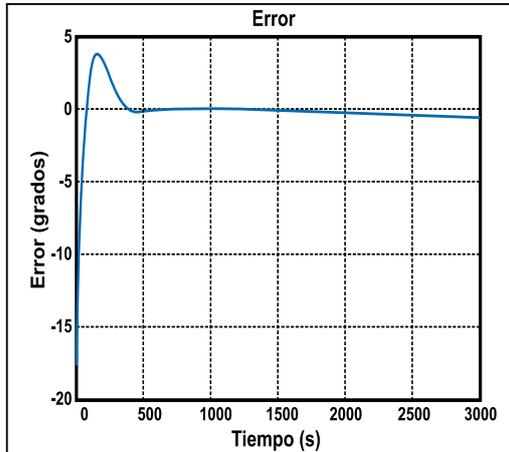


Figura 18: Evolución del error de la segunda simulación.

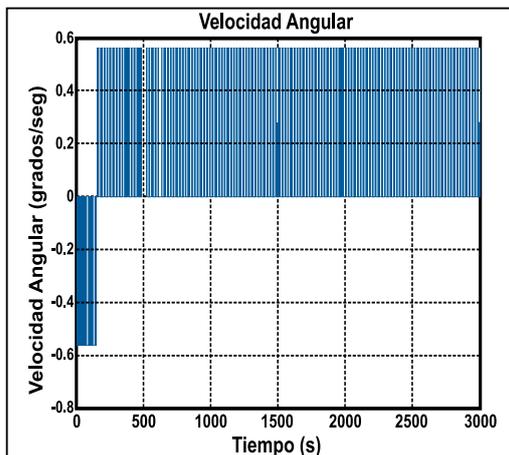


Figura 19: Evolución de la velocidad angular de la primera simulación.

este caso se agregó el switch2 cuya salida cambia a cero luego de 1 500 segundos.

El diagrama de bloques de la figura 14 simula el mecanismo de seguimiento solar. Este diagrama recibe la señal de PWM que es una señal discreta 0 ó 1.

Se considera que el ángulo inicial del seguidor solar es  $-18^\circ$ . Utilizando  $K=5$  y  $L=0,05$ , se tienen los resultados que se muestran en las figuras 15-17. En la figura 15, se puede observar una ligera desviación del error de seguimiento. Este error es debido a que se está simulando condiciones nubladas; es decir, ya no se tiene realimentación del sensor solar. En el peor de los casos, si se tuviera 10 horas de condiciones nubladas, este error de

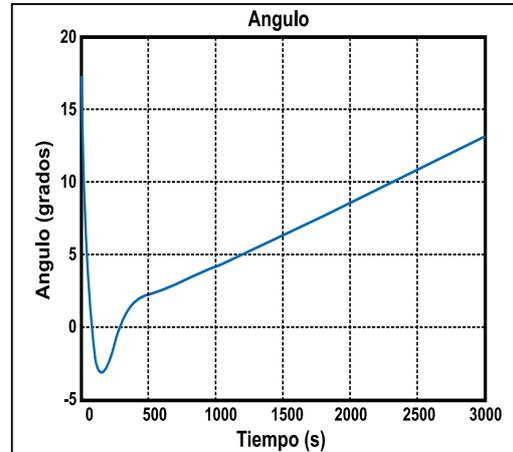


Figura 20: Evolución del ángulo de la segunda simulación.

seguimiento puede llegar a  $14,4^\circ$ . Según la figura 15, el error de seguimiento es prácticamente cero a partir de 600 segundos mientras no esté nublado. En la figura 16 se pueden observar las activaciones del motor eléctrico. En la Figura 17 se puede ver la variación del ángulo del seguidor solar.

Se realizó una segunda simulación, esta vez iniciando el ángulo en  $18^\circ$ . Los resultados se muestran en las figuras 18-20. Como se puede observar estos resultados son similares a los de la primera simulación.

## Resultados experimentales

La experimentación del sistema de seguimiento solar fue realizada durante la mañana de 10:00 a 11:10. Se utilizó un

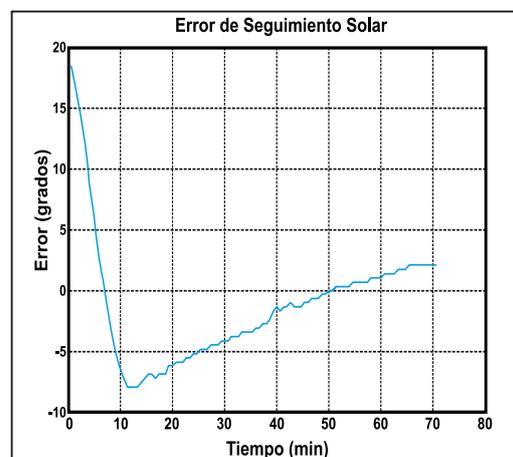


Figura 21: Evolución del error de seguimiento solar.

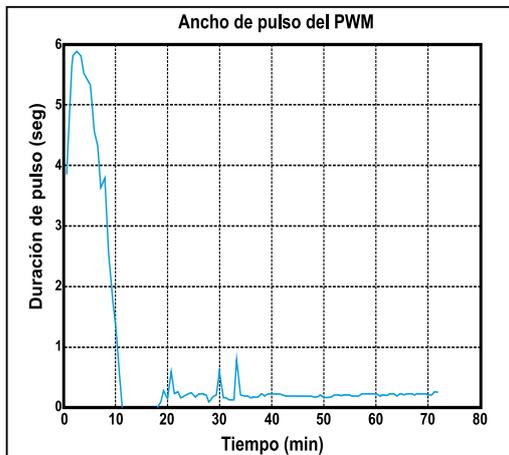


Figura 22: Evolución del ancho de pulso del PWM.

periodo del PWM igual a 40 segundos. En la figura 21 muestra la evolución del error de seguimiento solar. Se nota un sobre impulso de 43,13%, y un error en estado estable de 2,08 grados. También vemos que el ancho de pulso de la señal de PWM es mayor al inicio porque se tiene mayor error, y se mantiene alrededor de un valor cuando se tiene el sistema en estado estable.

El PLC utilizado tiene el problema de solo generar valores positivos, por lo tanto, no se tiene el cambio de dirección del motorreductor. El sistema de control realiza la compensación en la dirección contraria parando el motor.

En la experimentación no se realizó ninguna configuración inicial al sistema como normalmente se realiza con los seguidores solares cronológicos. El sistema solo se encendió y automáticamente el seguidor solar se orientó al sol adaptándose para seguirlo aun en condiciones nubladas, evitando así volver a corregir el error cuando el sol se despeje otra vez.

El seguidor solar cronológico adaptativo que proponemos tiene bajo error cuando se tiene el cielo despejado. El error que se produce cuando no llegan los rayos solares al sensor solar se incrementan lentamente, en el peor de los casos llega a aproximadamente 15° de error en 10 horas.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la simulación y experimentación son similares, lo cual indica que el modelado de las partes mecánicas, eléctricas y algoritmos de todo el sistema fue correctamente desarrollado. En los resultados experimentales el tiempo de establecimiento es mayor, debido a que se incrementó el período del PWM de 10 segundos en la simulación a 40 en la experimentación. Con 40 segundos como período del PWM, el sistema de seguimiento solar funciona de manera más adecuada, evitando así, que las salidas relé del PLC se activen con menor frecuencia. Se puede observar en la figura 21, que el error de seguimiento solar es menor a 5° a partir de 25 minutos, lo cual es un tiempo relativamente bajo para seguidores solares. En las figuras 17 y 20 se puede apreciar que el sistema de control se adaptó bien, porque sigue manteniendo una velocidad a pesar de haberse retirado las condiciones solares a partir de los 10 minutos de simulación.

En este trabajo de investigación se propuso y se probó un algoritmo adaptativo basado en el modelo de la trayectoria del sol; a diferencia de otros trabajos que utilizan algoritmos adaptativos basados en la experiencia humana con lógica difusa (4). Existe otro algoritmo adaptativo aplicado a optimizar la electrónica del seguidor solar (5); sin embargo, el objetivo es muy distinto al del presente trabajo.

El seguidor solar cronológico adaptativo propuesto tiene bajo error cuando se tiene el sol despejado, y una vez adaptado, el error se mantiene bajo cuando los rayos solares no llegan al sensor solar.

La ventaja de la adaptación es que el seguidor solar seguirá la trayectoria del sol aun cuando el sol no esté despejado, evitándose así corregir el error de seguimiento solar cuando el sol vuelva a despejarse.

La señal de PWM, utilizado para obtener

la velocidad promedio requerida en el seguidor solar, genera pulsos de muy baja frecuencia, lo cual no daña las salidas de relés del PLC.

El seguidor solar se orientó al sol adaptándose sin necesidad de una configuración inicial.

Los resultados de este trabajo de investigación permitirán utilizar el algoritmo de control adaptativo para nuevos sistemas de seguimiento solar, permitiendo reducir los costos de instalación de seguidores solares, evitando la configuración inicial que se suele hacer.

### Agradecimientos

Al Instituto de Investigación de la Universidad Continental por haber financiado la ejecución del presente proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Fernández JM. Compendio de energía solar: Fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. Madrid: Mundi-Prensa; 2008.
2. Lwin L. y Hlaing NK. Microcontroller-Based Two-Axis Solar Tracking System. In: Second International Conference on Computer Research and Development. 2010. pp. 436-440.
3. Pattanasethanon S. The Solar Tracking System by Using Digital Solar Position Sensor. American Journal of Engineering and Applied Sciences. 2010; 3 (4): 678-682.
4. Iqbal A., Abu-Rub H. y Ahmed SM. Adaptive Neuro-fuzzy Inference System Based Maximum Power Point Tracking of a Solar PV Module. In: IEEE International Energy Conference and Exhibition. 2010. pp. 51-56.
5. Alippi C. y Galperti C. An Adaptive System for Optimal Solar Energy Harvesting in Wireless Sensor Network Nodes. IEEE Transactions on Circuits and Systems I. 2008; 55 (6): 1742-1750.
6. Huang YJ, Kuo TC, Chen CY, Chang PC, Wu PC. y Wu TH. The Design and Implementation of a Solar Tracking Generating Power System. Engineering Letters. 2009; 17(4).
7. Rizk J. y Chaiko Y. Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2008; 41: 313-315.
8. Ogata K. Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson Prentice Hall; 2003.

# La realidad aumentada como innovación de soportes publicitarios en la captación de estudiantes de educación superior

## Augmented reality as innovation of advertising in attracting students for higher education

Miguel Ángel Córdova Solís<sup>1</sup>, Gabriela Jurado Chamorro<sup>2</sup>  
Instituto Continental

### RESUMEN

**Objetivos:** Desarrollar aplicaciones de realidad aumentada en web y en móvil, y determinar el grado de innovación que representa al incorporar videos, imágenes animadas 3D, entre otros elementos respecto a los medios publicitarios impresos tradicionales. **Métodos:** La investigación fue de nivel descriptivo, con diseño transversal. La muestra estuvo formada por 105 estudiantes interesados en seguir una carrera técnico profesional. La recolección de datos se realizó a través de la aplicación de un cuestionario estructurado a 105 jóvenes que asistieron a las charlas informativas organizadas por el Instituto Continental, lo que permitió recoger la percepción respecto a la tecnología mostrada. **Resultados:** Se obtuvo que el 77,14% de los encuestados consideran que tanto la publicidad con tecnología de realidad aumentada web y móvil les llamó la atención; en la aplicación web el logo 3D fue lo más llamativo 45,71%; en la aplicación móvil el 74,29% valora la posibilidad de mostrar diversos elementos como imagen, video y el acceso directo a la página web. Otro resultado relevante es que el 71,87% manifiesta que a partir de la experiencia ha decidido estudiar en el Instituto Continental. **Conclusiones:** La aplicación del sistema de realidad aumentada ha representado una innovación de la forma de mostrar una publicidad en medios diferentes a los tradicionales (impresos y limitados a imagen y texto). El logo animado en 3D significó el componente más valorado en comparación con el video. La aplicación de la tecnología celular se ha visto superada por la aplicación web, creemos



Miguel Córdova

mcordova@continental.edu.pe

por cuestión de accesibilidad de estos dispositivos en la muestra estudiada.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, web, móvil, innovación, publicidad.

1 Ingeniero de Sistemas. Docente del Instituto Continental.

2 Ingeniera en Informática. Coordinadora Académica del Instituto Continental.

## ABSTRACT

**Objectives:** Develop augmented reality mobile and web applications and determine the innovation degree that represents to incorporate videos, 3D animated images and other elements in comparison with the traditional printed advertising media.

**Methods:** The research has a descriptive level with transverse design. The sample was formed by 105 students interested in pursuing a professional technic career. The data collection was performed through structured surveys with closed questions to 105 young people who attended the briefings organized by the Continental Institute, which allowed the perception collecting of the technology that was showed. **Results:** It was found that 77,14% of respondents believe that both advertising augmented reality for web and mobile got their attention; in the web application the 3D logo was the most striking (45,71%); in the mobile application, the 74,29% valued the possibility to display various elements such as image, video and direct access to the website. Another relevant result was that 71,87% expresses that from it experience they have decided to study at Continental Institute. **Conclusions:** The augmented reality system application has represented an innovation in the way to display advertising in different media than the traditional ones (printed and limited to image and text). The 3D animated logo meant the most valued component in comparison with the video. The mobile technology use has been overtaken by the web application, we believe as a matter of accessibility of these devices in the studied sample.

**Keywords:** Augmented reality, web, mobile, innovation, advertising.

## INTRODUCCIÓN

Azuma (1) define la realidad aumentada (RA) como "la combinación de elementos reales y virtuales, la cual es además

interactiva en tiempo real y está registrada en 3D". Wagner (2) realizó un estudio sobre la historia y evolución de esta tecnología y cita entre otros a Sutherland (3), quien crea el primer sistema de RA, que es también el primer sistema de realidad virtual. En 1992, Caudell y Mizell (4) acuñan el término "realidad aumentada", para referirse al hecho de añadir información generada por computador al mundo real; hasta el año 1999, se van adaptando librerías de software e incorporando dispositivos que aun ahora son necesarios, la videocámara y los marcadores de patrones, así como el desarrollo del reconocimiento de imágenes; entre los aportes más significativos podemos citar a Rekimoto y Katashi (5), Kato y Billingham, quienes presentan ARToolKit (6), una librería de código abierto bajo la licencia GPL, siendo aún muy popular en la comunidad RA.

Con el desarrollo de la computación móvil, la comunicación inalámbrica como los sistemas GPS y la georreferenciación, crece el interés por la RA. Así encontramos aportes realizados por Hollerer (7), Julier (8), Fruend(9), Kalkusch(10), Mohring (11), Rohs y Gfeller (12), Henrysson (13), Reitmayr (14), Voicu S. (15), Wilches D. (16) y Reitmayr y Schamaslsteig (17), quienes además de desarrollar un sistema de RA móvil, incorporan la características de multiusuario y colaborativo. El propósito del sistema multiusuario es compartir el mismo espacio real combinando los objetos virtuales e incrementando la interacción con el usuario.

Desde el 2009, se han realizado investigaciones y principalmente relacionadas con la aplicación de la RA en la publicidad. BMW Z4, la compañía alemana de automóviles lanzó su modelo Z4 con una innovadora campaña de realidad aumentada que incorporaba la tecnología MagicSymbol: usando una webcam y un código impreso, los usuarios podían conducir de manera virtual el BMW Z4. Burger King \$1 augmented reality, permitía al potencial cliente sostener un billete de \$ 1 a su cámara web y se desplegaba una variedad de hamburguesas que podía

comprar por ese precio. La marca de zapatillas Airwalk & Goldrum lanzó una aplicación de realidad aumentada que permitía al usuario ver zapatillas gigantes sobre el asfalto de Nueva York o las playas de California y al mismo tiempo comprarlas desde su teléfono móvil.

Benetton Brochure (18), la famosa marca de ropa italiana lanzó en los catálogos de primavera-verano 2010 una aplicación de realidad aumentada, transformando las fotografías en videos.

Ford Ka Augmented Reality Ad, a raíz del éxito de BMW, desarrolla una aplicación que permite a los usuarios puedan ver y conocer mejor el modelo de auto Ford. La Oficina de Turismo de Clearwater / St. Petersburg (Florida) lanzó en 2011 una campaña de realidad aumentada pionera en el sector turístico para dar a conocer de manera virtual sus atractivos turísticos a sus potenciales visitantes, sólo era suficiente colocar el tríptico impreso frente a la webcam.

En los últimos tres años, los dispositivos de salida convencional de RA (monitor) también fueron evolucionando. Así Axe lanzó una sorprendente campaña de realidad aumentada en una estación de ferrocarril de Londres donde habían carteles en los que se pedía a los viajeros que miraran hacia una pantalla gigante; al hacerlo, podían verse a sí mismos, junto a los ángeles que protagonizan la campaña de la marca. Animated Lego Digital Box y EZface Virtual Mirror Kiosk desarrollaron mostradores especiales de visualización de RA: en el primer caso se disponía de un mostrador especial en la que los niños se colocaban frente a la cámara la caja de productos Lego y van apareciendo diversos elementos que el niño podrá crear con dicho producto; en el segundo caso, en tanto, un kiosko multimedia e interactivo permitía que el usuario vaya probando los distintos productos EZFace mientras observa en la pantalla cómo le quedaría dicho producto.

En el ámbito educativo, las instituciones de educación superior (IES) realizan la

importante labor social de preservar y transmitir conocimiento, así como formar a las futuras generaciones. El Instituto Continental, como todas las instituciones del sector, necesitan recursos y aceptación de la sociedad para operar, por lo que resulta relevante la mercadotecnia en la educación.

El segmento de servicios educativos en la región Junín y en el país es altamente competitivo, y hoy muchos profesionales del sector de mercadotecnia están buscando fórmulas y estrategias para que estas instituciones capten más alumnos y logren mayor expansión. Claro está que la calidad en la formación profesional que brinda una IES constituye la principal ventaja competitiva para captar y mantener a sus alumnos; pero una eficiente labor publicitaria hace más efectiva toda gestión empresarial. De ahí la necesidad de buscar permanentemente nuevas estrategias publicitarias para posicionar y expandir una institución de este tipo que tiene a las universidades como su mayor competencia. El estudio, por esta razón, propone una innovadora estrategia publicitaria para nuestra institución.

La estrategia de innovación consiste en presentar algo más que imagen y texto en una publicidad impresa que encontramos en un flyer, catálogo o afiche, y ello es posible con la realidad aumentada, que incorpora videos, imágenes en 3D y animaciones, aplicación de modernas tecnologías que en el marketing adquiere la denominación de mercadotecnia experimental.

La investigación busca responder el siguiente planteamiento: ¿Cuál es la percepción del público objetivo al incorporar la realidad aumentada como innovación de los soportes publicitarios? El objetivo fue desarrollar un sistema de realidad aumentada web y otra móvil, para presentar a los jóvenes interesados en las charlas informativas y así conocer su percepción y explorar si ello influye en la toma de decisión de estudiar en el Instituto Continental.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Desarrollar las aplicaciones web o móvil exigió identificar los componentes hardware y software necesarios para la implantación de un sistema de realidad aumentada. Estos componentes se describen en las tablas N° 1 y 2.

Las herramientas empleadas para la elaboración de la aplicación web fueron:

- Adobe Flash Builder 4.6 Premium: Entorno de desarrollo integrado escrito en la plataforma Eclipse destinado al desarrollo de aplicaciones de Internet enriquecidas (RIA) y aplicaciones de escritorio multiplataforma, particularmente para la plataforma de Adobe Flash, empleado para la elaboración y adaptación del código que es usado para la elaboración de las interfaces del sistema web de realidad aumentada (acceso web a videocámara).
- Blender: Programa para el desarrollo de los diseños 3D, ejemplo, el logo del Instituto Continental.
- ARToolKit Marker Generator: Utilizado para la captura de los patrones con extensión .patt, el cual ha servido para la aplicación del sistema de realidad aumentada.
- Adobe Premiere Pro CS4: Utilizado para

la edición del video educativo.

- Adobe Dreamweaver CS4: Programa para la creación y diseño de la página web destinada al proyecto, el cual contendrá información sobre el proyecto, así como la aplicación del mismo.
- COLLADA: Plugin que permite la exportación de los diseños realizados en dicho programa para su posterior utilización en el sistema de realidad aumentada, puesto que el sistema es compatible con archivos con extensión .dae, correspondiente al plugin.

A continuación se muestran los marcadores impresos en la revista del Instituto. La aplicación consiste en colocar los patrones de la revista frente a la cámara web (contenida en la página web creada). Así se desplegará lo siguiente:

Para la aplicación móvil, a partir de las recomendaciones encontradas en la revisión bibliográfica, se adquirió un Smartphone iPhone 4S. En cuanto al software, se empleó el Layar, que es una aplicación para celulares con sistema Android y IOS que permite la visualización de información digital sobre un entorno real en teléfonos móviles.

La ventaja del Layar es que el celular muestre mediante su cámara la escena real al usuario empleando el GPS del móvil, se envía a un servidor la localización del usuario junto a la orientación extraída con

Tabla N° 1: Resumen de los componentes hardware de un sistema de realidad aumentada

Técnica	Componente de hardware
Captura video-through	Todo tipo de cámaras de video
Captura see-through	Cámaras integradas de video, HMD (head mounted display)
Reconocimiento geoposicionamiento	Antena GPS, sensores de movimiento
Reconocimiento híbrido	Antena GPS, sensores de movimiento dispositivos de captura de imágenes
Tratamiento de imágenes	Procesadores con velocidad de procesamiento de al menos 2GHz
Almacenamiento	Disco duro convencional
Comunicaciones locales	Tarjeta de red, conectores RJ45, antena wireless, punto de acceso
Comunicaciones móviles	Equipamiento GSM
Visualización video-through	Pantallas de video, monitores, proyectores
Visualización see-through	HMD, teléfonos móviles

Tabla N° 2: Resumen de los requisitos software de un sistema de realidad aumentada

Técnica	Componente de software
Captura escena	Controladores de cámara de vídeo
Reconocimiento visual	Librerías de reconocimiento de imágenes
Reconocimiento geoposicionamiento	Brújula digital, software GPS
Reconocimiento híbrido	Brújula digital, librerías de reconocimiento de imágenes, software GPS
Tratamiento de imágenes	Librerías de tratamiento de imágenes
Almacenamiento	Base de datos
Comunicaciones locales	Controlador de red
Comunicaciones móviles	Controlador GSM
Visualización contenidos	Software de reproducción de contenidos multimedia, librería de tratamiento de imágenes

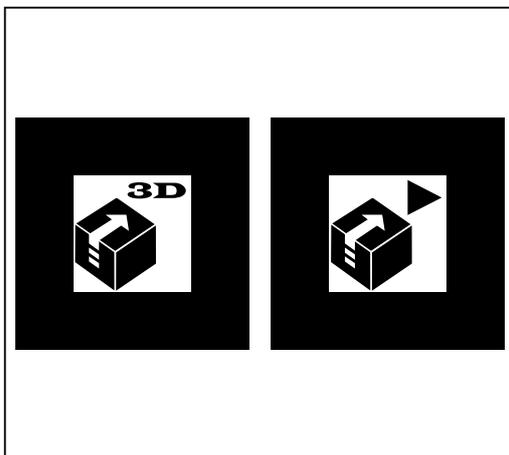


Figura N° 1: Marcadores de RA, a la izquierda para imagen en 3D y a la derecha para video.

la brújula del mismo. Con estos datos, el servidor responde con una capa con la imagen o el texto del lugar que se está



Figura N° 2: Portada impresa de la revista ContiGO con los patrones.

enfocando con el teléfono.

Luego de instalar la aplicación de Layar 6.2.2 desde el iStore del Iphone, pudimos tener acceso a las herramientas de desarrollo de Layar, el cual nos ayudó en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada. La imagen siguiente nos muestra un entorno de desarrollo en la que se gestiona accesos a páginas web, descargas, acceso a cuentas de Twitter, Facebook, Email, videos en YouTube.

A continuación se muestra la captura de imagen y reconocimiento de la misma por el celular en la portada impresa de la revista ContiGO antes y después de activar la aplicación.

Finalmente se despliega la aplicación de



Figura N° 3: El objeto animado en 3D.

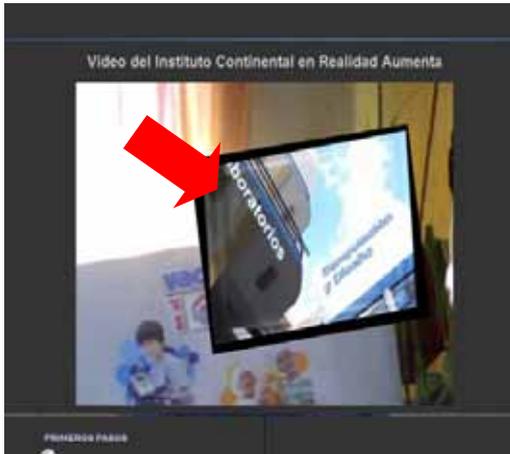


Figura N° 4: Despliegue del video.

realidad aumentada por el iPhone. En cuanto a la metodología, la investigación fue de alcance descriptivo, transversal. El proceso consistió en presentar a los jóvenes interesados en seguir alguna carrera profesional de carácter técnico, la página web donde se visualizó el logo en 3D y video a partir de la revista institucional ContiGO en la que se imprimieron los patrones, y para el dispositivo móvil otra edición de la misma revista, cuya portada permitía el despliegue de la aplicación de realidad aumentada; luego de ello se aplicó la encuesta, la cual se tabuló y procesó en una aplicación ofimática.

La población de estudio estuvo constituida por jóvenes egresados de educación

Tabla N°3: Resumen de las técnicas empleadas en Layar

Técnica	Componente software	Componente hardware
Reconocimiento geoposicionamiento	Brújula digital del dispositivo software GPS	Cámara de teléfonos móvil, antena GPS
Almacenamiento de imágenes	Gestor de base de datos	Servidor de base de datos
Visualización	Software del dispositivo	Pantalla del teléfono móvil



Figura N° 5: Componentes de Layar.

secundaria interesados en continuar una carrera superior técnica y, a la vez, asistentes a las charlas informativas programadas por el Instituto Continental. La muestra estuvo conformada por 105 de esos jóvenes. Para la recolección de datos, la técnica empleada fue la encuesta y el instrumento utilizado, el cuestionario.



Figura N° 6: Captura de la portada en el celular antes de ejecutar aplicación.

## RESULTADOS

Según la figura 8, la mayor parte de jóvenes encuestados (60%) se muestra de acuerdo que la forma de presentar la publicidad,



Figura N° 7: Despliegue de los elementos de realidad aumentada luego de ejecutar aplicación.

sí llamó su atención, en tanto que la segunda mayoría (17,14%) está totalmente de acuerdo con ello, lo que en conjunto representa exactamente el 77,14%.

Al ser preguntados, qué aspecto considera más novedoso en la página web mostrada, el 45,71% considera que el diseño del logo en 3D fue lo mejor y lo menos valorado fue el tema de los colores 3,81%.

Sobre el aspecto más interesante que considera en función de lo mostrado por el celular, la gran mayoría opina que es la posibilidad de mostrar diversos elementos como imagen, video, acceso directo a la página web 74,29% y coincide con la anterior posición referente al color como el aspecto menos valorado por los encuestados.

Ante la pregunta sobre el gusto del diseño en 3D presentado en la página web, se observa que la gran mayoría opina que está de acuerdo 64,76% y totalmente de acuerdo 20%, lo que representa en conjunto 84,76%.

Cuando se les pregunta si recomiendan que se emplee más publicidad de RA en los celulares que en los medios tradicionales (radio, televisión, impresos), el 55,23% opina estar muy de acuerdo; y cuando se les consulta si recomiendan más publicidad de RA en la web que en los referidos medios, el 79,4% (83 encuestados) está entre parcial y totalmente de acuerdo.

El 51,4% de los encuestados puede acceder a una webcam, mientras que un 97,14% no disponían de Smartphone. El 75,2% considera que no escucharon o vieron antes una tecnología parecida que agregue valor a los impresos.

Respecto a la percepción innovadora, el 76,2% muestra tener esta percepción de nuestro aporte tecnológico. Y al ser preguntados si a raíz de observar la tecnología presentada han decidido que estudiarán en el Instituto Continental, el 87,61% (92 encuestados) manifiesta que sí.

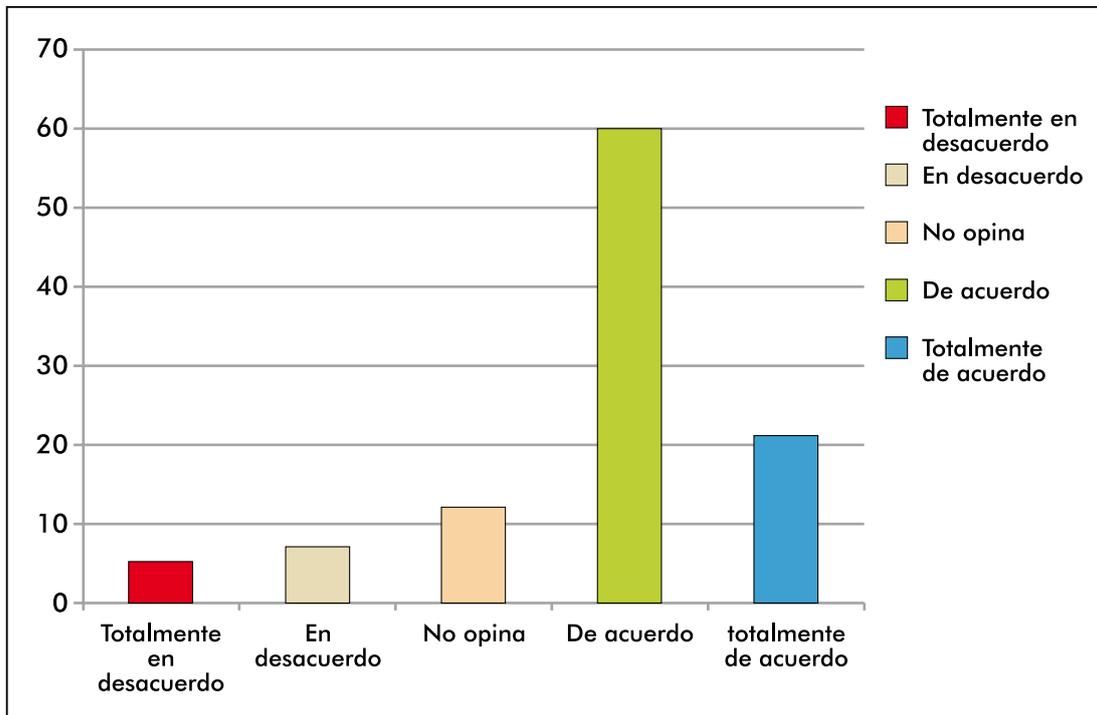


Figura Nº 8: Interés por la forma de presentación de la publicidad.

## DISCUSIÓN

En la aplicación web los más novedosos han sido el diseño del objeto del logo en 3D y luego el video, como se expresa en los resultados, en los que el logo animado en 3D del Instituto tuvo una mayor percepción de gusto respecto al video. En cuanto a la aplicación de RA en el celular, lo más interesante ha sido la capacidad de desplegar diversos elementos, como imágenes, videos y links. Este caso coincide con lo que sostienen diversos autores (26, 27, 28) cuando afirman que el iPhone es un dispositivo móvil adecuado para desplegar aplicaciones de RA.

Sobre el grado de innovación, los resultados demuestran que existe una innovadora forma de presentar la publicidad.

En conclusión, podemos afirmar que la aplicación del sistema de realidad aumentada ha significado una innovación en la forma de presentar una publicidad en medios diferentes a los tradicionales (impresos y limitados a imagen y texto); que respecto a la tecnología empleada, el logo

animado en 3D significó el componente más valorado que el video; y que la aplicación de la tecnología celular se ha visto superada por la aplicación web.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Azuma R. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments. California; University of Northern California; 1997, pp. 355-385.
2. Wagner D. (2010). History of mobile augmented reality. Recuperado de: <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>.
3. Sutherland I. A Head-mounted three dimensional display, proceedings of fall joint computer conference. ACM New York; 1968, pp. 757-764.
4. Caudell T, Mizell D. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. Proceedings of 1992 IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences. Hawaii; 1992, pp 659-669.
5. Rekimoto J, Nagao K. The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments, Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology (UIST '95). ACM New York; 1995, pp. 29-36.
6. Kato H, Billinghurst M, Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system, Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99). San Francisco; 1999, pp. 85-94.
7. Höllerer T, Feiner S, Terauchi T, Rashid G, Hallaway D, Exploring MARS: Developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system. Computers and Graphics; 1999, pp. 779-785.
8. Julier S, Baillet Y, Lanzagorta M, Brown D, Rosenblum L. BARS: Battlefield Augmented Reality System, NATO Information Systems Technology Panel Symposium on New Information Processing Techniques for Military Systems; 2000.
9. Freund J, Geiger C, Grafe M, Kleinjohann B. The Augmented Reality Personal Digital Assistant, Proceedings of the Second International Symposium on Mixed Reality (ISAR 2001); 2001.
10. Kalkusch M, Lidy T, Knapp M, Reitmayr G, Kaufmann H, Schmalstieg D, Structured Visual Markers for Indoor Pathfinding, Proceedings of the First IEEE International Workshop on ARToolKit (ART02); 2002, pp. 8.
11. Möhring M, Lessig C, Bimber O. Video See-Through AR on Consumer Cell Phones, Proceedings of the 3th IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 04); 2004, pp. 252-253.
12. Rohs M, Gfeller B. Using Camera-Equipped Mobile Phone for Interacting with Real-World Objects, Advances in Pervasive Computing; 2004, pp. 265-271.
13. Henrysson A, Billinghurst M, Ollila M. Face to Face Collaborative AR on Mobile Phones, Proceedings of the 4th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 05); 2005, pp. 80-89.
14. Reitmayr G, Drummond T. Going Out: Robust Model-based Tracking for Outdoor Augmented Reality, Proceedings of 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2006); 2006, pp. 109-118.
15. Voicu S. Tesi di Laurea in Grafica e Progettazione Multimediale. Sapienza - Università di Roma; 2008.
16. Wilchez D. Visualización de Información Urbana Geo referenciada por Medio de Realidad Aumentada. Biblioteca on line Universidad de los Andes Bogotá, Colombia; 2011.
17. Reitmayr G, Schmalstieg D. Mobile Collaborative Augmented Reality, Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality; 2001, pp. 114-123.
18. Benetton. (2011). Realidad aumentada en los catálogos del Grupo Benetton Recuperado de: <http://www.agente-k.com/actualidad/realidad-aumentada-en-los-catalogos-del-grupo-benetton/>

# Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha

## Carbon storage in predominant species of flora in Chinchaycocha lake

Ronald Medrano Yanqui<sup>1</sup>, Liz Chupan Minaya<sup>2</sup>, Miguel Vila Balbín<sup>3</sup>.  
Universidad Continental

### RESUMEN

**Objetivos:** Evaluar la cantidad de carbono que almacenan las especies predominantes de flora del lago Chinchaycocha. **Métodos:** La investigación fue de tipo básica, de corte transversal y con un nivel exploratorio-comparativo. El estudio se hizo en tres ecosistemas dentro del humedal: bofedal, pajonal y totoral, las áreas fueron identificadas con ayuda de imágenes satelitales Landsat. El procedimiento estuvo basado en la recolección de muestras divididas en: biomasa aérea, biomasa radicular y muestras de suelo, hallándose el contenido de carbono de cada una. **Resultados:** En el totoral se obtuvo que *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora* almacena 30,65 tC/ha y *Juncos arcticus* Var. *Andicola* 8,70 tC/ha. En el pajonal *Deyeuxia recta* Kunth almacena 7,02 tC/ha en su biomasa aérea y 8,41 tC/ha en su biomasa radicular. En el bofedal: *Plantago tubulosa* almacena 0,81 t C/ha en su biomasa aérea y 1,88 t C/ha en su biomasa radicular, *Eleocharis albibracteata* almacena 0,22 t C/ha en su biomasa aérea y 2,95 tC/ha en su biomasa radicular, y *Limosella australis* almacena 0,22 tC/ha en su biomasa aérea y 0,38 tC/ha en su biomasa radicular. En el almacenamiento de carbono en suelos se determinó 774,76 tC/ha en pajonales y 684,58 tC/ha en bofedales. **Conclusiones:** Se concluye que en el lago Chinchaycocha el ecosistema que brinda mayor almacenamiento de carbono es el totoral, seguido por el pajonal y en menor proporción el bofedal. Asimismo los suelos son considerados los mayores sumideros de carbono.



Ronald Medrano

ronald\_medrano@hotmail.com

**Palabras clave:** Almacenamiento de carbono, flora, humedales, lago Chinchaycocha.

<sup>1</sup> Ingeniero Químico, jefe de la Reserva Nacional de Junín, investigador de la Universidad Continental

<sup>2</sup> Bachiller en Ing. Forestal y del Ambiente, investigadora de la Universidad Continental

<sup>3</sup> Bachiller en Ing. Forestal y del Ambiente, investigador de la Universidad Continental

## ABSTRACT

**Objectives:** Assess the amount of carbon storage of the predominant species of flora in the Chinchaycocha lake. **Methods:** The type research was basic, cross-sectional and with an exploratory-comparative level. The study was done in three ecosystems within the lake: wetland, grassland and cattails, which were identified using Landsat satellite images. The procedure was based on the collection of samples divided into: aboveground biomass, root biomass and soil samples and then determining the carbon content of each one. **Results:** In the cattails it was obtained that *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora* stores 30.65 tC/ha and *Juncos arcticus* Var. *Andicola* stores 8,70 tC/ha. In the grassland *Deyeuxia recta* Kunth stores 7,02 tC/ha in its aboveground biomass and 8,41 tC/ha in its root biomass. In the wetland *Plantago tubulosa* stores 0,81 tC/ha in its aboveground biomass and 1,88 tC/ha in its root biomass. *Eleocharis albibractea* stores 0,22 tC/ha in its aboveground biomass and 2,95 tC/ha in its root biomass, and *Limosella australis* stores 0,22 tC/ha in its aboveground biomass and 0,38 tC/ha in its root biomass. The soil carbon storage was determined for 774,76 tC/ha in grassland and 684,58 tC/ha in wetland. **Conclusions:** We concluded that the ecosystem of Chinchaycocha lake with the highest amount of carbon storage is cattails, followed by grasslands and to a lesser extent the wetlands. Also, the soils are considered the biggest carbon sinks.

**Keywords:** Carbon storage, flora, wetlands, Chinchaycocha Lake.

## INTRODUCCIÓN

Se sabe que los bosques son los mayores sumideros de carbono, pero cuánto carbono son capaces de almacenar las especies de flora de un humedal, es una pregunta que el proyecto buscó responder. El dióxido de carbono es uno de los gases más importantes

cuando se habla de calentamiento global, entonces el buscar soluciones para mitigar esta situación nos lleva a preguntarnos, qué importancia tienen aquellos ecosistemas pocos mencionados en la solución, así es el caso de los humedales, ecosistemas capaces de almacenar grandes cantidades de carbono gracias a la acción fotosintética de la flora (proceso por el cual el dióxido de carbono se toma de la atmósfera y que en el interior de la planta es transformado en proteínas, carbohidratos, etc) y a los procesos lentos de descomposición de la materia muerta que ocurren en el suelo, ayudando a la retención de estos gases por más tiempo.

Con el aumento de la población, se han incrementado las amenazas para los humedales y su desaparición implica la extinción de sus funciones ecológicas (1); en tanto el lago Chinchaycocha considerado el segundo lago más importante en el Perú después del lago Titicaca, protegido mediante el establecimiento de la Reserva Nacional de Junín (2); está deteriorándose por las acciones humanas, fundamentalmente por la contaminación de los relaves mineros cuyas descargas a los ríos desembocan en este humedal, el mal manejo de los niveles de embalse y desembalse (3), la extracción de la flora para uso doméstico y la quema indiscriminada de totorales; debido al desconocimiento del valor de sus beneficios ambientales como uno de los ecosistemas más frágiles (4) y a la vez productivos de la tierra (5).

En el presente estudio se determinó el almacenamiento de carbono de las especies predominantes del bofedal, pajonal y totoral del lago Chinchaycocha, para lo cual se consideró el estudio de la flora predominante y el suelo debido a que este último representa una de las fuentes con mayor reserva en el planeta, ya que si los humedales se aprovechan con responsabilidad pueden representar beneficios para la sociedad.

## MATERIAL Y METODOS

Se usó el método de observación y el analítico, ya que los resultados fueron por estudios en campo teniendo como premisa alcances concretos sobre el tema y se analizó los datos obtenidos en el campo y laboratorio; fue de tipo básica, debido a que ayuda a generar conocimientos, sobre la cantidad de carbono que almacenan las especies predominantes de flora en totorales, bofedales y pajonales del lago Chinchaycocha; es de corte transversal con un nivel exploratorio – comparativo.

La población total comprende tres ecosistemas: bofedales, pajonales y totorales con una extensión total de 33 566,41 ha. La distribución de estos ecosistemas se muestra en la Figura N° 1.

Para los estratos de bofedales y pajonales la distribución de parcela a evaluar fue siguiendo el método Cluster (6), donde se trata de abarcar la mayor

área representativa de la población, evaluándose 20 parcelas puntuales para pajonales y 15 parcelas puntuales para los bofedales. Para los totorales, el muestreo fue dirigido, evaluándose un total de 31 parcelas puntuales. Para la recolección de muestras se tomaron en cuenta a tres especies de flora en el bofedal, una especie en el pajonal y dos especies en el totoral, el estudio consistió en la extracción de la biomasa aérea y biomasa radicular de cada especie en estudio, para ello fue necesaria la selección de muestras, con excepción para la flora de totorales por la poca accesibilidad de las áreas; también se extrajo muestras de suelo hasta 20 cm de profundidad (bofedales y pajonales). Los análisis químicos para flora fueron realizados en el Laboratorio de Suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y para suelo en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Los datos fueron trabajados determinándose el almacenamiento de carbono para cada especie en estudio.

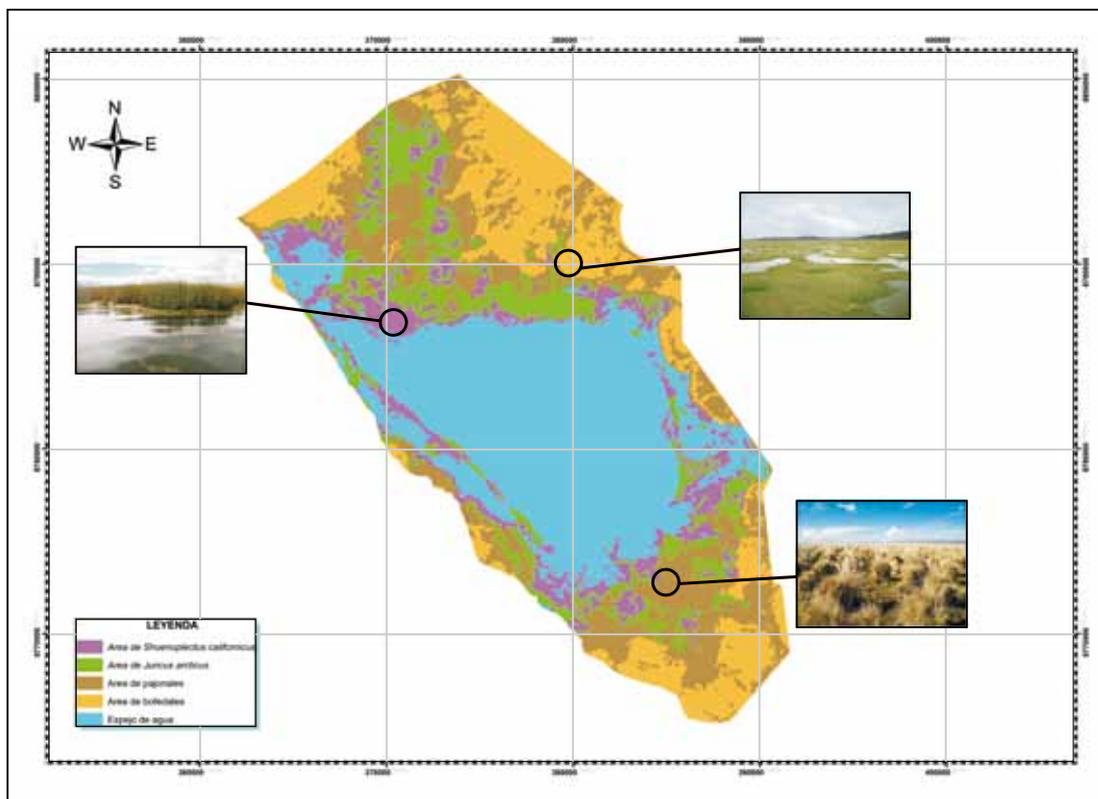


Figura 1: Delimitación de áreas de bofedales, pajonales y totorales.

El cálculo del almacenamiento de carbono fue de la siguiente manera:

#### Determinación del carbono en biomasa aérea y radicular

##### a. Materia seca

$$MS = (psm/pfm) * pft$$

Donde:

MS = Materia seca del componente

psm = Peso seco de la muestra

pfm = Peso fresco de la muestra

Pft = Peso fresco total del componente

##### b. Carbono

$$C = MS \times Fc$$

Donde:

C = Carbono capturado t C/ha

MS = Materia seca del componente

Fc = Factor de conversión (obtenido del método Walkey y Black)

##### c. Transformación a toneladas por hectárea

Los resultados obtenidos fueron dados en kg/m<sup>2</sup>, por tal motivo para determinar el carbono en toneladas por hectárea se hizo una simple conversión de unidades.

#### Determinación del carbono en el suelo

##### a. Porcentaje de carbono

$$\%C = \% M.O / 1,724$$

Donde:

%M.O = Porcentaje de materia orgánica (obtenido del método Walkey y Black).

MS = 1,724 (factor constante)

%C = Porcentaje de Carbono

##### b. Peso del suelo

$$Ps = V \times Dap$$

Donde:

Ps = Peso del suelo

V = Volumen del suelo

Dap = Densidad aparente del suelo

##### c. Carbono total

$$C = Ps \times \% C$$

Donde:

C = Carbono total capturado t C/ha

Ps = Peso del suelo

%C = Porcentaje de Carbono

Tabla N° 1: Relación de especies en estudio según ecosistemas.

Especies en estudio	Ecosistemas		
	Bofedales	Pajonales	Totorales
Plantago tubulosa	x		
Eleocharis albibracteata	x		
Limosella australis	x		
Deyeuxia recta Kunth		x	
Schoenoplectus californicus Var. Tatora			x
Juncos arcticus Var. Andicola			x



*Plantago tubulosa*



*Eleocharis albibracteata*



*Limosella australis*



*Deyeuxia recta* Kunth



*Juncos arcticus* Var. *Andicola*



*Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora*

**Figura N° 2: Especies de flora estudiadas.**

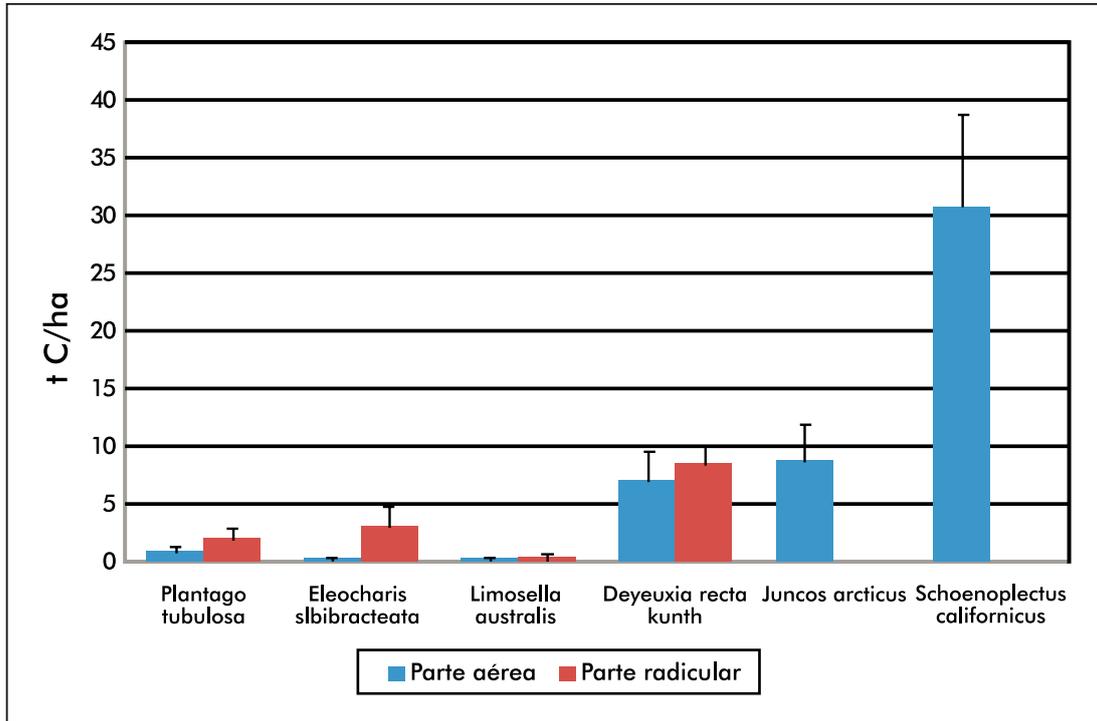


Figura N° 3: Carbono almacenado en la flora del lago Chinchaycocha.

## RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se presentan las especies predominantes del lago Chinchaycocha, las cuales fueron seleccionadas tomando en cuenta la abundancia de estas especies para cada ecosistema dentro del área de estudio.

Tabla N° 2: Porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Muestra	% MO
Bofedal	39,34
Pajonal	47,70
Promedio	43,52

Se puede inferir que las especies del ecosistema totoral presentan mayor dispersión, debido a que estas especies llegan a medir hasta 4 metros (en el caso de *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora*) y por tanto el carbono almacenado es mayor en comparación con las especies de los otros ecosistemas, donde prevalecen

especies rastreras (en el caso del ecosistema bofedal) (Figura N° 3).

Se observa que la mayor concentración de materia orgánica está en el suelo del ecosistema pajonal (Tabla N° 2), esto se

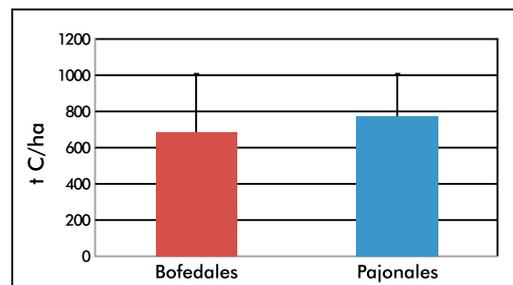


Figura N° 4: Captura de carbono en los suelos del humedal

debe a que estos suelos se encuentran en zonas cercanas a los totorales por tanto son áreas pantanosas donde la descomposición de la materia orgánica es más lenta en comparación con los suelos del ecosistema bofedal.

La estructura radicular almacena más carbono que la estructura aérea tanto para el ecosistema bofedal como para el

ecosistema pajonal, esto se debe a que en la raíz se almacena los carbohidratos, proteínas, etc, que son productos del proceso fotosintético.

El carbono almacenado en los suelos del ecosistema pajonal es mayor en comparación con el carbono almacenado en los suelos del ecosistema bofedal (Figura N° 4), además se infiere que el carbono almacenado en los suelos del ecosistema bofedal presentan mayor dispersión, esto debido a que en algunas zonas los bofedales permanecen inundadas y en otras zonas son áreas secas; mientras que los pajonales dentro del área de estudio se encuentran en zonas anegadas o pantanosas donde el carbono es almacenado por más tiempo, encontrándose valores altos.

## DISCUSIÓN

Con respecto a la especie de totora, *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora*, parte aérea, se ha determinado que esta especie captura 30,65 t C/ha, en comparación con Palomino (7) que da como resultado 20,1 t C/ha. En un estudio realizado en el humedal de Puerto Viejo – Lima, esto pudo darse debido a que las totoras en el lago Chinchaycocha tuvieron mayor altura entre 3-4m.

En el análisis de suelos para bofedales se reporta 39,34 % de materia orgánica, mayor a la reportada en un estudio realizado por Miranda (8) en el bofedal artificial de Quinsanchata en Santa Lucia que presenta datos de un 0,9% – 5,76% de materia orgánica en los suelos de los bofedales, esta diferencia se debe a que Quinsanchata es un bofedal artificial y Chinchaycocha un bofedal natural que se formó hace muchos años.

En un promedio final del análisis de los suelos: bofedales y pajonales, permite establecer una concentración de materia orgánica de 43,52%, observándose valores más altos en humedales de la selva, así

como reporta Freitas L, et al (9) en la Reserva Nacional de Pacaya Samiria cuyos valores alcanzan a 75,13% en el aguajal denso, y 76,81% en el aguajal mixto. Asimismo Moreno, et al (10) reporta que en los suelos de manglares de Tabasco los contenidos de materia orgánica son muy altos, llegando hasta 48,3% en suelos donde se ubica el mangle rojo y 85,7% en suelos del mangle blanco, con esto se reafirma lo que dicen Kilham y Alexander (11), que hay mayor cantidad de materia orgánica en suelos que permanecen inundados durante mucho tiempo y con aportes constantes de materia orgánica.

Para los suelos de los bofedales del estudio realizado se tuvo una fijación de 684,58 t C/ha. Castro M. reporta para un estudio ejecutado en los bofedales de Oña - Nabon - Saraguro - Yacuambi una fijación de carbono en los suelos de 889,36 t C/ha (12), al mismo tiempo en los bofedales del Frente Suroccidental de Tungurahua establece para los suelos 519,15 t C/ha, estos bofedales representan los páramos ecuatorianos; es notable la diferencia que existen entre estos tres bofedales.

Castro en sus resultados menciona la importancia que brindan estos suelos si se encuentran en forma natural y sin intervención humana; los bofedales de Oña - Nabon - Saraguro - Yacuambi son bofedales naturales mientras que los del Frente Suroccidental de Tungurahua vienen siendo afectados por la agricultura y ganadería, al igual que los bofedales del Lago Chinchaycocha en donde se viene dando el sobrepastoreo, contaminación y extracción irracional de pastos.

Dentro del lago Chinchaycocha el suelo representa un importante sumidero de carbono, ya que en su interior fija 729,67 t C/ha en promedio, demostrándose así que el carbono orgánico del suelo es 2,7 veces más que la reserva biótica (13).

## Agradecimiento

A la Reserva Nacional de Junín por el apoyo en la ejecución de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Grupo de expertos de la evaluación de los ecosistemas del milenio. Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y agua. Informe de síntesis. Washington: World Resources Institute; 2005. Serie de Informe síntesis: QH541.5.M3E275.
- 2 Intendencia de Áreas Naturales Protegidas. Plan Maestro de la Reserva Nacional de Junín 2008-2012 – Documento de trabajo [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales; 2009 [citado 08/09/11]. Disponible en: [http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN\\_Junin/PlanMaestro2008-2012-RNJunin.pdf](http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_Junin/PlanMaestro2008-2012-RNJunin.pdf)
- 3 CESEL Ingenieros. Informe de simulación de calidad de aire: Plan de manejo ambiental de las operaciones de embalse y desembalse del lago Chinchaycocha. Lima: Electroperu; 2007. Informe final: 8.
- 4 Aponte H, Ramírez D. Humedales de la costa central del Perú: Estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología Aplicada*. 2011; 10(1): 31-39.
- 5 Hernández M. Suelos de Humedales como sumideros de carbono y fuentes de Metano. *Terra Latinoamericana*. 2010; 28(2): 139-147.
- 6 Viceministerio de desarrollo estratégico de recursos naturales. Identificación de metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales – Documento de trabajo [Internet]. Lima: Ministerio Nacional del Ambiente; 2009 [citado 10/11/11]. Disponible en: [http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d77f55b028f2\\_Metodologias\\_para\\_Stock\\_de\\_Carbono.pdf](http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d77f55b028f2_Metodologias_para_Stock_de_Carbono.pdf)
- 7 Palomino D. Estimación del servicio ambiental de captura del CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de Puerto Viejo (Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias Ambientales). Lima: Universidad Mayor de San Marcos; 2007.
- 8 Miranda F. Evaluación Agrost-Edafológica de los pastizales del centro experimental de Quinsachata (Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo). Puno: Universidad Nacional del Altiplano; 1989.
- 9 Freitas L, Otárola E, Del Castillo D, Linares C, Martínez P, Malca. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria-Loreto. Lima: Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana; 2006. Documento técnico N°29.
- 10 Moreno E, Guerrero A, Gutiérrez M, Ortiz A, Palma J. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y bosques*. 2002; 8 (1): 115-128.
- 11 Kilham O, Alexander M. A basis for organic matter accumulation in soil under anaerobiosis. *Soil Sciencia*. 1984; 137 (6): 419-427.
- 12 Castro, M. Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña - Nabón - Saraguro - Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. *EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE*. Quito: Integraf. 2011
- 13 Neill C, Cerri C, Melillo J, Feigl B, Steudler P, Moraes J, Piccolo M. Las acciones y la dinámica de suelos de carbono después de la deforestación para pastos en Rondonia. En: *Los procesos del suelo y el ciclo del carbono. La ciencia del suelo*; Boca Raton. Florida: Lal R, Kimble J, Follett R, Stewart B (editores); 1998. pp. 9-28.

# Sostenibilidad ambiental del sistema de producción de café orgánico en la región Junín

## Environmental sustainability of organic coffee production system in Junin

Fernando Suca Apaza<sup>1</sup>, Guido Suca Apaza<sup>2</sup>, Raúl Siche Jara<sup>3</sup>  
Universidad Continental

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la sostenibilidad ambiental del sistema productivo del café orgánico en la región Junín, tomando como unidad de análisis de estudio la provincia de Satipo. **Métodos:** Se utilizó el análisis de la emergencia, ésta caracteriza y construye el sistema productivo desde un enfoque sistémico; se cuantifica y analiza los principales flujos de recursos naturales y económicos, luego se calcula e interpreta los indicadores emergéticos del sistema. **Resultados:** El aporte de la economía presenta un 43,99%. Sobre los índices emergéticos, se obtuvieron una transformidad de  $6,79E+05$  seJ/J, renovabilidad de 34,28%, tasa de eficiencia emergética de 2,27; tasa de carga ambiental de 1,92; tasa de inversión emergética de 0,79 y un índice de sostenibilidad emergética de 1,19. **Conclusiones:** El sistema productivo de café orgánico de la región Junín presenta un buen nivel de organización; también presenta un mayor aporte de recursos de la naturaleza con respecto al aporte de la economía. Los indicadores emergéticos demostraron que el sistema de café orgánico presenta mayor eficiencia, mayor renovabilidad, menor impacto al ecosistema y buena contrapartida de la naturaleza a las inversiones de los productores. Por lo tanto, el sistema de producción de café orgánico de la región de Junín es sostenible ambientalmente.



Fernando Suca

fernandosuca@msn.com

**Palabras clave:** sostenibilidad ambiental, emergencia, café orgánico.

1 Docente de la Universidad Nacional del Centro del Perú, investigador de la Universidad Continental

2 Investigador de la Universidad Continental.

3 Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Trujillo.

## ABSTRACT

**Objectives:** Evaluate the environmental sustainability of the production system of organic coffee at Junin region, taking as analysis unit the province of Satipo. **Methods:** it was used the emergy analysis, that characterizes and builds up the production system considering a systemic approach; it quantifies and analyzes the main fluxes of natural and economical resources; and then calculates emergy indicators. **Results:** The accounting of economy to the system is 43.99%. About the emergy indexes, it was obtained a transformity value of  $6.79E+05$  seJ/J; renewability percentage of 34.28%; emergy yield ratio of 2.27; environmental loading ratio of 1.92; emergy investment ratio of 0.79; and the emergy sustainability index of 1.19. **Conclusions:** the production system of organic coffee at Junin Region presents a good organizational level; also shows a higher account of natural resources than the account of economy. The emergy indexes showed that the system of organic coffee presents the highest efficiency level, more renewability, less impact to ecosystem and better counterpart of the nature to the investment than the producers do. In conclusion, the production system of organic coffee at Junin Region is environmentally sustainable.

**Keywords:** environmental sustainability, emergy, organic coffee.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación nace de la importancia de conocer el grado de sostenibilidad ambiental en el sistema de producción del café orgánico impulsado en la selva central del Perú, debido a que actualmente toda actividad desarrollada por el hombre debe ser compatibilizada con la ausencia de impactos negativos al medio ambiente.

En la actualidad, la producción de café orgánico en el país viene siendo desarrollada

sobre la base de decisiones ausentes de análisis sostenible, debido probablemente a que el modelo de desarrollo sostenible es un tema muy reciente, y por lo tanto poco interiorizado, en los diferentes ámbitos de decisión de gobierno. Esta carencia trae, desde luego, consecuencias limitantes en el crecimiento y desarrollo del sistema productivo del café, las mismas que retrasan la aproximación hacia un modelo de crecimiento y desarrollo sostenible.

Los intentos de lograr una mayor sostenibilidad se manifiesta hoy promoviendo sistemas relacionados con el desarrollo sostenible como la implementación de sistemas de gestión ambiental; un mayor impulso del etiquetado de productos orgánicos y desarrollo de mercados para tales productos; un mayor fomento para generar un comercio más justo y que los productos sean comercializados en nichos de mercado específicos; y el impulso a las cadenas agroproductivas, entre otras acciones.

Esta situación exige la búsqueda de una solución al problema basada en metodologías científicas ya existentes como la emergía, que permitan analizar la sostenibilidad de todo el sistema, lo que en el Perú aún no se viene planteando.

Uno de los primeros trabajos científicos en el diagnóstico de la sostenibilidad fue en el 2007, en el que Siche (2) comparó y analizó los principales indicadores de sostenibilidad aplicados al caso peruano sobre la base de datos del 2004; entre las metodologías utilizadas estuvo la emergía. La aplicación de estos métodos mostró que la tendencia de la economía del Perú es de disminuir su sostenibilidad, que es explicada por la dependencia creciente de recursos no renovables, principalmente combustibles fósiles. Menciona que la sostenibilidad es buena (hasta el 2007) y que una disminución de su capacidad de soporte, como está ocurriendo, revertiría dicha condición.

Lomas, Di Donato y Ulgiati (3) manifiestan que la síntesis emergética es una

contribución importante que permite tener una visión con un fuerte componente científico, llegando a producir, a partir del concepto de emergía, indicadores que permiten entender bajo un mismo marco de estudio los flujos de materia, energía, información y dinero ligados a sistemas agrícolas o tratar aspectos referentes al desarrollo, al comercio, entre otros. Esta referencia permite conocer la importancia de adoptar el método emergético como una herramienta fundamental en el análisis de la sostenibilidad del sistema agrícola del café.

Guillén (4) también utilizó el análisis emergético para determinar la sostenibilidad de sistemas agrosilvícolas y agroindustriales en México, donde la producción de café es considerada como un sistema agrosilvícola sostenible porque mantiene parte de la selva original.

La región Junín es una de las principales zonas cafetaleras del país. Las provincias productoras de café en la región Junín son actualmente Satipo y Chanchamayo. El interés que despierta el sistema productivo del café orgánico en Satipo, en especial, ha motivado para que esta provincia sea considerada como unidad de análisis en nuestra investigación.

Satipo está ubicado a 386 kilómetros de la ciudad de Lima y se caracteriza por su clima tropical, con pisos ecológicos de 400 a 1 800 msnm. La principal actividad en la provincia es la agricultura y el cultivo más importante es el café, que representa el 50% del total del área agrícola.

En relación con su economía, se estima que el 50% de las familias son productoras de café, por lo que dependen fundamentalmente de este producto. La provincia de Satipo tiene ocho distritos, de los cuales San Martín de Pangoa alcanza la mayor producción de café con 43,8%, seguida por Río Negro con 32,5% y Satipo con 17%. La actividad cafetalera en esta provincia, según estimaciones económicas, genera 2 960 000 jornales al año. El valor del jornal de este producto oscila entre

15 y 20 soles, y la demanda se concentra principalmente en el período de cosecha.

Los productores están integrados en 57 organizaciones. Las formas más comunes de organización son asociaciones, cooperativas, central de asociaciones, comités y empresas comunales. Aproximadamente la mitad de estas agrupaciones están organizadas bajo la forma de asociación.

Los productores organizados representan el 28% del total del sector que conforman estos agentes productivos, en tanto que los no organizados, el 72%. En la provincia existen pequeños y medianos productores que según su grado de organicidad podrían clasificarse en tres grandes grupos: productores no organizados, productores organizados con baja capacidad de gestión y productores organizados con mediana capacidad de gestión.

Las etapas identificadas del sistema de producción de café orgánico en Satipo son: producción, beneficio húmedo, transporte, poscosecha, control de calidad y almacenamiento.

En la etapa de producción se realizan las siguientes labores culturales: poda, selección de brotes (deschuponado), fertilización, transporte de fertilizantes, manejo de sombra, deshierbo, control de plagas y cosecha del café cerezo. En la producción misma se utilizan herramientas, equipos y materiales.

El beneficio húmedo tiene la finalidad de seleccionar los granos de café cerezo para luego ser despulpados y posteriormente obtener el pergamino de café. Durante el proceso de beneficio húmedo se considera al agua como flujo renovable, al combustible como flujo no renovable y dentro de los materiales se encuentran la despulpadora, llaves, tuberías y materiales de construcción para las instalaciones de la planta de beneficio. Dentro de los servicios está considerada la mano de obra de los mismos productores.

Los productores de café orgánico cuentan con infraestructura en las propias zonas donde están sus cultivos. Esta infraestructura forma parte de sus predios. Están divididas en las siguientes zonas: cuarto de herramientas, almacén de café, zona de beneficio húmedo, zona de fermentado y lavado, zona de aguas miel y compostera. El café pergamino húmedo o seco es transportado hacia los tendales o almacén de la cooperativa, es un servicio brindado a los socios productores. El costo del traslado es asumido por cada productor y depende de la distancia que se dé entre el predio del productor y la infraestructura de la cooperativa.

En las instalaciones de la cooperativa de Satipo se acopia el café de los socios productores. La liquidación de compra está en función de la humedad (12%) y rendimiento (75%). En cambio, los socios que desean hacer secar el café hasta alcanzar una humedad de 12% hacen uso del tendal de secado y guardiolas de la cooperativa. La planta de secado está ubicada en Río Negro, a 5 km del almacén de Satipo. Solo se considera el gasto por el servicio de secado en las guardiolas.

El objetivo de este estudio fue evaluar la condición de sostenibilidad ambiental del sistema de producción de café orgánico de la región Junín. La hipótesis fue que este sistema es sostenible ambientalmente utilizando el análisis emergético.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El alcance y diseño de este estudio fue descriptivo, transversal, desarrollado con datos del 2011 sobre el sistema de producción de café orgánico de la provincia de Satipo. Otros datos fueron recolectados a partir de los comités de café orgánico de Cana Edén, Vista Alegre, Río Venado, Huahuari, Satipo y Villa Victoria, los cuales pertenecen a la Cooperativa Agraria Cafetalera de Satipo. Se tomaron datos cualitativos y descriptivos por medio

de entrevistas directas a los técnicos de la referida cooperativa y la revisión de documentos de las cooperativas de Satipo y Pangoa. Fue considerado un total de 12 075 hectáreas de café orgánico. Esta información primaria y secundaria fue clasificada en los siguientes flujos: recursos renovables (R), recursos no renovables (N), materiales suministrados por la economía (M) y servicios suministrados por la economía (S).

La metodología utilizada fue la emergía desarrollada por Odum, basada en cuatro etapas: (a) la caracterización y elaboración del diagrama del sistema; (b) el análisis de los flujos identificados; (c) la obtención de los índices emergéticos y (d) la interpretación de los índices emergéticos (1).

En el diagrama del sistema, los flujos y las etapas productivas fueron organizados de izquierda a derecha, de acuerdo con la secuencia del proceso y de su transformidad. Así los elementos de la izquierda presentan menor emergía incorporada que los de la derecha. El límite del sistema fue claramente identificado. Luego se elaboró la tabla de flujos de emergía, donde cada flujo se convirtió en una línea de cálculo en la tabla de evaluación emergética (5). En esta tabla se consignó todas las contribuciones al sistema estudiado. Estas contribuciones se clasificaron en recursos renovables de la naturaleza, recursos no renovables de la naturaleza, materiales de la economía, servicios renovables de la economía y servicios no renovables de la economía. Posteriormente se cuantificaron cada uno de las 18 contribuciones. Se consideraron las siguientes unidades consistentes de flujos emergéticos: J/ha.año, kg/ha.año y S/ha.año. En la siguiente columna se recopiló de fuentes secundarias los valores de transformidad por unidad compatible respecto a los flujos emergéticos. Finalmente se multiplicó el valor de los flujos de entrada y su respectiva transformidad de los 18 flujos emergéticos. Las unidades se expresaron en seJ/J, seJ/kg y seJ/S/.

## RESULTADOS

Como resultado de la primera etapa del análisis emergético, en la Figura 1 presentamos el diagrama sistémico completo, en la cual hemos delimitado las cuatro etapas principales del sistema, también denominados subsistemas: producción, beneficio húmedo, transporte y poscosecha. Paralelamente definimos el límite de todo el sistema productivo de café orgánico, en el que identificamos cada uno de los flujos que ingresan a los subsistemas. A cada uno de los subsistemas ingresa uno o más flujos de energía y está en función de la necesidad energética de cada subsistema.

De acuerdo con la metodología emergética, de las cuatro etapas mostradas en la Figura 1 se ha considerado tres subsistemas: producción, beneficio húmedo y poscosecha. El transporte es considerado una interacción debido a que interactúa entre dos subsistemas. También se puede ver en esta figura los elementos importantes para el funcionamiento del sistema de producción de café orgánico en

la provincia de Satipo, los flujos simples o de menor intensidad a la izquierda, y los mayores y más complejos a la derecha. En este sistema la energía disponible es transformada en energías diferentes, de cantidades menores, que son aprovechadas en las etapas siguientes del sistema.

En la segunda etapa de la metodología emergética se cuantificó los principales recursos naturales y económicos que han sido incorporados en el sistema de producción de café orgánico. A continuación se describe cómo fueron calculados los 18 flujos emergéticos para el sistema de café orgánico:

Los flujos renovables como el sol indica la cantidad de energía (en Joule) que es igual al producto de la insolación media por el coeficiente de albedo. Éste es estimado por la diferencia del porcentaje total de radiación, equivalente a la unidad menos el porcentaje reflejado. El potencial químico de la lluvia fue calculada también en Joule. Es equivalente al producto de la precipitación, evapotranspiración, energía de la lluvia y densidad de la lluvia. De la misma manera, el agua de manantial es la energía del agua (en Joule) que es captada por reservorios

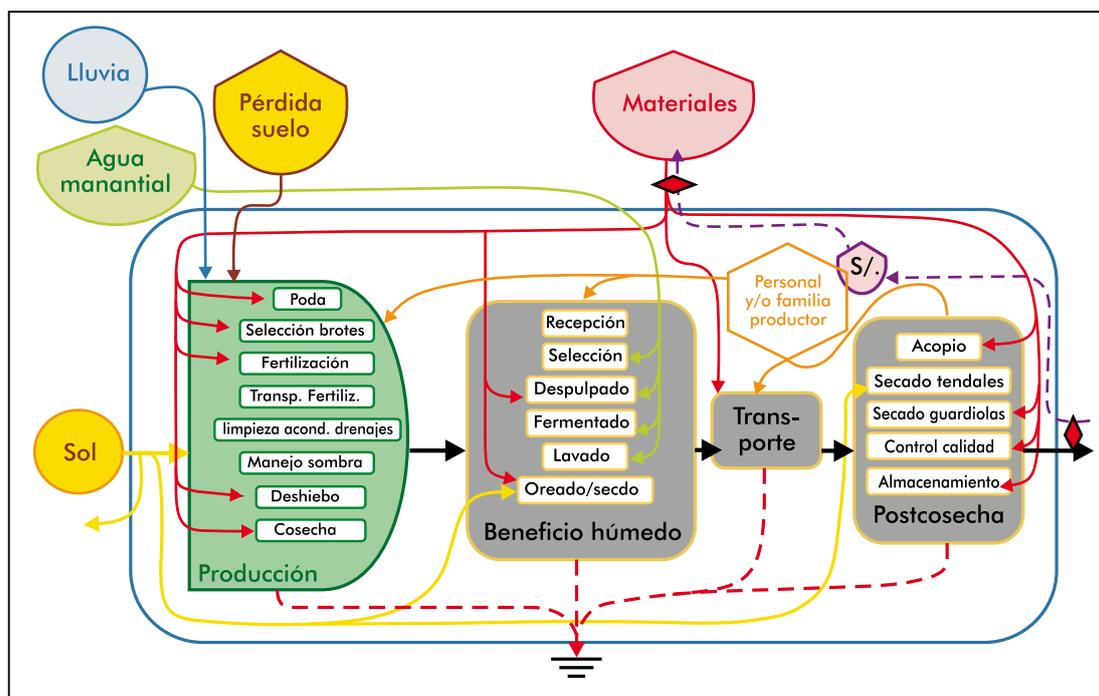


Figura N° 1: Diagrama sistémico de la producción de café orgánico.

naturales y luego transportada por tuberías de plástico hacia la planta de beneficio húmedo ubicado en el predio del productor.

Sobre los flujos no renovables, se ha considerado la pérdida de suelo. Este flujo es la pérdida selectiva de materiales del suelo ya sea por la acción del agua o viento. Se ha calculado en Joule y es el producto de la cantidad de pérdida de suelo, porcentaje de materia orgánica del suelo y la energía de la materia orgánica.

Los materiales de la economía, considerados no renovables de la economía, fueron calculados, para el caso de los abonos, como nitrógeno, fósforo y potasio absorbidos. Estos tres componentes se cuantificaron en kg. Cada uno de ellos indican la diferencia de la cantidad de nutrientes que sale del sistema menos la cantidad que ingresa al sistema de producción de café; es decir, la cantidad de nutrientes que se analizó en muestras de café cerezo menos la cantidad de nitrógeno que se incorporó durante la fertilización con guano de isla y compost. El flujo de otros insumos corresponde al equivalente en nuevos soles (S/.). Estos insumos son en menor cantidad respecto a los abonos.

El flujo de la cantidad de combustible se ha calculado en Joule y representa la cantidad de flujo de energía producida por el total de combustible utilizado durante el desulpado del café. Se ha obtenido como producto del consumo de combustible, densidad del combustible, valor calórico del combustible, todo esto dividido entre el área total del subsistema de producción (12 075 ha).

El flujo de materiales y equipos se refiere a los materiales y equipos metálicos utilizados durante las etapas de todo el sistema. Este flujo es la razón del total de materiales y equipos entre el área total del café. El flujo de la infraestructura agrícola corresponde al monto de inversión de toda la infraestructura agrícola necesaria para todo el sistema. Fue calculado dividiendo el costo total de la inversión entre el promedio de vida útil de la infraestructura y entre el área total.

Los flujos del transporte son considerados no renovables de la economía. Dentro de estos flujos se ha calculado el de los vehículos, el cual es la cantidad (en kg) de los vehículos de transporte utilizados para trasladar el café y los insumos para el sistema. El cálculo fue a partir de la masa de los vehículos, producción total y rendimiento del café pergamino. El flujo de los neumáticos indica la cantidad (en kg) de los neumáticos de todos los vehículos para transportar el café y materiales del sistema. Este cálculo fue a partir del peso de los neumáticos, producción total y rendimiento del café. El flujo de combustible (en Joule) es la cantidad de flujo de energía producida por el total de combustible del transporte. Tal flujo se ha calculado como el producto del consumo, la densidad y el valor calórico del combustible.

Los siguientes flujos son considerados como no renovables de la economía y pertenecen al subsistema de poscosecha. El flujo de equipos poscosecha (en kg) es la cantidad de masa de los equipos metálicos utilizados. Se ha calculado con los datos de masa, vida útil promedio de los equipos, producción y rendimiento del café pergamino. El flujo de energía eléctrica (en Joule) indica la cantidad de energía eléctrica consumida en las instalaciones de poscosecha del café entre la producción de café pergamino final. El flujo de infraestructura de la planta de secado (en S/.) es la inversión respecto a la vida útil de la infraestructura de la planta de secado y la producción de café durante la temporada 2011.

Dentro de los servicios se ha cuantificado el flujo de mano de obra (en Joule). Este flujo es la cantidad de energía aportada por el ser humano en las diferentes labores culturales del sistema de producción de café orgánico. Fue calculado en función de la cantidad de personal, consumo energético por día de un trabajador, número de días trabajados en el 2011 y el área de café del sistema. El referido flujo se ha desagregado en servicios renovables y no renovables de la economía. El servicio considerado renovable significa 38% del total de energía de la mano de obra, y el

no renovable, 62%.

Luego fueron recopilados los valores de transformidad de fuentes secundarias, como lo establecen Fernandez (5) y Odum (1). Estas transformidades están expresadas en unidades compatibles respecto a los flujos emergéticos. Estos flujos se multiplicaron por sus respectivas transformidades, las cuales están expresadas en seJ/J, seJ/kg y seJ/S/. Finalmente, se obtuvo la emergía solar equivalente, de los 18 flujos emergéticos,

en una sola unidad, el seJ/ha.año. En la Tabla 1 se aprecia los flujos identificados, sus transformidades y la cuantificación en una sola unidad.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los distintos grupos de flujos identificados. Dentro de los recursos renovables de la naturaleza se ha considerado los flujos de sol, lluvia y los servicios renovables de la economía. El flujo de agua de manantial ya no se ha considerado debido a un tema de

Tabla N° 1: Flujos emergéticos del sistema de café orgánico

Flujos	%R	Dato	Unid.	Transformidad (seJ/unid.)	Unidad	Emergía solar (seJ/ha.a) Total
<b>Renovables</b>						2,17E+15
1. Sol	100	4,39E+13	J/ha.año	1	seJ/J	4,39E+13
2. Lluvia	100	6,97E+10	J/ha.año	3,05E+04	seJ/J	2,13E+15
<b>Beneficio húmedo</b>						
3. Agua manantial	100	1,12E+07	J/ha.año	3,05E+04	seJ/J	3,42E+11
<b>No renovables</b>						1,49E+15
4. Pérdida de suelo	0	1,20E+10	J/ha.año	1,24E+05		1,49E+15
<b>Materiales</b>						5,03E+14
5. Nitrógeno	0	2,42E+01	kg/ha.año	6,38E+12	seJ/kg	1,55E+14
6. Fósforo	0	-2,72E+00	kg/ha.año	6,55E+12	seJ/kg	-1,78E+13
7. Potasio	0	2,49E+01	kg/ha.año	2,92E+12	seJ/kg	7,26E+13
8. Otros insumos	0	2,59E+01	S./ha.año	1,35E+12	seJ/sol	3,49E+13
9. Combustible (despulpado)	0	2,15E+08	J/ha.año	5,50E+04	seJ/J	1,18E+13
10. Materiales y equipos (fierro)	0	1,03E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	1,16E+14
11. Infraestructura agrícola	0	9,73E+01	S./ha.año	1,35E+12	seJ/sol	1,31E+14
<b>Transporte</b>						7,45E+14
12. Vehículos	0	6,34E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	7,16E+14
13. Neumáticos	0	4,97E+00	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	2,14E+13
14. Combustible Poscosecha	0	1,42E+08	J/ha.año	5,50E+04	seJ/J	7,79E+12
15. Equipos poscosecha		2,33E-03	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	1,47E+15
16. Energía eléctrica secado		8,76E+08	J/t	2,77E+05	seJ/J	2,43E+14
17. Infraestructura planta secado		9,11E+02	S./t	1,35E+12	seJ/sol	1,23E+15
<b>Servicios</b>						4,73E+14
18. Mano de obra temporal	38	1,69E+08	J/ha.año	2,80E+06	seJ/J	4,73E+14

Tabla N° 2: Flujos energéticos del sistema de producción de café orgánico.

Símbolo	Flujo	Ecuaciones	Valor obtenido	Unidades	%
I	Total recursos naturaleza	$I = R + N$	3,84E+15	seJ/ha.a	56,01
R	Recursos renovables de la naturaleza	$R=R1+R2+...+Ri$	2,35E+15	seJ/ha.a	34,28
N	Recursos no renovables de la naturaleza	$N=N1+N2+...+Ni$	1,49E+15	seJ/ha.a	21,73
F	Total recursos economía	$F = M + Sn$	3,01E+15	seJ/ha.a	43,99
M	Materiales de la economía	$M=M1+M2+...+Mi$	2,72E+15	seJ/ha.a	39,71
Sr	Servicios renovables de la economía	$Sr = (0.38)*(mano\_obra)$	1,80E+14	seJ/ha.a	2,62
Sn	Servicios no renovables de la economía	$Sn = (0.62)*(mano\_obra)$	2,93E+14	seJ/ha.a	4,28
Y	Energía utilizada	$Y = I + F$	6,85E+15	seJ/ha.a	100,00

doble contabilidad. Los servicios renovables de la economía corresponden al 38% de los servicios, esto significa que el 38% de la mano de obra temporal es renovable (5). Dentro de los recursos no renovables de la naturaleza solo se ha considerado el flujo de la pérdida de suelo.

Para el grupo de materiales de la economía se ha considerado 13 flujos energéticos de los 18 que tiene el sistema. Estos 13 flujos son considerados como recursos no renovables de la economía.

Dentro de los servicios no renovables de la economía se ha considerado el 62% de la mano de obra temporal (5).

Finalmente, se constituyeron en dos grupos:

total recursos de la naturaleza y total recursos de la economía, para después calcular los índices energéticos.

En la Tabla 3 se presentan los índices energéticos que han sido calculados para el sistema de producción de café orgánico. Los índices calculados fueron seis: transformidad, que consistió en estimar el total de flujos incorporados al sistema (Y) entre el valor de la energía del producto logrado (Ep). Este valor ha sido calculado tomando como base la cantidad de J/ha.año del café, que es de 1.01E+10. También se estimó el valor de la transformidad tomando como base el valor total de producción de las 12 075 has, el cual asciende a un total de 1 918 946 kilogramos de café pergamino producido por cada hectárea y

Tabla N° 3: Índices energéticos del sistema de producción de café orgánico.

Índices	Ecuaciones	Valor	Unidad
$Tr = Y/Ep$ (energía del producto)	$Tr=Y/Ep$	4,75E+07	seJ/J
Renovabilidad (%R)	$Ren=(100)*(R/Y)$	49,78	%
Tasa de eficiencia energética (EYR)	$EYR=Y/F$	2,00	Adimensional
Tasa de carga ambiental (ELR)	$ELR=(N+F)/(R)$	1,01	Adimensional
Tasa de inversión energética (EIR)	$EIR= F/ I$	1,00	Adimensional
Índice de sostenibilidad energética (SI)	$ESI = EYR/ELR$	1,99	Adimensional

en un año de producción.

El indicador de renovabilidad emergética o sostenibilidad fue estimado dividiendo el valor de los recursos renovables incorporados sobre el total de flujos. Este indicador es expresado en porcentaje.

La tasa de eficiencia emergética (EYR) fue estimada a partir de la relación entre el total de flujos incorporados (Y) y la aportación de los actores económico-sociales (F), y presenta un valor de 2,27. La tasa de carga ambiental (ELR) fue calculada sumando los recursos no renovables incorporados por la naturaleza y el total de aportaciones de la economía entre el total de recursos renovables incorporados por la naturaleza. La tasa de inversión emergética (EIR) fue estimada luego de relacionar la aportación de la economía y los recursos de la naturaleza. Finalmente, el índice de sostenibilidad emergética (SI) fue calculado al dividir la tasa de eficiencia emergética entre la tasa de carga ambiental.

## DISCUSIÓN

Los resultados finales de la aplicación de la metodología emergética planteada por Odum (1), muestra una transformidad de  $6,79E+05$  seJ/J. La transformidad del sistema es obtenido a través de la sumatoria de los valores de todos los flujos de energía que compone el producto final (café pergamino). Este resultado es dividido entre la energía del producto generado por el sistema. Esta es una medida de la eficiencia del sistema estudiado. Cuanto mayor sea su valor, menor es la eficiencia del sistema.

Sarcinelli y Ortega (6) reportan valores de  $1,05E+10$  seJ/J en el café orgánico del Brasil. En consecuencia, el valor de transformidad del café orgánico de la región Junín es mucho más eficiente que el café orgánico de Brasil. De acuerdo con la relación de flujos incorporados al sistema (Y), existe una mayor eficiencia de

generación de energía en el producto final al salir del sistema de producción de café orgánico. Esto lógicamente se debe a que en el proceso existe una menor incorporación de recursos provenientes de la economía ( $3,01E+15$  seJ/ha.a). Las inversiones que realizan los pequeños productores de café son marcadamente inferiores a las que realizan los productores de café orgánico de Brasil. Los recursos de parte de la economía que incorporan los productores de café de la región Junín representan el 43,99% respecto al 87,5% reportado en el LEIA (7). Además, la producción de café orgánico en ambos sistemas difiere en magnitud o economía de escala.

Sobre la transformidad que toma como base la masa seca de café orgánico obtenido del sistema, Ortega (8) presenta un valor de  $3,45E+13$  seJ/kg para el café tradicional, muy superior al encontrado en el presente estudio,  $3,57E+12$  seJ/Kg. Esto confirma que el sistema de producción de café orgánico en el Perú, por tratarse de un sistema que preconiza la utilización de recursos naturales renovables, es más eficiente que el café tradicional de Brasil.

La renovabilidad (%R) o la porción de recursos renovables utilizados en el sistema de producción de café orgánico, es una medida directa de la sostenibilidad. Cuanto más alto sea su valor, mayores son las oportunidades del sistema para mantenerse en el largo plazo. El sistema orgánico presenta una renovabilidad de 34,28%. Este resultado es superior comparado con el que reporta Giannetti y otros (9), 28% para la etapa de producción agrícola de café de Nicaragua. La razón de que el café peruano presenta mayor renovabilidad se debe principalmente a que los valores de los recursos renovables son mucho mayores respecto al total de  $34,28\%$ . Dentro de este resultado está incluido el 38% de renovabilidad de parte del total aportado por los servicios, es decir, de los servicios renovables. El mayor valor de aporte de la economía es debido al flujo de parte de los materiales, 39,71 %. En este último resultado, al igual que en los recursos renovables, también se ha incluido el 62%

restante de la aportación de los servicios, para este caso considerado como servicio no renovable. Fernandez (5) manifiesta que para los productos convencionales provenientes de la agricultura como el café, maíz, soja y frutas los valores de renovabilidad van desde 5 a 10%.

La tasa o razón de rendimiento emergético (EYR), definida como la emergía total utilizada por el sistema (Y) dividida por la emergía de los insumos de la economía (F), es una medida de ganancia en energía primaria disponible para el uso de la sociedad. Los sistemas utilizan en sus procesos recursos naturales y recursos provenientes de la economía, estos últimos considerados como recursos naturales que fueron previamente obtenidos por la naturaleza, procesados por otros sistemas y puestos a disposición para el uso de la sociedad. En este caso la EYR es igual a 2,27. Valores superiores a 1 indican que el sistema fue capaz de disponer energía primaria para la sociedad y cuanto mayor es este valor, mayor es la eficiencia del sistema en la utilización de los recursos invertidos de la economía (10). En el presente estudio el valor de la tasa de eficiencia energética fue de 2,27, valor superior a 1 y que muestra mayor nivel de eficiencia emergética.

La tasa de carga ambiental (ELR), es una medida del impacto ambiental derivado del sistema productivo. En teoría, si no ocurren inversiones por el hombre, los flujos emergéticos renovables disponibles localmente deberían sostener un ecosistema maduro sujeto a las restricciones impuestas por el medio ambiente, en este caso ELR sería igual a cero. Cuando ocurren inversiones de flujos emergéticos externos al sistema, el patrón de desarrollo es diferente del ecosistema original. De esta forma, ELR mide la distancia entre el sistema en estudio y el ecosistema original y puede ser interpretado como el estrés ocasionado al medio ambiente por el sistema productivo de café orgánico. Cuanto más alto es su valor, mayor la distancia del sistema original, y mayor será el impacto, o el estrés en el ecosistema asociado. En el presente estudio el valor hallado de ELR fue de 1,92,

elevado en relación con el valor reportado por Sarcinelli y Ortega (6), 0,11. De modo que el impacto al medio ambiente, donde se produce el café orgánico, es mayor en Junín que en Brasil.

La tasa de inversión emergética (EIR) es la razón entre los recursos de la economía y de la naturaleza e indica la inversión de la sociedad para producir un bien, en relación con la contribución de la naturaleza. Puede ser utilizado para evaluar la eficiencia o la competitividad del sistema productivo en la utilización de recursos invertidos de la economía. Mientras menor sea el valor, será más competitivo. En el presente estudio ese valor es de 0,79, el cual es inferior al reportado por Giannetti y otros (9), 2.40 para el café de Brasil, y al mismo tiempo inferior al reportado por Waureck y otros (11), 3,70 para el trigo ecológico. Por lo tanto, el sistema de producción de café en Satipo es más competitivo que los sistemas de café y trigo ecológicos mencionados.

El índice de sostenibilidad emergética (SI), es una medida de la contribución potencial del sistema (EYR) por unidad de carga ambiental, o impacto ambiental (ELR), impuesto al área ocupada por el sistema de producción de café. En teoría, el menor valor posible del índice de sostenibilidad emergética es cero, cuando ELR es infinito. Pero el mayor valor del índice de sostenibilidad emergética, infinito, ocurre cuando EYR tiende al infinito, situación que solamente ocurre para ecosistemas maduros no explotados (F igual a cero). Por tanto, cuanto más alto el valor de dicho indicador, menor impacto por unidad de energía primaria disponible para la sociedad. Según Brown y Ulgiati (12), valores de SI inferiores a 1 indican sistemas que consumen recursos, en tanto que valores superiores a 1 indican sistemas que contribuyen con la aportación de recursos para uso de la economía sin afectar el equilibrio del medio ambiente. Así, los valores inferiores a 1 están asociados a las economías altamente desarrolladas y orientadas para el consumo.

En el presente estudio se obtuvo un valor de

1,19. De acuerdo con Brown y Ulgiati (12), este valor indicaría un menor consumo de recursos, lo que es aceptado en la presente investigación dado que existe una proporción menor de recursos aportados por la economía, que es de 43,99%. Con respecto al aporte de la naturaleza, presenta un valor superior de 56,01%. También afirman que valores superiores a diez están referidos a economías poco desarrolladas industrialmente. Esta afirmación no se ajusta a los resultados alcanzados debido a que el valor logrado para el presente indicador ambiental no corresponde a la clasificación de economías desarrolladas.

En conclusión, es posible identificar los elementos del sistema debido al buen nivel de organización. El sistema presenta un mayor aporte de recursos de la naturaleza con respecto al aporte de la economía. Los indicadores emergéticos demuestran que el sistema de café orgánico presenta mayor eficiencia, mayor renovabilidad, menor impacto al ecosistema y buena contrapartida de la naturaleza a las inversiones respecto a lo que los productores invierten. Por lo tanto, el sistema de producción de café orgánico de la región Junín es sostenible ambientalmente.

### Agradecimientos

A la Universidad Continental por el financiamiento de este trabajo de investigación, asimismo a los productores de la Cooperativa Agraria Cafetalera de Satipo Ltda.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Odum HT. Environmental accounting. Emergy and environmental decision making. New York: John Wiley & Sons; 1996.
2. Siche R. Avaliacao ecológica-termodinâmica e econômica de nacoes: o Perú como estudo de caso [Tesis Doctorado en Ingeniería de los Alimentos]. Campinas, Brasil: Universidade Estadual de Campinas; 2007.
3. Lomas P, Di Donato M, Ulgiati S. La Síntesis Emergética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base termodinámica. Revista Ecosistemas [Internet]. 2007; [fecha de consulta 28 de noviembre de 2010]. 16 (3):[pp. 36-44]. Disponible en: [http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=497&Id\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=497&Id_Categoria=1&tipo=portada)
4. Guillén HA. Contabilidad ambiental usando emergía: Caso 2: Sostenibilidad de sistemas agro-silvícolas y agro-industriales en Chiapas, México. [Internet]. México: Universidad Autónoma de Chiapas [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/092.pdf>
5. Fernandez C. Avaliacao da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais [Tesis Doctorado en Ingeniería de los Alimentos]. Campinas: Universidad Estadual de Campinas; 2008.
6. Sarcinelli O, Ortega E, editores. Emergy analysis and bookkeeping accounting of conventional and organic coffee production in Brazil. Editado por Ulgiati S, Ortega E. Proceedings of IV Biennial International Workshop "Advances in Energy Studies"; Campinas, Laboratory of Ecological Engineering, Food Engineering School. Junio 16, 2004.
7. LEIA-Laboratorio de Engenharia Ecológica-Unicamp. Brasil. FEA Unicamp. 2006. [Actualizado al 19 de setiembre del 2012; fecha de acceso

- 22 de enero de 2013]. Disponible en: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/>
8. Ortega E, Zanghetin M, Takahashi F. Conceitos básicos sobre a biosfera, os ecossistemas e a economia humana. Módulo 1. Como funciona a natureza. Sao Paulo: Laboratorio de Engenharia Ecológica da Unicamp, 2008. pp. 34.
  9. Giannetti BF, Ogura Y, Bonilla SH, Almeida CM. Accounting emergy flows to determine the best production model of a coffee plantation. Energy Policy [Internet]. 2011 [fecha de consulta: 16 de setiembre de 2011]; 39: [pp. 7399-7407]. Disponible en: [http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2011/2011\\_Energy\\_Policy\\_%20Coffee.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2011/2011_Energy_Policy_%20Coffee.pdf)
  10. Ulgiati S. Modeling matter, energy and information flows through ecological and economic systems, within a "zero emission" framework. 4th European Conference on Ecological Modelling [CD-ROM]. Bled, Slovenia; 2004.
  11. Waureck A, Eurich J, Weirich Neto PH, Rocha CH. Estudo da sustentabilidade a través de índices emergéticos em dois sistemas de producao de trigo. Seminario Internacional "Experiencias de agendas 21: os desafios do nosso tempo". Fortaleza, Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2009. 14.
  12. Brown M, Ulgiati, S. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contribution to quantifying and understanding systems. Ecodinamica [Internet]. 2004 [fecha de consulta: 12 de agosto del 2012]; 5: [58-67 pp.]. Disponible en: [http://www.onb.it/writable/editoriale/Brown\\_Ulgiati\\_5\\_2004\\_Energy%20quality,%20Emergy%20and%20Transformity.pdf](http://www.onb.it/writable/editoriale/Brown_Ulgiati_5_2004_Energy%20quality,%20Emergy%20and%20Transformity.pdf)

# Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas

## Anthropogenic impacts in water quality of Cunas river

María Custodio Villanueva<sup>1</sup>, Rafael Pantoja Esquivel<sup>2</sup>  
Universidad Nacional del Centro del Perú

### RESUMEN

**Objetivos:** Identificar los impactos que generan las actividades antropogénicas en la calidad del agua del río Cunas, en las provincias de Chupaca y Concepción del departamento de Junín en el año 2012. **Métodos:** Se utilizaron los métodos de observación, descripción y explicación; el tipo de investigación es básica, y el diseño no experimental, longitudinal. Se definieron tres estaciones de muestreo; la estación 1, se localizó en Angasmayo; la 2, en Antacusi; y la 3, en La Perla, Chupaca. Las muestras de agua fueron colectadas en botellas de plástico de dos litros y en frascos de vidrio estériles para determinar la concentración de nitratos y fosfatos, y coliformes termotolerantes, respectivamente. Los parámetros medidos in situ fueron: oxígeno disuelto (mg/l), sólidos totales disueltos (mg/l), conductividad (mS/cm), temperatura (°C), pH y turbidez (FTU). Estas mediciones se realizaron con equipos portátiles. La identificación y valoración cualitativa de impactos se realizó previa identificación de las acciones de las actividades antropogénicas que se desarrollan en el río Cunas. **Resultados:** Los resultados de la calidad del agua fueron: estación 1 (Angasmayo), calidad media (65,83); estación 2 (Antacusi), calidad media (61,08); y estación 3 (La Perla), calidad media (57,18). **Conclusiones:** En la estación 1 el impacto fue ligeramente moderado; en la 2, moderado; y en la 3, severo.



María Custodio

custodiovillanueva65@yahoo.es

**Palabras clave:** Río Cunas, impacto antropogénico, calidad de agua.

<sup>1</sup> Bióloga, M. Sc. en Biotecnología. Docente investigadora de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

<sup>2</sup> Ingeniero Químico, Mg. en Educación Superior e Investigación. Docente investigador de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

## ABSTRACT

**Objectives:** Identify the impacts that generate the anthropogenic activities in the water quality of Cunas river, in Chupaca and Concepción provinces during 2012.

**Methods:** The observational, descriptive and explanation methods were used, the research type is basic and the design is non experimental, longitudinal type. It was defined three sampling sites. Station 1 was located in Angasmayo, the station 2 in Antacusi and the station 3 in La Perla, Chupaca. Water samples were collected in plastic bottles of two liters and in sterile glass flasks to determine the concentration of nitrates and phosphates, and thermo-tolerant coliform bacteria, respectively. Parameters measured in situ were: dissolved oxygen (mg/l), total dissolved solids (mg/l), conductivity (mS/cm), temperature (°C), pH and turbidity (FTU). These mensurations were carried out with portable instruments. The identification and qualitative valuation of impacts were carried out previous identification of the actions of the anthropogenic activities that are developed in the Cunas river. **Results:** Results of the water quality were: station 1 (Angasmayo), medium quality (65,83); station 2 (Antacusi), medium quality (61,08) and station 3 (La Perla), medium quality (57,18). **Conclusions:** In the station 1 the impact was lightly moderate, in the station 2 was moderate and in the station 3 was severe.

**Keywords:** Anthropogenic impact, water quality, Cunas river.

## INTRODUCCIÓN

El agua, además de ser un recurso imprescindible para la supervivencia del ser humano y el desarrollo de todas las formas de vida, es ampliamente utilizada en actividades diarias, como la agricultura (de 70% a 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados

en el planeta. Actualmente, la escasa disponibilidad de este recurso es motivo de preocupación no sólo para los expertos científicos, especialistas en la materia, o gobernantes, sino para la humanidad entera, que ha reconocido y comprendido la importancia que este recurso tiene para garantizar la vida del planeta.

No obstante que las fuentes de agua dulce representan un porcentaje mínimo de la disponibilidad de agua del planeta, muchos de los ríos en el Perú tienen el agravante problema de contaminación, debido al acelerado crecimiento desordenado de las comunidades humanas y de su desarrollo social, productivo y tecnológico. Por lo tanto, el desarrollo de las actividades humanas sin criterios ambientales, está afectando la salud del hombre y el estado de los sistemas acuáticos. En algunos casos provocando alteraciones de carácter irreversible.

En el contexto de los acuerdos ambientales globales, el tema del agua resulta preponderante no sólo por su carácter estratégico sino por la preocupación que existe en torno al problema de su escasez y calidad, más aún cuando este problema es causado por factores antropogénicos, los mismos que podemos evitar. De ahí que la calidad de agua potable, en especial, es un tema de preocupación y atención prioritaria para la Organización Mundial de la Salud porque el agua contaminada es un factor de múltiples enfermedades en la población. En tal sentido, el problema de investigación formulado fue: ¿Qué impactos generan las actividades antropogénicas en la calidad del agua del río Cunas? Considerándose, como objetivo: Identificar los impactos que generan las actividades antropogénicas en la calidad del agua del río Cunas, en las provincias de Chupaca y Concepción en el 2012. El fin es ayudar a prevenir, evitar y corregir los efectos negativos del desarrollo de dichas actividades, procurando que se alcancen un aprovechamiento razonable de este recurso hídrico y se fortalezcan los efectos positivos.

La hipótesis planteada fue: Los impactos que generan la acuicultura, agricultura,

ganadería, descargas de residuos líquidos domiciliarios y de residuos sólidos, están degradando la calidad del agua del río Cunas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

La cuenca del río Cunas se ubica en la sierra central del Perú, sobre la margen derecha del río Mantaro, y tiene una extensión de 1 845 km<sup>2</sup>; políticamente comprende las provincias de Chupaca y Concepción en la región Junín, complementado por una parte del distrito de Tomas en la provincia de Yauyos de la región Lima. Geográficamente, se encuentra ubicada entre las coordenadas 11° 45' y 12° 20' latitud sur; 75° 15' y 75° 45' longitud oeste.

### Descripción de las zonas de muestreo

Fueron definidas tres estaciones de muestreo. La estación 1 se localizó a 10 metros del puente de Angasmayo; la 2, a 10 metros del puente de Antacusi; en tanto que la 3, a 10 metros del puente de La Perla, Chupaca.

La primera estación es una zona en la que predomina la actividad agrícola, seguida por la actividad piscícola. En esta zona existen viviendas que se asientan principalmente en la margen derecha del río Cunas, ejerciendo cierta presión sobre éste.

En el tramo de la estación 2 se han observado residuos sólidos y descarga de afluentes domésticos y de afluentes de explotaciones ganaderas. En la estación 3, en cambio, se observa residuos sólidos, lavado de zanahoria, lavado de ropa, descarga del afluente del centro de beneficio de animales, etc. La vegetación riverense es escasa.

### Muestreo

La recolección de las muestras de agua se realizó en junio de 2012. Fueron tomadas dos muestras por estación. Una de las muestras fue para medir los parámetros físico-químicos y la otra para determinar coliformes termotolerantes.

### Análisis físico-químico del agua

Las muestras de agua fueron colectadas en la superficie del río, en botellas de plástico de dos litros, y posteriormente llevadas al Laboratorio de Investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú, para el análisis de nitratos y fosfatos.

Los parámetros medidos in situ fueron: oxígeno disuelto (mg/l), sólidos totales disueltos (mg/l), conductividad (mS/cm), temperatura (°C), pH y turbidez (FTU). Para estas mediciones usamos equipos portátiles Hanna Instruments, en tanto que para los análisis de nitratos (mg/l) y fosfatos (mg/l), el fotómetro PC-MultiDirect.

### Análisis bacteriológico del agua

Las muestras fueron tomadas en frascos de vidrio estériles y se refrigeraron a 4°C hasta el momento de su análisis. La determinación de coliformes termotolerantes fue definida en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú, según el método del número más probable.

Para la comparación de parámetros físico-químicos y biológicos determinados se ha utilizado como referencia de comparación los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (1).

### Identificación y valoración de impactos

La valoración cualitativa de impactos fue establecida previa identificación de las acciones de las actividades antropogénicas desarrolladas en el río Cunas. Luego se procedió a identificar las acciones de cada una de las actividades que tienen incidencia

sobre la calidad del agua.

$$\text{Impacto total} = C \times (P+I+O+E+D+R)$$

Impacto negativo:

Severo:  $\geq (-) 15$

Moderado:  $(-) 15 \geq (-) 9$

Compatible:  $\leq (-) 9$

Impacto positivo:

Alto:  $\geq (+) 15$

Mediano:  $(+) 15 \geq (+) 9$

Bajo:  $\leq (+) 9$

## RESULTADOS

### Calidad de agua del río Cunas

Los resultados de los parámetros físico-químicos y biológicos obtenidos sobre la base del protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales de Digesa (2), permitieron determinar la calidad de agua del río Cunas, según el índice NSF. En la Tabla 1, se muestran los valores de los índices NSF obtenidos a partir del cálculo del producto ponderado y el puntaje según el lugar de muestreo del trayecto del río evaluado. La calidad de agua en la estación de Angasmayo fue de 65,83; en la de Antacusi,

de 61,08; y en la de La Perla, de 57,18.

Los resultados de la calidad de agua obtenidos en las tres estaciones en estudio fueron interpretados de acuerdo con la escala de clasificación que utiliza el INSF. La calidad del agua del río Cunas obtenida calificó en el rango de 51 a 90, calidad media. Este resultado significa que la mayoría de usos puede darse, aunque las condiciones en pocas veces son cercanas a las naturales.

### Identificación de impactos

La identificación de las acciones posiblemente impactantes en la calidad del agua del río Cunas, según actividad antropogénica, permitió a su vez reconocer los respectivos impactos o efectos que, tanto las actividades como las acciones, dejan en el mencionado río. De acuerdo con la Tabla 2, cada actividad, en función de su naturaleza, genera elementos contaminantes que provocan alteraciones en el estado físico, químico y biológico de las masas de agua del río Cunas. Así, la actividad agrícola, por ejemplo, conlleva al aporte de nitrógeno y fósforo, elementos que provocan eutrofia y la alteración del estado químico en las aguas del río. En general, las consecuencias que ocasionan en el río Cunas las actividades, a través de sus acciones, son eutrofia, alteración del estado químico y turbidez, impactos que

Tabla N° 1: Calidad de agua del río Cunas, según el índice NSF.

Parámetro	Unidades	Angasmayo	Antacusi	La Perla
pH	Unidad	8,04	8,37	8,14
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	430,00	450,00	450,00
Turbidez	FTU	0,00	0,00	0,00
Oxígeno disuelto	mg/L	7,28	6,45	6,33
Temperatura	Celsius	11,80	12,30	14,80
Sólidos totales disueltos	mg/L	301,00	315,00	315,00
Fosfatos	mg/L	0,02	0,13	0,22
Nitratos	mg/L	0,00	0,00	0,00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	120,00	460,00	1100,00
Índice NFS		65,83	61,08	57,18

Tabla N° 2: Acciones posiblemente impactantes en la calidad del agua del río Cunas, según actividad antropogénica.

Actividad	Acciones	Posibles impactos
Agrícola	Aporte de nitrógeno y fósforo	Eutrofia Alteración del estado químico
	Aporte de plaguicidas	Alteración del estado químico
Ganadería	Descarga de afluentes líquidos	Turbidez Alteración del estado químico
Piscicultura	Descarga de afluentes líquidos	Eutrofia Alteración del estado químico
Matanza de ganado, Preparación y conservación de carne	Descarga de afluentes líquidos	Turbidez Alteración del estado químico
	Descarga de residuos sólidos	Turbidez Alteración del estado químico
Uso doméstico (asentamientos humanos)	Descarga de afluentes líquidos	Alteración del estado químico

Tabla N° 3: Valoración cuantitativa de impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas.

Característica del impacto	Medio impactado					
	Angasmayo		Antacusi		La Perla	
	Físico	Biótico	Físico	Biótico	Físico	Biótico
Carácter	1	1	-1	-1	-1	-1
Perturbación	1	1	2	2	3	3
Importancia	3	3	3	3	3	3
Ocurrencia	1	1	2	2	3	3
Extensión	1	1	1	1	1	1
Duración	2	2	3	3	3	3
Reversibilidad	1	1	1	2	2	2
Impacto total	(-)10	(-)10	(-)13	(-)14	(-)16	(-)16

degradan la calidad del agua.

### Valoración de impactos

Una vez identificados los impactos que generan las actividades humanas sobre el estado de las masas de agua del río Cunas; medio físico y biótico, se determinó la importancia del efecto a partir del grado de incidencia de la alteración provocada y de una caracterización del mismo, teniendo en cuenta una serie de atributos, tales

como: extensión, tipo de efecto, período de manifestación, entre otros.

La estimación de impactos se realizó en base a sus características, tales como carácter, perturbación, importancia, ocurrencia, extensión, duración y reversibilidad en función del índice de calidad de agua determinado. Se asignaron números enteros a cada una de las características, se sumaron por columnas a fin de identificar las acciones más impactantes (valores altos

negativos) y las menos impactantes (valores bajos negativos) en cada uno de los medios de los sectores evaluados (Tabla 3).

Los resultados exponen que en la estación de muestreo de Angasmayo el impacto total es moderado con tendencia a ser compatible; lo cual dependerá de la época del año. En Antacusi, se obtuvieron impactos moderados tendientes a ser impactos severos; en tanto, en La Perla el impacto total fue severo, tanto en el medio físico como en el biótico.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que en el río Cunas se vienen desarrollando diversas actividades antropogénicas, que generan presiones sobre el entorno humano, natural y socioeconómico. Estas actividades producen una gran variedad de desechos que son liberados principalmente al ambiente acuático. La introducción de un determinado desecho antropogénico puede o no introducir desequilibrios en un ecosistema. Ello dependerá de la cantidad y calidad del desecho introducido (3).

Los resultados obtenidos sobre la calidad del agua del río Cunas para los parámetros físicos-químicos evaluados en las tres estaciones de muestreo (Tabla 1), mostraron que el pH del agua se encuentra entre los límites de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) nacional para agua, referida a la categorías 3 (riego de vegetales y bebidas de animales) y categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Sin embargo, en las tres estaciones de muestreo estos valores estuvieron muy cerca del valor superior de los ECA.

Esta tendencia de los valores de pH hacia la alcalinidad se debería a las condiciones edáficas del área intervenida y al ingreso de fertilizantes al medio acuático (4). Estos resultados han sido corroborados en otros estudios (5), en los cuales se explican que el pH del agua varía según las zonas

por las que atraviesa la corriente. Si las aguas atraviesan zonas calcáreas el pH se incrementa, con lo que se tiende a la alcalinidad del medio.

El registro de la conductividad del agua muestra valores que se encuentran dentro de los valores de los ECA para la categoría 3 (Tabla 1); lo cual refleja que el contenido de sales estaría dentro de los valores normales para esta categoría de agua así como para otros usos (6). Igualmente, el registro de este parámetro permitió identificar el ingreso de fertilizantes inorgánicos al medio acuático. Además, al obtenerse in situ a muy bajo costo, es un factor que contribuye a dar sostenibilidad a un programa de seguimiento ambiental (4).

El oxígeno disuelto es sin duda el más importante de los gases disueltos que se encuentra en las aguas naturales (5), porque define en gran parte la biodiversidad y la supervivencia de la comunidad biótica. La medición de oxígeno disuelto obtenida refleja los niveles relativamente buenos de oxígeno en dos de las estaciones evaluadas. Mientras que en la estación 1 (Tabla 1), los niveles de oxígeno disuelto estarían determinando la participación de organismos aerobios en los procesos de degradación, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de autopurificación (7).

La temperatura es un factor limitante para la mayoría de los organismos acuáticos y de hecho es una de las constantes que adquiere gran importancia en el desarrollo de los distintos fenómenos que se realizan en el agua, ya que determina la tendencia o evolución de sus propiedades físicas o biológicas (8). Los datos obtenidos en las tres estaciones de muestreo reflejan básicamente una temperatura uniforme, aunque mayor en la estación La Perla, donde el bajo caudal y la pobre cubierta vegetal, debido a la eliminación del bosque ribereño, determinan altas temperaturas ambientales y por ende repercuten en la temperatura del agua, sobre todo en época seca cuando el caudal baja.

Los datos obtenidos de sólidos totales disueltos y fosfatos no superan los ECA (500 mg/L y 0,5 mg/L, respectivamente), para la conservación del ambiente acuático. Sin embargo, cuando los niveles de concentración de ambos parámetros se incrementan reflejarían problemas de eutrofización.

En relación con la calidad del agua los resultados de los parámetros biológicos en las tres estaciones de muestreo (Tabla 1), mostraron que los niveles de concentración de coliformes termotolerantes se encuentran entre los límites de los estándares nacionales de calidad ambiental para las categorías 3 y 4. En tanto que para la categoría 1 (poblacional y recreacional) y 3 (riego de vegetales y bebida de animales), el nivel de coliformes termotolerantes supera los ECA, lo cual pone en riesgo la salud de las personas si este recurso es destinado a la producción de agua potable con solamente desinfección.

La evaluación de la calidad del agua mediante el índice NFS ha permitido integrar los parámetros físico-químicos y biológicos, y calificar el tipo de agua en las tres estaciones de muestreo como agua de calidad media, en la que la mayoría de usos pueden darse, tales como producción acuícola, riego de vegetales, bebidas de animales y recreación por contacto secundario. Asimismo, permite observar los impactos de las fuentes de contaminación en variedad de condiciones (4).

Los impactos identificados en el área de intervención corresponden a las fases de operación de las actividades que allí se desarrollan y fueron valorados en función de la Ley General del Ambiente, de la guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental (9) y del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. De acuerdo con estas normas, se consideran a las aguas del río Cunas en las categorías 3 y 4, por tratarse de aguas destinadas para el riego de vegetales y bebidas de animales, así como para la conservación del ambiente acuático, respectivamente, sobre todo en las estaciones de Angasmayo y Antacusi.

En tanto que las aguas del río Cunas en la estación 3 debería ser obviada su uso para riego de vegetales de tallo corto, así como para uso poblacional y de recreación por contacto primario; ya que el nivel de concentración de coliformes termotolerantes superan los ECA para las categorías 1 y 3.

Los impactos que ocasionan las descargas de afluentes líquidos y la emisión de residuos sólidos sobre la calidad del agua del río Cunas, de acuerdo con el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, puede considerarse como un impacto ligeramente moderado en el caso de la estación de muestreo de Angasmayo. Significa que si se suspenden las acciones de las actividades humanas identificadas sobre este factor ambiental, el impacto sería compatible y no precisaría la aplicación de medidas correctivas, habría una recuperación inmediata de los estados químico y ecológico; es decir, las condiciones de calidad del agua estarían cercanas a los niveles naturales (10).

Por ejemplo, en el caso de la estación de Antacusi el impacto también es moderado y la recuperación requiere cierto tiempo, por lo que es aconsejable la aplicación de medidas correctivas. El impacto, en cambio, es severo en la estación La Perla. La magnitud del impacto, en este caso, exige para su recuperación la introducción de medidas correctivas que permitan llevar a niveles aceptables los estados químico y ecológico de las aguas del río Cunas (11, 12).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio del Ambiente - MINAM. Estándares nacionales de calidad ambiental para aguas. D.S. N° 002-2008-MINAM. Norma legal. Lima: MINAM; 2008.
2. Ministerio de Salud - MINSA. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. DIGESA. Área de protección de recursos hídrico. Lima: MINSA; 2007.
3. Arce M, Leiva C. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas de acción para su recuperación y manejo. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental]. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja; 2009.
4. Pérez C, Rodríguez A. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev Biol Trop.* 2008; 56 (4): 1905-1918.
5. Martínez L, Pujante M. Estudio de la fauna de invertebrados en el río Gabriel y manantiales asociados en la provincia de Albacete. La Mancha: Centro de Estudios de Castilla; 2008.
6. Carbajal F. Impacto ambiental y social del vertimiento de residuos sólidos y escombros sobre la calidad del río Medellín y de algunos de sus efluentes. *Ago Usb.* 2009; 9 (1): 225-265.
7. Calla L. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac – sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. [Tesis para optar el grado académico de Magíster en Ciencias Ambientales]. Lima: Universidad Mayor de San Marcos; 2010.
8. Bustamante T, Monsalve D, García R. Análisis de la calidad del agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. *Rev. Invest. Univ. Quindío.* 2008; 1(18): 22 – 31.
9. Espinoza G. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco interamericano de desarrollo-BID. Santiago: Centro de estudios para el desarrollo-CED; 2007.
10. Ferrer Y. Evaluación en el tiempo del impacto ambiental con técnicas difusas. Aplicación en la minería de Moa. [Tesis para optar el grado académico de Doctor]. Granada: Universidad de Granada; 2009.
11. Dixon J, Scura L, Carpenter R, Sherman P. Análisis económico de impactos ambientales. Turrialba: Ed. Latinoamericana; 1999.
12. Ministerio de Energía y Minas - MINEM. Guía para la evaluación de impactos en la calidad de agua superficiales por actividades minero metalúrgicas. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros; 2007.

# Modelamiento y pronóstico del índice ultravioleta solar en Huancayo

## Modeling and forecast of solar ultraviolet index at Huancayo

Luis Suárez Salas<sup>1</sup>, Ana Contreras Marín<sup>2</sup>, Hugo Trigoso Avilés<sup>3</sup>  
ONG ININDETEC

### RESUMEN

**Objetivos:** Implementar un modelo radiativo para realizar el pronóstico de la radiación ultravioleta (RUV) eritémica (de efecto en la piel humana) en Huancayo. **Métodos:** La investigación fue descriptiva comparativa. Se utilizó el modelo Tropospheric Ultraviolet Visible (TUV) del National Center for Atmospheric Research (NCAR). Se acondicionaron los parámetros de ingreso para las condiciones atmosféricas de Huancayo, como la distribución vertical de ozono y temperatura, la climatología de ozono total, la altura y el albedo de la ubicación. Con estos datos de ingreso el modelo generó datos cada 3 minutos durante las 24 horas de los 365 días del año. Para su validación se utilizaron mediciones en tierra, sincronizándolo con el radiómetro espectral GUV-511 Biospherical Inc., que brinda mediciones a 305, 320, 340 y 380 nm. Se determinó el coeficiente de correlación de Spearman para la evaluación estadística. **Resultados:** El análisis determinó la buena capacidad de réplica del modelo TUV de la variación horaria de la RUV en esta ubicación. Así también, el análisis estadístico de los datos reportó un coeficiente de correlación promedio de 0,88 ( $p < 0,05$ ) y se pudo validar el modelo, haciendo una evaluación individual de datos en días despejados y nublados. **Conclusiones:** Esto permitió implementar el modelo TUV para pronosticar la climatología anual de la RUV eritémica en Huancayo, en términos del Índice UV, para brindar una información cuantitativa a la población sobre los niveles de RUV a la que están expuestos, el tiempo máximo de exposición al sol sin



Luis Suárez

doctorozono@yahoo.com

riesgo y con ello tomar decisiones para proteger su salud.

**Palabras clave:** Modelamiento radiativo, Índice UV, radiación UV, Huancayo.

<sup>1</sup> Ingeniero químico; investigador del Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Tecnológico (ONG ININDETEC)

<sup>2</sup> Ingeniero químico; docente de la Universidad Alas Peruanas.

<sup>3</sup> M.Sc. en geofísica espacial; investigador del Observatorio de Ancón del Instituto Geofísico del Perú.

## ABSTRACT

**Objectives:** Implement a radiative model to forecast the erythemal (that affects the human skin) UV radiation (UVR) in Huancayo city. **Methods:** The research was descriptive and comparative. It was used the Tropospheric Ultraviolet Visible (TUV) model of the National Center for Atmospheric Research (NCAR). It was conditioned the input parameters for atmospheric conditions of Huancayo, like: ozone and temperature vertical distributions, total ozone climatology, altitude and albedo of the location. With these input data the model generated data every 3 minutes during the 24 hours of the 365 days of a year. For model validation, it was used ground measurements. For this, it was synchronized the spectral radiometer instrument GUV-511 of Biospherical Inc. that provides measurements at 305, 320, 340 and 380 nm. It was determined the Spearman's correlation coefficient for statistical evaluation. **Results:** The analysis determined the good ability of TUV model to replicate the hourly variation in this location. Thus, also, the statistical analysis of the dataset reported a mean correlation coefficient of 0.88 ( $p < 0.05$ ) and it was possible to validate the model, making a detailed evaluation with data of cloudy and cloud-free days. **Conclusions:** It was possible to implement a radiative model, TUV, for forecast the annual climatology of erythemal UV radiation at Huancayo, in terms of the UV index. It will be useful to provide quantitative information to the population about the UV radiation levels that they are exposed, the maximum time for sun exposure without risk and with it to take decisions to protect their health.

**Keywords:** Radiative modeling, UV index, UV radiation, Huancayo.

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado la preocupación por los

efectos adversos de una excesiva exposición a la radiación ultravioleta (RUV) proveniente del sol en la salud pública. Diversos estudios han evaluado los posibles efectos en la salud humana considerándose de especial importancia: el cáncer de piel (1), las cataratas oculares (2) y la alteración del sistema inmunológico (3). Por ello, se han desarrollado diversos mecanismos para incrementar la conciencia de las personas y así disminuir este riesgo.

Una de las herramientas más útiles ha sido la implementación del índice ultravioleta (Índice UV) Solar (4, 5) que reporta la intensidad de la radiación UV eritémica, que tiene efecto en la piel al producir el eritema, enrojecimiento de la piel, primera señal de daño. Este Índice UV, a través de un programa educativo, permite informar a la población de manera cuantitativa sobre el tiempo máximo de exposición, dependiendo del tipo de piel, y así reducir los riesgos de daño a la piel.

Los reportes científicos han indicado que no hay un incremento significativo de la intensidad de la RUV en la región tropical (25°N a 25°S) (6, 7) que coincide con los reportes de que tampoco hay una reducción de la capa de ozono en la región tropical y de que su valor es mínimo, pero poco variable en el transcurso del año (8). Durante los últimos años se habla con mayor frecuencia de una recuperación de la capa de ozono, especialmente en la Antártica (9) como producto de la severa reducción de los compuestos clorofluorocarbonados, que es un importante resultado del Protocolo de Montreal creado para la protección de la capa de ozono.

El Perú debido a su ubicación geográfica en la región tropical recibe intensa radiación solar y tiene una natural mínima protección de la capa de ozono. De manera especial, la región andina es considerablemente vulnerable a los efectos adversos.

En esta región viven cerca del 40% de la población peruana, comprendiendo ciudades a más de 2 000 msnm. Así, por ejemplo Huancayo recibe niveles altos de

RUV durante todo el año, considerados los más altos del planeta (10, 11), con el consecuente riesgo a la población. En esta región se llegan a alcanzar valores de 25 en el Índice UV, que es el nivel más alto de RUV del mundo (12).

Aparentemente, los diversos mecanismos de autoprotección del cuerpo humano han desarrollado una pigmentación en la piel que reduce los efectos adversos. Sin embargo, el cáncer de piel es una enfermedad habitual en la población andina habiéndose detectado los cáncer de piel tipo carcinoma celular basal (CCB), carcinoma celular escamoso (CCE) y melanoma cutáneo (MC) (13).

El problema del presente trabajo es ¿Cuáles son las condiciones atmosféricas óptimas para modelar la radiación UV eritémica en la ciudad de Huancayo?. El objetivo es implementar un modelo radiativo para pronosticar la radiación UV eritémica, en términos del Índice UV, a condiciones geográficas y atmosféricas de Huancayo, y realizar sus correcciones y la respectiva validación con las mediciones en tierra efectuadas con un radiómetro espectral.

Esto para desarrollar un mecanismo de información orientada al público y contribuir en la toma de decisión para proteger su salud y reducir los riesgos de un problema de salud pública como es el cáncer de piel.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El tipo de investigación propuesta fue descriptiva comparativa. El modelo radiativo utilizado en el presente trabajo de evaluación de la RUV fue realizada con el modelo Tropospheric Ultraviolet Visible (TUV) del National Center for Atmospheric Research (NCAR) versión 4.1a (14). Este es un modelo radiativo usado sobre el rango de radiación de 121 a 750 nm, para calcular la irradiancia espectral, el flujo actínico, los coeficientes de fotodisociación (valores J), y la irradiancia efectiva biológicamente, y a partir de esta el Índice UV.

El código está escrito en FORTRAN 77 estándar y opera en un entorno UNIX. Este modelo fue adaptado a las condiciones de Huancayo, habiéndose cambiado valores característicos de la ubicación, en caso de existir o de lo contrario los valores de una estación en la región tropical cercana. Por ejemplo, para la distribución vertical de ozono y de temperatura fueron usados datos de la estación de San Cristóbal, Ecuador (lat. 0.92°S y long. 89.6°O) (15). El albedo fue asumido como 10.0% para una superficie de pasto (16). La climatología anual del ozono total fue obtenida mediante el promedio 1965-1990 de las mediciones efectuadas en el Observatorio de Huancayo (17). Por otro lado, debido a su mínima influencia se despreció el efecto de los aerosoles y de otros contaminantes del aire, además de la no disponibilidad de dichos datos. Tampoco fue considerado la nubosidad debido a su alta variabilidad y

**Tabla N° 1: Categorías de exposición a la radiación UV y sus colores respectivos, con códigos de color internacionales.**

I-UV	Categoría	Color	
< 3	Baja	Verde PMS 375	
3 – 5	Moderada	Amarillo PMS 102	
6 – 7	Alta	Naranja PMS 151	
8 – 10	Muy alta	Rojo PMS 032	
> 10	Extrema	Púrpura PMS 265	

difícil capacidad de pronóstico.

La variable principal de estudio generada por el modelo fue el Índice UV. Este es una forma óptima de comunicar a la población sobre los niveles de RUV eritémica. El Índice UV se reporta como un valor entero de 0 a 20 e indica los niveles de la RUV eritémica sobre la superficie terrestre y permite a las personas calcular su tiempo máximo de exposición al sol sin riesgo de sufrir un eritema. La Tabla 1 indica las categorías y su representación en colores, según su nivel de riesgo. Estas definiciones se encuentran en el texto "Índice UV solar mundial: guía práctica", preparada durante varios años de trabajo por un grupo de especialistas y es una recomendación conjunta de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) donde se describen las estrategias básicas para la difusión adecuada del I-UV (5).

El valor del I-UV es calculado mediante la

multiplicación de la RUV (en  $W \cdot m^{-2}$ ) en la región de 280 a 400 nm por el espectro de acción eritémico (EE), el cual nos indica la sensibilidad de la piel en función de la longitud de onda respectiva (18). Esta dependencia se puede ver en la Figura 1, notándose que la sensibilidad es mayor a menor longitud de onda. Luego, el resultado es nuevamente multiplicado, esta vez por el valor de 40, que da como resultado un valor entre 0 a 20, el cual se redondea a un valor entero sin decimales, obteniéndose así el valor a reportar del I-UV. En la Figura 1 también se muestra el resultado de la multiplicación para dos instantes a distintos valores de la RUV.

Asimismo, las personas pueden determinar su dosis mínima eritémica (MED), según su tipo de piel, para ello, existe una clasificación según su sensibilidad definida por el dermatólogo Thomas Fitzpatrick, comprendiendo principalmente 6 tipos (ver Tabla 2). Con esta información es posible que una persona determine el tiempo mínimo de exposición sin riesgo a sufrir un eritema según la fórmula siguiente:

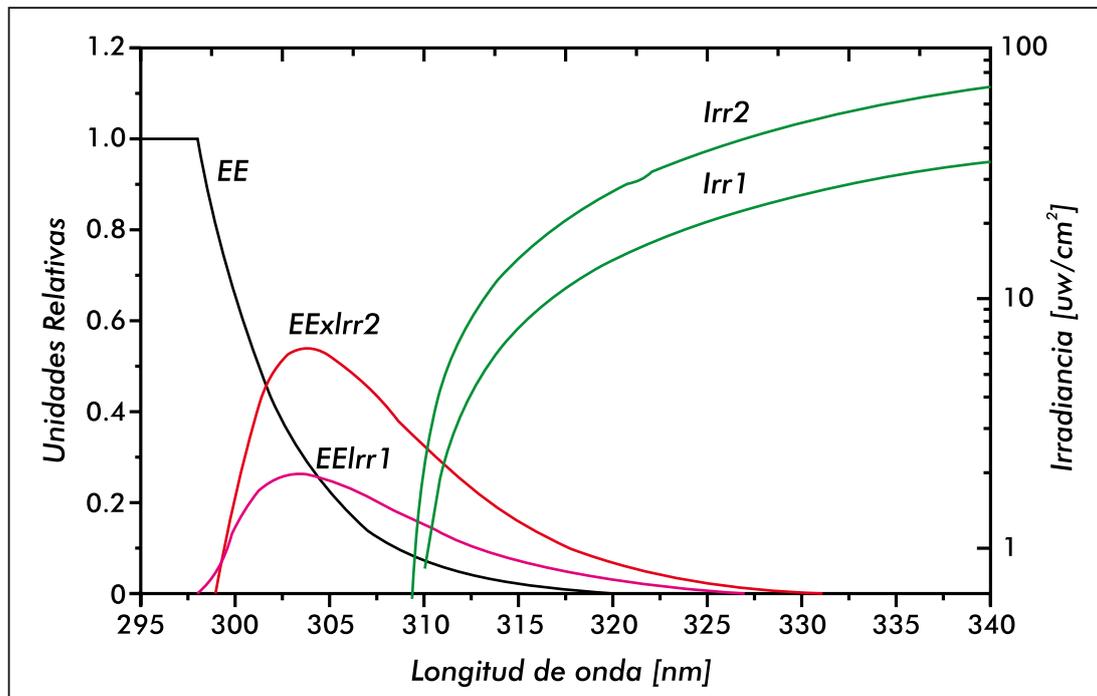


Figura N° 1: Relación entre el espectro eritémico  $EE(\lambda)$ , y el espectro de irradiancia  $Irr(\lambda)$ , para la determinación de la radiación ultravioleta eritémica ( $UV_{eri}$ ), a diferentes concentraciones de ozono en UD.

**Tabla Nº 2: Fototipos de piel según Thomas Fitzpatrick (22).**

Tipo	Fototipos de piel	MED
A(I)	Nunca se broncea/siempre enrojece	1 – 3
B(II)	Se broncea poco/casi siempre enrojece	3 – 5
C(III)	Casi siempre se broncea/ enrojece poco	4 – 7.5
D(IV)	Se broncea siempre/rara vez enrojece	5 – 12
E(V)	Piel morena : muy rara vez se quema	10 – 16
F(VI)	Piel negra: está bronceada/no se quema	13 – 18

$$t \text{ (min)} = \frac{\text{MED} \times 60}{\text{IUV}}$$

Para la medición espectral de la RUV se utilizó el radiómetro de filtro multicanal GUV-511, fabricado por Biospherical Instrument Inc. (BSI), San Diego, California, EE.UU. El radiómetro tiene cuatro canales en la región UV, centrados en 305, 320, 340 y 380 nm, respectivamente. El ancho de banda espectral de cada uno es aproximadamente de 10 nm (full-width at half-maximum, FWHM). Este instrumento fue instalado libre de interferencias en el Observatorio de Huancayo (lat. 12.05 °S, long. 75.32 °O y 3 313 msnm) del Instituto Geofísico del Perú.

Cada uno de los cuatro canales fue sincronizado para registrar valores promedios de la irradiancia, cada 3 minutos, medidos en unidades de  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$  (para convertir a  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$  solo dividir por 100). En el caso del radiómetro GUV-511, para la obtención del I-UV los valores de 305, 320 y 340 son multiplicados con sus respectivos valores de calibración para luego sumarlos y finalmente, obtener el valor del I-UV. El registro de mediciones con este instrumento se realiza desde setiembre del 2002 y ha venido siendo realizado tanto en Huancayo como en la Estación Antártica, con apoyo de las universidades locales y del Instituto Antártico Peruano. Es el único medidor espectral de radiación UV del Perú.

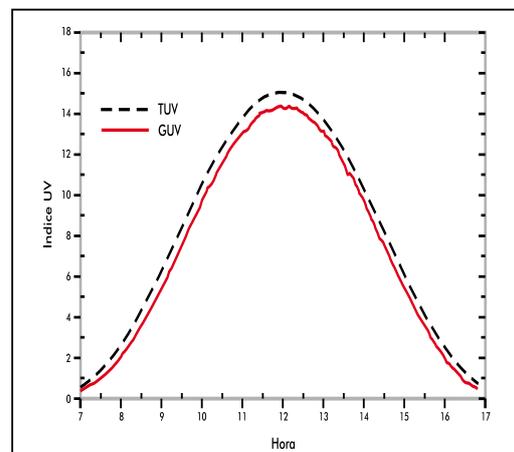
Finalmente, para el análisis de datos se determinó el coeficiente de correlación de Spearman a un nivel de confianza de 95%.

Para esto se utilizó el software Matlab (The Mathworks, Inc., EE.UU) debido a su mayor capacidad de trabajo con matrices.

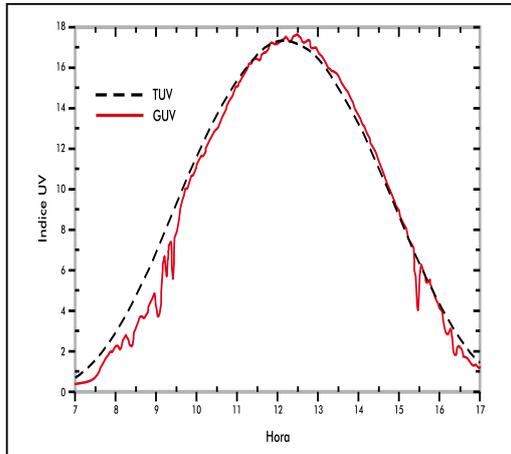
## RESULTADOS

Las mediciones efectuadas con el radiómetro espectral permitieron cuantificar adecuadamente la RUV eritémica en Huancayo, en términos del I-UV, donde cabe resaltar que se registraron valores máximos de 18 en días despejados y con picos de más de 20 unidades, esto debido a la capacidad de dispersión, reflexión y refracción de las nubes acorde con lo reportado por Liley y McKenzie (12) para una evaluación con énfasis en la región tropical. Esta alta RUV que recibe Huancayo se debe principalmente a la reducida concentración de la capa de ozono, característico de la región tropical (10), y en el caso de Huancayo, se debe incluir el factor de su ubicación por sobre los 3 000 msnm, la altura incrementaría la RUV en  $7\% \pm 2\%$  por cada 1 000 m (19, 20). Asimismo, se generaron los datos del I-UV con el modelo TUV de modo sincronizado cada 3 minutos durante 24 horas y los 365 días correspondientes a un año, generándose así dos matrices de 480x365 datos.

Una muestra de los resultados se presenta



**Figura Nº 2: Variación horaria del Índice UV para Huancayo. Datos radiómetro GUV y modelo TUV, 8 de setiembre del 2002.**

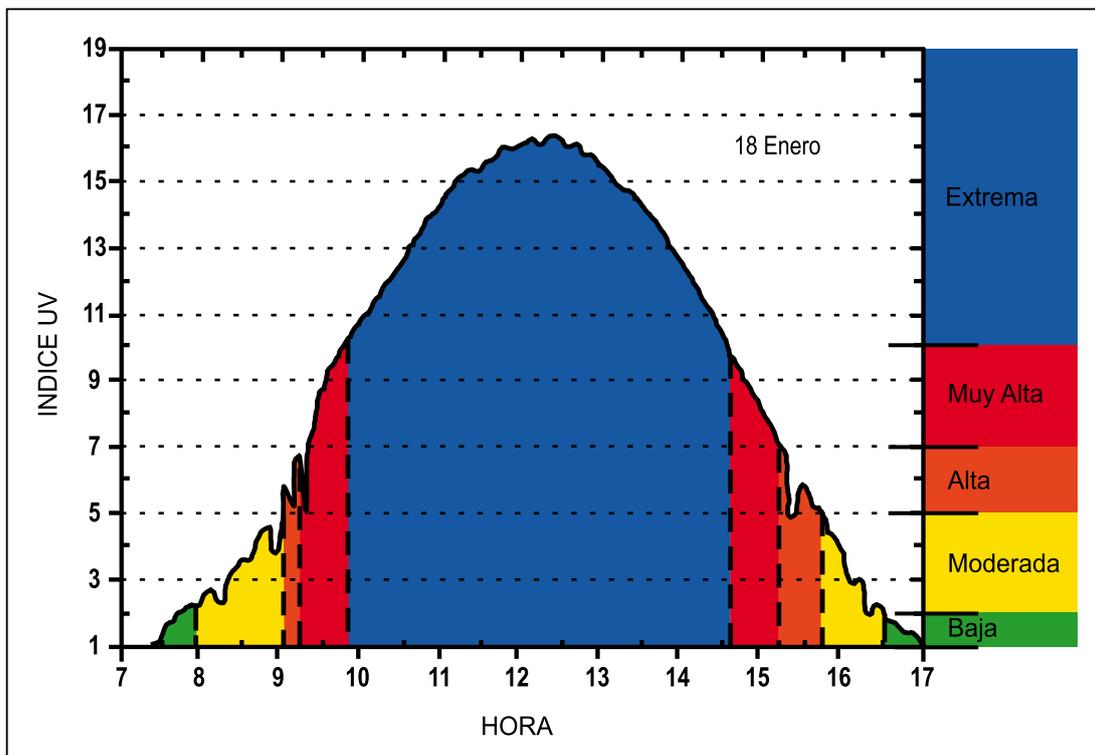


**Figura Nº 3. Variación horaria del Índice UV para Huancayo. Datos radiómetro GUV y modelo TUV, 18 de enero del 2003..**

en las figuras 2 y 3, que son mediciones efectuadas en el invierno y verano, respectivamente, para los días más despejados. Es posible ver la adecuada réplica de la variación horaria de la RUV, pero además la diferencia debido a la presencia de nubes. También estos resultados se presentan considerando las recomendaciones de las reuniones de

especialistas para uniformizar el reporte del Índice UV (21) que indican que cuando se pronostica el Índice UV del día siguiente, este es elaborado para el mediodía y asumiendo el cielo despejado, y también que el rango de incertidumbre puede estar entre  $\pm 10\%$ .

Luego, utilizando el software Matlab para realizar la prueba estadística de correlación de Spearman se evaluaron las dos matrices: mediciones en tierra y datos del modelo dando un promedio de los valores del coeficiente de correlación de 0,88 ( $p < 0,05$ ). Con ello, se asume que el valor obtenido es aceptable y así emplear el modelo TUV para modelar la RUV en Huancayo para fines de estudiar el Índice UV y considerando también que no se ha modelado los efectos de las nubes en el modelo y siguiendo los lineamientos descrito por las instituciones especialistas a nivel mundial (5, 21).



**Figura Nº 4: Categorías del I-UV durante el día utilizando la escala de la OMS (5).**

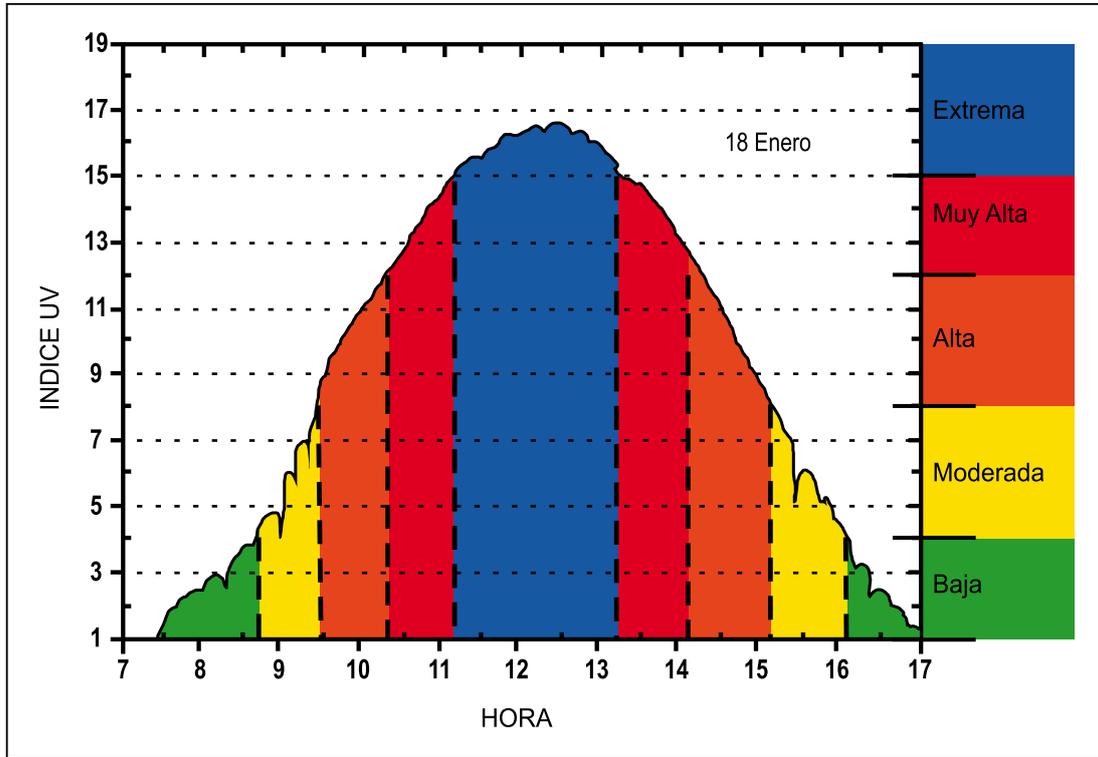


Figura Nº 5: Categorías del I-UV durante el día, sugerida por el presente trabajo para la región tropical.

## DISCUSIÓN

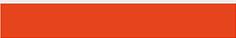
Sobre la base de las mediciones y el modelamiento del Índice UV en Huancayo se ha demostrado que se registran valores de más de 17 unidades, por las condiciones naturales de su ubicación geográfica. Esto hace necesaria una redefinición de las categorías del I-UV (5) para una mejor difusión de la información debido a que para la población es difícil distinguir la categoría de Extrema y además, que este nivel se registra en la mayor parte del día y del año. Evaluando la variación diaria de la RUV y sus valores máximos en el año se propone la siguiente escala mostrada en la Tabla 3, que permitiría una mejor información de los niveles de RUV de efecto en la piel a la que está expuesta la población de Huancayo y andina del Perú. Esta nueva escala facilitaría la diseminación del riesgo de la exposición a la RUV en los centros educativos y de salud.

Las Figuras 4 y 5 muestran la diferencia de áreas durante el día considerando las

categorías de la escala de la Organización Mundial de la Salud (5) y la propuesta por el presente trabajo. Se debe considerar que la gran área cubierta por la escala WHO no es sinónimo de "Extremo" para nuestra ubicación, debido a que está orientada principalmente a la población de piel blanca, tipo de piel I, según los estudios de Thomas Fitzpatrick (22), esto es para el caso de los rubios y con ojos azules. Por ejemplo, para una escala Índice UV "Extrema" de 12 unidades, una persona de piel tipo A podrá exponerse solo ~ 10 mn. Pero en el caso de la población de Huancayo, la situación es distinta debido a que la predominancia del tipo de piel es C y D, existiendo pocos casos de B. El tiempo mínimo de exposición al Sol para los tipos de piel C y D sería de cerca de 30 y 40 min, respectivamente.

También debemos de considerar que estas categorías del I-UV fueron creadas inicialmente en Canadá teniendo en cuenta su tipo de piel predominante, que es el tipo I (4). Por ello, una reformulación de la escala se hace necesaria para el caso de ciudades de la región tropical (12).

Tabla Nº 3: Categorías de exposición a la radiación UV y sus colores respectivos, con códigos de color internacional.

Índice UV	Categoría	Color	
< 4	Baja	Verde PMS 375	
4 – 7	Moderada	Amarillo PMS 102	
8 – 11	Alta	Naranja PMS 151	
12 – 15	Muy alta	Rojo PMS 032	
> 15	Extrema	Púrpura PMS 265	

Así, las nuevas categorías propuestas tienen la característica de limitar la categoría de "Extrema", principalmente a la época de verano (diciembre – marzo), pese a que es el período de lluvias y cielos nublados en la región andina, pero que a su vez es tiempo de vacaciones y de mayor actividad al aire libre de jóvenes y niños, por lo que debería de protegerse con mayor consideración. También, permite mostrar las categorías de "Alta" en el invierno (junio – setiembre) que en la región andina es la temporada de cielos despejados y mayor tiempo de horas

de sol. La Figura 6 nos muestra el pronóstico de la climatología anual de la RUV en Huancayo que fue obtenida empleando datos generados por el modelo TUV, luego de ingresar los datos característicos de la ubicación, y empleando la escala de valores y colores de la Tabla 3, en plena concordancia con los lineamientos de la OMS y otras importantes instituciones de la temática de las radiaciones (5)

El trabajo permitió cuantificar los niveles de RUV eritémica para Huancayo, en términos

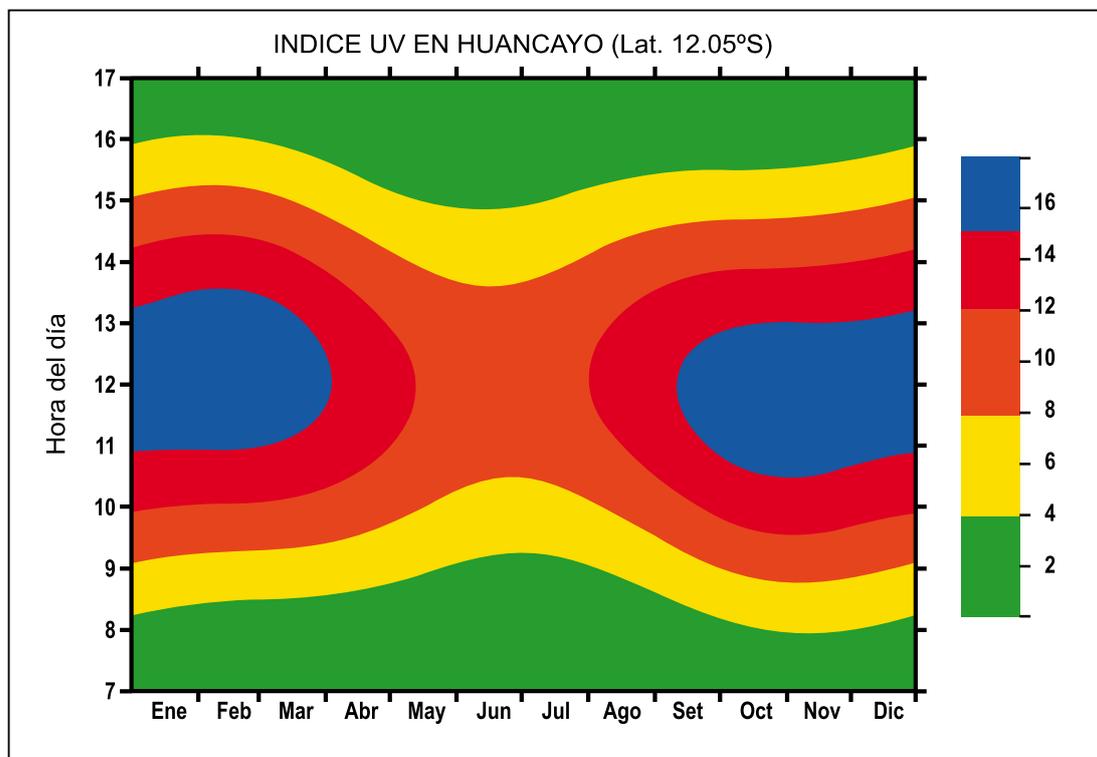


Figura Nº 6: Climatología del Índice UV para Huancayo (bajo condiciones de cielo despejado) con la escala propuesta para la región tropical.

del Índice UV, con la finalidad de proveer de información a la población y sectores relacionados con la salud y educación. Implementó el modelo TUV para replicar la RUV en esta ubicación, habiéndose obtenido el valor promedio en el coeficiente de correlación de 0,88, cuando se realizó la comparación con las mediciones en tierra. Proponemos una nueva formulación de los niveles de la escala del Índice UV, para que este más acorde con los niveles de RUV que se registran y con el tipo de piel predominante de la población en esta ubicación. También pronosticamos el Índice UV para las características atmosféricas de Huancayo en función de un año cualquiera, labor que puede desarrollarse en otras ciudades importantes y, con mayor entrenamiento, en todo el Perú.

### Agradecimientos

A CONCYTEC por el financiamiento brindado para la ejecución de la mayor parte del presente trabajo a través del programa PROCYT. Al Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. También al Ph.D. James Slusser del USDA a través del Ultraviolet Radiation Monitoring Program por el apoyo con la instrumentación para la medición de la radiación UV espectral. Al Dr. Sasha Madronich por su apoyo en la adaptación del modelo radiativo TUV.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De Grujil FR. Health effects from the sun's ultraviolet radiation and ozone as a stratospheric sunscreen, *Global Change and Human Health*, Vol. 1 (1), 26 – 40; 2000.
2. Sliney DH. UV radiation ocular exposure dosimetry, *Journal of Photochemistry and Photobiology: B, Biology*, 31 (1-2), 69-77; 1995.
3. Van der Leun J, Tang X, Tevini N (Editores), *Environmental effects of ozone depletion: 1998 assessment*, United Nations Environment Programme, Nairobi; 1998.
4. Burrows WR, Vallee M, Wardle DI, Kerr JB, Wilson LJ y Tarasick DW. The Canadian operational procedure for forecasting total ozone and UV radiation. *Meteorological Applications*, 1, 247-265; 1994.
5. WHO. Global Solar UV Index: a practical guide, WHO/SDE/OEH/02.2, disponible en español en: <http://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>, Ginebra, Suiza; 2002.
6. Douglass A, Fioletov V, Godin-Beekmann S, Müller R, Stolarski R S, y Webb A. Stratospheric ozone and surface ultraviolet radiation, Capítulo 2 en *Scientific assessment of ozone depletion; 2010*, Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 52, Vol. 2, 516 págs, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza; 2011.
7. Herman JR y McKenzie RL. Ultraviolet radiation at the earth's surface, capítulo 9 en *Scientific assessment of ozone depletion: 1998*, Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 44, 558 págs, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza; 1999.
8. Chipperfield, MP y Randel WJ. Global ozone: past and future, capítulo 2 en *Scientific assessment of ozone depletion: 2002*, Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 47, Vol. 1, 485 págs, Organización Meteorológica

- Mundial, Ginebra, Suiza; 2003.
9. Salby M, Titova E, Deschamps L. Rebound of Antarctic ozone, *Geophysical Research Letters*, 38, L09702, doi:10.1029/2011GL047266; 2011.
  10. Ylias M, Pandey A, Hassan SIS. UV-B radiation at Pennang, *Atmospheric Research*, 51 (2), 141-152; 1999.
  11. Suárez L, Trigos H. Radiación UV-B en Huancayo, *Trabajos en el XXIV Congreso Latinoamericano de Química*. Lima; 2000.
  12. Liley JB, McKenzie RL. Where on Earth has the highest UV?, en artículos del Taller "Radiación UV y sus efectos: una actualización", National Institute of Water and Atmospheric Research, págs. 26-37, (disponible en [https://www.niwa.co.nz/sites/default/files/import/attachments/Liley\\_2.pdf](https://www.niwa.co.nz/sites/default/files/import/attachments/Liley_2.pdf)); 2006.
  13. Rodríguez, C. Daño a la piel en altura, Trabajo presentado en el Congreso de Dermatología. Lima; 2002.
  14. Madronich S. UV radiation in the natural and perturbed atmosphere, en M. Tevini, (Editor), "Environmental Effects of UV (Ultraviolet) Radiation", Lewis Publisher, Boca Raton, págs. 17-69, 1993.
  15. Thompson A M, y col. Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology 1. Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements, *Journal of Geophysical Research*, 108, 8238, doi:10.1029/2001JD000967, D2; 2003.
  16. McKenzie R L, Kotkamp M y Ireland W. Upwelling UV spectral irradiances and surface albedo measurements at Lauder, New Zealand, *Geophysical Research Letters*, 23 (14), 1757-1760; 1996.
  17. Suárez L. Mediciones de ozono total en el Observatorio de Huancayo, en J. Tavera (Editor), "Trabajos de investigación de practicantes del Instituto Geofísico del Perú", Instituto Geofísico del Perú. Lima, pág. 16-25; 2000.
  18. McKinlay A F y Diffey B L. A reference action spectrum for ultra-violet-induced erythema in human skin, en Passchier W F y Bosnjakovic B F M (Editores): "Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations", Elsevier, New York, págs. 83-87; 1987.
  19. McKenzie R L, Johnston P V, Smale D, Bodhaine B A y Madronich S. Altitude effects on UV spectral irradiance deduced from measurements at Lauder, New Zealand, and at Mauna Loa Observatory, Hawaii, *Journal of Geophysical Research*, 106(D19), 22845–22860, doi:10.1029/2001JD900135, 2001.
  20. Zaratti F, Forno R N, García Fuentes J y Andrade M F. Erythemally-weighted UV variations at two high-altitude locations, *Journal of Geophysical Research*, 108 (D9), 4263, doi:10.1029/2001JD000918, 2003.
  21. WMO. Report of the WMO-WHO Meeting of experts on standardization of UV Indices and their dissemination to the public, *Les Diablerets*, Rep. 127; 1998.
  22. Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 75 (1), 93-96; 2009.

# Influencia de las inteligencias múltiples en la elección de carreras profesionales en estudiantes de cuarto y quinto de secundaria

## Influence of multiple intelligences in the choice of professionals careers in students of fourth and fifth grades of secondary education

Víctor Elías Ríos Cubas<sup>1</sup>, Luz María Supo Zapata<sup>2</sup>  
Universidad Continental

### RESUMEN

**Objetivos:** Determinar la influencia de las inteligencias múltiples en la elección de carreras profesionales en estudiantes del cuarto y quinto de secundaria del sistema educativo peruano.

**Métodos:** La investigación es de alcance descriptivo correlacional con diseño transversal. En la recolección de datos se utilizaron los instrumentos, test de inteligencias múltiples e inventario de intereses profesionales de Angellini. La población investigada estuvo conformada por 13 459 alumnos con un nivel de confianza del 99% y 1,5% de error para cuarto grado y 1% de error para el quinto.

**Resultados:** Se encontró que los estudiantes tienen mayor puntuación en las inteligencias intrapersonal (15,8%), lógico-matemática (14,1%), naturalista o ecológica (13,7%) y musical o rítmica (12,9%) haciendo un total del 56,5%, y menor puntuación en las demás inteligencias como: verbal-lingüística, visual-espacial, kinestésica, interpersonal, humanista, religiosa-espiritual y sexual, las cuales representan un total de 43,5%. Por otro lado en relación a las áreas vocacionales se destacan las de ciencias físicas (34,6%) y de ciencias biológicas (16,8%) haciendo un total de 51,4%, mientras que el 48,6% se encuentra distribuido en las otras áreas. En la población de mujeres se destacaron las Inteligencias intrapersonal (18,9%), naturalista o ecológica (14,2%) y musical o rítmica (13,8%) con un total de 46,9% y el 53,1% están distribuidos en otras inteligencias. En el caso de varones se destacaron las inteligencias lógico-matemática (21,3%), naturalista o ecológica (13,2%) e intrapersonal



Víctor Ríos

vrios@continental.edu.pe

(12,2%) con un total de 46,7%, y el 53,3% están distribuidas en otras inteligencias. **Conclusiones:** Existe relación entre las inteligencias múltiples y la elección del área de las carreras vocacionales, lo cual es importante para el desarrollo profesional.

**Palabras clave:** Inteligencias múltiples, orientación vocacional, elección, habilidades.

1 Lic. en Psicología, Mg. en recursos humanos, Mg. en desarrollo de habilidades y competencias, candidato a doctor en Psicología, consultor senior y gerente general de la Consultora "Liderando Cambios".

2 Lic. en Estadística, candidata a magister en administración de negocios, docente investigadora de la Universidad Continental.

## ABSTRACT

**Objectives:** To determine the multiple intelligences' influence in choosing professional careers in the fourth and fifth students secondary on Peruvian education system. **Methods:** The research has correlational descriptive scope and cross-sectional design. In the data collection was used instruments like the multiple intelligences test and the Angellini professional interests' inventory. The research population has been formed by 13459 students using a statistical confidence level of 99% and 1.5% error in fourth grade and 1% error in fifth grade. **Results:** We found that students have more punctuation in intrapersonal intelligences (15.8%), logical-mathematical (14.1%), naturalistic or ecological (13.7%) and musical or rhythmic (12.9%) resulting in a total of 56.5% and less punctuation in the rest of the intelligences like: verbal-linguistic, visual-spatial, kinesthetic, interpersonal, humanistic, religious-spiritual and sexual, which represent a total of 43.5%. On the other hand in relation to vocational areas are highlighted the physical sciences (34.6%) and biological sciences (16.8%) resulting in a total of 51.4%, while the 48.6% is distributed in the other areas. In women population are emphasized the intrapersonal intelligences (18.9%), naturalistic or ecological (14.2%) and musical or rhythmic (13.8%) with a total of 46.9% and 53.1% are distributed in other intelligences. For men are emphasized the logical-mathematical intelligences (21.3%), naturalistic or ecological (13.2%) and intrapersonal (12.2%) resulting in a total of 46.7%, and 53.3 % are distributed in other intelligences. **Conclusions:** There is a relation between multiple intelligences and the choice of the vocational careers area, which is important for the professional development.

**Keywords:** Multiple intelligences, vocational counseling, choice, skills.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se sitúa en un contexto en el cual los jóvenes alumnos de los últimos grados de educación secundaria deben elegir una carrera profesional. Hacerlo en estos tiempos precisa mucho más la necesidad de advertir, de manera especial, cómo inciden las distintas inteligencias, planteadas por Gardner, en la decisión vocacional. Y es que la elección de una carrera profesional en los jóvenes es compleja y necesita de antecedentes importantes como la personalidad, el entorno familiar-social y el tipo de aprendizaje (1), los cuales se han acumulado a lo largo de su vida personal y académica (2).

Responder a esta complejidad previene deserciones y frustraciones académicas, así como la incertidumbre por el futuro a elegir (3). Por lo tanto, es una temática recurrente en estos procesos, es la decisión de un estilo de vida (4), en la que los alumnos tendrán que desarrollar sus habilidades y adaptarse a diversos contextos, los cuales son propios de la carrera profesional elegida (5).

Aquellos jóvenes que elijan la carrera de Derecho, quienes aplicarán las leyes para defender derechos y deberes de las personas, tendrán, por ejemplo, un entorno cotidiano que les exija resolver casos en medio de reclamos y denuncias, situación que les permitirá desarrollar habilidades de tolerancia, vocación de servicio y equidad; en cambio, en aquellos jóvenes que elijan la carrera de Psicología, quienes tendrán un entorno de dificultades emocionales y conductuales, la situación les permitirá desarrollar otras habilidades: de observación, escucha activa, seguridad y equilibrio personal. Ambos ejemplos nos permite advertir que las distintas profesiones adoptan un estilo de vida de acuerdo con su quehacer cotidiano profesional y laboral, para lo cual cada carrera necesitará de determinadas habilidades en su personalidad.

En este escenario, los orientadores tendrán que resolver dudas y conflictos

de los jóvenes (6), realizando un acompañamiento y orientación durante todo el proceso vocacional (7). Para ello, tendrán que reforzar aquellas conductas positivas orientadas al logro de objetivos y metas (8), promoviendo habilidades, actitudes y valores (9), con la finalidad de mantener el equilibrio de su personalidad y la consolidación de su identidad (10), y así desarrollar un perfil profesional (11) de acuerdo con las exigencias de las competencias profesionales del mercado laboral (5). En este sentido se deberá fortalecer y mejorar las cuatro dimensiones humanas: la dimensión I, relacionada con todo lo biológico-tangible; la dimensión II, con todo lo emocional-subjetivo; la dimensión III, con la interacción social; y la dimensión IV, con todo lo cognitivo-objetivo (12).

Mantener el equilibrio de las cuatro dimensiones humanas, entonces, es reconocer la diversidad de opciones que tienen los jóvenes para captar y aprender; lo cual es adecuado para su realización profesional (13). Es más, también debemos promover aquellos factores internos (14) que permitan tener consistencia en la elaboración de sus estrategias personales basadas en sus recursos psicológicos internos (15), y el desarrollo de conductas eficaces en la peculiaridad de su personalidad, utilizando para ello su capacidad de aprendizaje (16).

Uno de los factores internos que ayudan a determinar una adecuada elección profesional es precisamente la inteligencia (dimensión cognitiva-objetiva), la cual permite aprender experiencias y conocimientos, deliberar alternativas y decidir la opción que se ajuste a los intereses y necesidades personales, y determinaciones vocacionales profesionales (13). Gardner asume la inteligencia como un potencial biológico y psicológico, que permite procesar información activada por un entorno vivencial con la finalidad de resolver problemas o crear productos que sean valiosos en un contexto cultural (17). También plantea diversas formas de demostrar y desarrollar la inteligencia,

que es materia de interés para nuestra investigación.

Pero es más, Gardner establece que existen diversas formas de demostrar y desarrollar la inteligencia para resolver problemas y asumir un estilo de aprendizaje acorde con el contexto. Estas diversas formas de inteligencia son las denominadas inteligencias múltiples, que para efecto de nuestro estudio consideramos once: La inteligencia lógico-matemática, la inteligencia lingüística, la inteligencia espacial, la inteligencia musical, la inteligencia corporal-kinestésica, la inteligencia interpersonal, la inteligencia intrapersonal, la inteligencia naturalista, la inteligencia espiritual, la inteligencia humanista y la inteligencia sexual.

Nuestra investigación toma a las inteligencias múltiples como una variable de influencia en la elección de carreras profesionales en los procesos de orientación vocacional (18), para determinar el desarrollo de intereses basados en el autoconocimiento y autoconcepto (19). En este sentido, diversos autores como Lemos y Thomas (15), Noronha (10), Godoy (18), Ríos (1) y Aisenso (5) realizaron investigaciones que muestran la correlación entre los intereses vocacionales, la inteligencia y la personalidad; demostrando que los cuestionarios vocacionales para elegir una carrera profesional no son lo suficientemente consistentes, por lo que es necesario desarrollar el nuevo paradigma de: evaluar la inteligencia y las diversas formas de aprender (21), para direccionar y precisar la decisión vocacional.

Por lo tanto, los jóvenes que decidan su carrera profesional deben ser conscientes de que desarrollarán un estilo de vida en sus futuras competencias profesionales y laborales, en la cual tendrán que demostrar las diversas formas de aprendizaje que han desarrollado durante su vida. En este ámbito, hay experiencias participativas prácticas que promueven una metodología pedagógica individual y grupal, en la que utilizan a las inteligencias múltiples para que los alumnos conozcan sus habilidades

y preferencias, y así puedan definir su perfil profesional (22). Estas experiencias preliminares deben ser consideradas por los educadores, padres de familia, orientadores y los propios jóvenes, como una nueva perspectiva de elección de una carrera profesional y un estilo de vida para su futuro.

## MATERIAL Y METODOS

La investigación fue de alcance descriptivo – correlacional; la recolección de datos se realizó a partir de una muestra constituida por 134 colegios (46 estatales y 88 particulares) del cuarto y quinto año de nivel secundario del departamento de Junín, evaluándose a un total de 13 459 estudiantes a través de la aplicación de los

**Tabla N° 1: Relación de tipos de inteligencia.**

Tipo de inteligencia	Descripción de capacidades
Verbal lingüística	Transmisión y comprensión de mensajes.
Lógico matemático	Cálculo matemático, pensamiento numérico, razonamiento y resolución de problemas.
Visual espacial	Reconocimiento y distinción de objetos en espacio y dimensiones.
Kinestésica o corporal	Unir el cuerpo y la mente para lograr el desempeño físico.
Musical o rítmica	Asociar y/o distinguir el estímulo sonoro artístico.
Intrapersonal	Formar una imagen veraz y precisa de nosotros mismos.
Interpersonal	Manejar relaciones humanas y la empatía.
Naturalista	Distinguir y utilizar elementos del medio ambiente.
Humanista	La búsqueda del bien común y el aprendizaje de experiencias.
Religiosa espiritual	Afrontar y resolver problemas de significados y valores.
Sexual	Identificación y autovaloración de su propio organismo.

**Tabla N° 2: Inventario de áreas profesionales y carreras afines.**

Área	Carrera
Artístico	Arquitectura, diseñador gráfico, diseñador de modas, publicista.
Cálculo	Matemática, contador, banca y finanzas, comercio exterior, economía.
Ciencias biológicas	Medicina humana, biología, bioquímica y farmacia, enfermería, tecnología médica, nutricionista, odontología.
Ciencias físicas	Ingeniería mecánica, ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería de sistemas e informática, ingeniería de minas, ingeniería ambiental, ingeniería industrial.
Literario	Periodista (cronista, corresponsal), escritor, idiomas.
Musical	Licenciatura en arte (música, danza clásica y contemporánea).
Organización burocrática	Asistente de gerencia, contabilidad, marketing, administración, ingeniería en agro negocios.
Persuasivo	Ciencias de la comunicación, derecho, diplomacia.
Servicio social humanit.	Psicología, trabajo social, pedagogía.

siguientes instrumentos: test de inteligencias múltiples, que describe 55 conductas clasificadas en once tipos de inteligencias; y el inventario de intereses profesionales de Angellini, que establece nueve áreas profesionales (Tabla N° 1 y Tabla N°2).

Posteriormente, se procesó los datos a partir de una base de datos con el apoyo de un escáner de lectura de tarjetas ópticas. Se utilizó el software estadístico SPSS v19, para el uso de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales.

## RESULTADOS

De los 13 459 alumnos, el 71,2% son de colegios estatales y el 28,8%, de colegios particulares; el 41,4% pertenece al cuarto año de secundaria y el 58,6%, al quinto; el 53,9% están constituidos por mujeres y el 46,1%, por varones.

Dentro de las dos áreas de interés profesional con mayores preferencias está, el área de ciencias físicas (34,6%), donde el 27,5% son mujeres y el 42,8%, varones; y, el área de ciencias biológicas (16,8%), en el que el 18,2 % son mujeres y el 15,2%, varones. El área persuasiva es el de menor preferencia (4,5%) en los alumnos evaluados.

Las inteligencias que más destacan en ellos son la intrapersonal (15,8%) y la lógico-matemática (14,1%), mientras que las menos expresan son la religiosa- espiritual (4,3%) y la sexual (0,2%) (Tabla N°3 y Tabla N°4).

Los colegios estatales sobresalen en las inteligencias intrapersonal (16,2%), naturalista o ecológica (14,7%) y musical o rítmica (12,7%); en tanto que los colegios particulares, en las inteligencias lógico-matemática (18,9%), intrapersonal (14,7%) y musical o rítmica (13,6%).

En el caso del género (Tabla N° 4), las mujeres desarrollan más las inteligencias intrapersonal (18,9%), naturalista o ecológica (14,2%) y musical o rítmica

(13,8%), a diferencia de los hombres que manifiestan más las inteligencias lógico-matemática (21,3%), naturalista o ecológica (13,2%) e intrapersonal (12,2%).

Según la relación área profesional y tipo de inteligencia, los alumnos que eligieron el área artística (Arquitectura, Diseño Gráfico, Diseñador de Modas, Publicista) obtienen mayor puntuación en las inteligencias intrapersonal (15,4%), musical o rítmica (14,6) y naturalista o ecológica (13,9%); los que optaron por el área de cálculo (Matemática, Contabilidad, Banca y Finanzas, Comercio Exterior, Economía) expresan mayores inteligencias intrapersonal (15,9%), lógico-matemática (15,2%) y naturalista o ecológica (12,9%); los que decidieron por el área de ciencias biológicas (Medicina Humana, Biología, Bioquímica y Farmacia, Enfermería, Tecnología Médica, Nutrición, Odontología) destacan en las inteligencias intrapersonal (17,1%), naturalista o ecológica (15,7%) y musical o rítmica (12,3%).

Los del área de ciencias físicas (Ingeniería mecánica, Ingeniería civil, Ingeniería eléctrica, Ingeniería de sistemas e informática, Ingeniería de minas, Ingeniería ambiental, Ingeniería industrial) sobresalen en las inteligencias lógico-matemática (18%), naturalista o ecológica e intrapersonal (13,5%); mientras que los del área literaria (Periodismo, Literatura, Idiomas), en las inteligencias intrapersonal (17,1%), naturalista o ecológica (14,6%) y musical o rítmica (13,3%).

Los estudiantes identificados con el área musical (Licenciatura en Arte, que comprende música, danza clásica y contemporánea) muestran mayor puntuación en las inteligencias musical o rítmica (23,6%), intrapersonal (13,7%) y naturalista o ecológica (11,8%); los que prefieren el área de organización burocrática (Asistencia de gerencia, Contabilidad, Marketing, Administración, Ingeniería en agronegocios), reflejan mayores inteligencias intrapersonal (18%), naturalista o ecológica (14,9%) y lógico-matemática (13,8%).

Tabla N° 3: Distribución de estudiantes evaluados según tipo de inteligencia por tipo de colegio.

Tipo de inteligencia		Tipo de colegio		Total
		Estatad	Particular	
Inteligencia humanista	Evaluados	505	185	690
	% Tipo de inteligencia	73,2%	26,8%	100,0%
	% Tipo de colegio	5,3%	4,8%	5,1%
Inteligencia interpersonal	Evaluados	763	247	1010
	% Tipo de inteligencia	75,5%	24,5%	100,0%
	% Tipo de colegio	8,0%	6,4%	7,5%
Inteligencia intrapersonal	Evaluados	1551	567	2118
	% Tipo de inteligencia	73,2%	26,8%	100,0%
	% Tipo de colegio	16,2%	14,7%	15,8%
Inteligencia kinestésica o corporal	Evaluados	951	390	1341
	% Tipo de inteligencia	70,9%	29,1%	100,0%
	% Tipo de colegio	9,9%	10,1%	10,0%
Inteligencia lógico matemático	Evaluados	1166	731	1897
	% Tipo de inteligencia	61,5%	38,5%	100,0%
	% Tipo de colegio	12,2%	18,9%	14,1%
Inteligencia musical o rítmica	Evaluados	1213	524	1737
	% Tipo de inteligencia	69,8%	30,2%	100,0%
	% Tipo de colegio	12,7%	13,6%	12,9%
Inteligencia naturalista o ecológica	Evaluados	1404	437	1841
	% Tipo de inteligencia	76,3%	23,7%	100,0%
	% Tipo de colegio	14,7%	11,3%	13,7%
Inteligencia religiosa y espiritual	Evaluados	434	138	572
	% Tipo de inteligencia	75,9%	24,1%	100,0%
	% Tipo de colegio	4,5%	3,6%	4,3%
Inteligencia sexual	Evaluados	21	2	23
	% Tipo de inteligencia	91,3%	8,7%	100,0%
	% Tipo de colegio	,2%	,1%	,2%
Inteligencia verbal – lingüística	Evaluados	960	391	1351
	% Tipo de inteligencia	71,1%	28,9%	100,0%
	% Tipo de colegio	10,0%	10,1%	10,1%
Inteligencia visual – espacial	Evaluados	592	251	843
	% Tipo de inteligencia	70,2%	29,8%	100,0%
	% Tipo de colegio	6,2%	6,5%	6,3%
Total	Evaluados	9560	3863	13423
	% Tipo de inteligencia	71,2%	28,8%	100,0%
	% Tipo de colegio	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla N° 4: Distribución de estudiantes evaluados según tipo de inteligencia por género.

Tipo de inteligencia		Género		Total
		Mujer	Varón	
Inteligencia humanista	Evaluados	331	359	690
	% Tipo de inteligencia	48,0%	52,0%	100,0%
	% Género	4,6%	5,8%	5,1%
Inteligencia interpersonal	Evaluados	701	309	1010
	% Tipo de inteligencia	69,4%	30,6%	100,0%
	% Género	9,7%	5,0%	7,5%
Inteligencia intrapersonal	Evaluados	1366	752	2118
	% Tipo de inteligencia	64,5%	35,5%	100,0%
	% Género	18,9%	12,2%	15,8%
Inteligencia kinestésica o corporal	Evaluados	651	690	1341
	% Tipo de inteligencia	48,5%	51,5%	100,0%
	% Género	9,0%	11,2%	10,0%
Inteligencia lógico matemática	Evaluados	582	1315	1897
	% Tipo de inteligencia	30,7%	69,3%	100,0%
	% Género	8,0%	21,3%	14,1%
Inteligencia musical o rítmica	Evaluados	1000	737	1737
	% Tipo de inteligencia	57,6%	42,4%	100,0%
	% Género	13,8%	11,9%	12,9%
Inteligencia naturalista o ecológica	Evaluados	1027	814	1841
	% Tipo de inteligencia	55,8%	44,2%	100,0%
	% Género	14,2%	13,2%	13,7%
Inteligencia religiosa y espiritual	Evaluados	329	243	572
	% Tipo de inteligencia	57,5%	42,5%	100,0%
	% Género	4,5%	3,9%	4,3%
Inteligencia sexual	Evaluados	10	13	23
	% Tipo de inteligencia	43,5%	56,5%	100,0%
	% Género	,1%	,2%	,2%
Inteligencia verbal – lingüística	Evaluados	883	468	1351
	% Tipo de inteligencia	65,4%	34,6%	100,0%
	% Género	12,2%	7,6%	10,1%
Inteligencia visual – espacial	Evaluados	356	487	843
	% Tipo de inteligencia	42,2%	57,8%	100,0%
	% Género	4,9%	7,9%	6,3%
Total	Evaluados	7236	6187	13423
	% Tipo de inteligencia	53,9%	46,1%	100,0%
	% Género	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla N° 5: Distribución de estudiantes evaluados por tipo de inteligencia según área vocacional.

Tipo de Inteligencia		Área									Total
		Artíst.	Cálculo	Cs. Biológ.	Cs. Físicas	Liter.	Musical	Org. Burocr.	Persuas.	Serv. Soc. Humanit.	
Humanista	Evaluados	51	61	103	262	54	34	38	32	45	680
	% Intelig.	7,5%	9,0%	15,1%	38,5%	7,9%	5,0%	5,6%	4,7%	6,6%	100,0%
	% Área	5,6%	5,5%	4,6%	5,7%	4,8%	4,3%	5,2%	5,3%	4,0%	5,1%
Interpersonal	Evaluados	72	109	182	289	68	54	55	52	117	998
	% Intelig.	7,2%	10,9%	18,0%	29,0%	6,8%	5,4%	5,5%	5,2%	11,7%	100,0%
	% Área	7,9%	9,8%	8,2%	6,3%	6,0%	6,8%	7,5%	8,7%	10,3%	7,6%
Intrapersonal	Evaluados	140	177	379	617	194	109	133	117	218	2084
	% Intelig.	6,7%	8,5%	18,2%	29,6%	9,3%	5,2%	6,4%	5,6%	10,5%	100,0%
	% Área	15,4%	15,9%	17,1%	13,5%	17,1%	13,7%	18,0%	19,5%	19,3%	15,8%
Kinestésica	Evaluados	106	93	229	471	128	77	61	51	115	1331
	% Intelig.	8,0%	7,0%	17,2%	35,4%	9,6%	5,8%	4,6%	3,8%	8,6%	100,0%
	% Área	11,6%	8,3%	10,3%	10,3%	11,3%	9,7%	8,3%	8,5%	10,2%	10,1%
Lógico - matemática	Evaluados	109	170	265	822	140	88	102	76	94	1866
	% Intelig.	5,8%	9,1%	14,2%	44,1%	7,5%	4,7%	5,5%	4,1%	5,0%	100,0%
	% Área	12,0%	15,2%	11,9%	18,0%	12,3%	11,0%	13,8%	12,6%	8,3%	14,1%
Musical o rítmica	Evaluados	133	133	273	504	151	188	95	70	172	1719
	% Intelig.	7,7%	7,7%	15,9%	29,3%	8,8%	10,9%	5,5%	4,1%	10,0%	100,0%
	% Área	14,6%	11,9%	12,3%	11,1%	13,3%	23,6%	12,9%	11,6%	15,2%	13,0%
Naturalista	Evaluados	127	144	348	614	166	94	110	66	144	1813
	% Intelig.	7,0%	7,9%	19,2%	33,9%	9,2%	5,2%	6,1%	3,6%	7,9%	100,0%
	% Área	13,9%	12,9%	15,7%	13,5%	14,6%	11,8%	14,9%	11,0%	12,7%	13,7%
Religiosa y espiritual	Evaluados	30	54	99	211	42	32	34	22	37	561
	% Intelig.	5,3%	9,6%	17,6%	37,6%	7,5%	5,7%	6,1%	3,9%	6,6%	100,0%
	% Área	3,3%	4,8%	4,5%	4,6%	3,7%	4,0%	4,6%	3,7%	3,3%	4,2%
Sexual	Evaluados	1	4	6	7	1	0	4	0	0	23
	% Intelig.	4,3%	17,4%	26,1%	30,4%	4,3%	,0%	17,4%	,0%	,0%	100,0%
	% Área	,1%	,4%	,3%	,2%	,1%	,0%	,5%	,0%	,0%	,2%
Verbal - lingüística	Evaluados	90	106	221	435	111	72	68	78	124	1305
	% Intelig.	6,9%	8,1%	16,9%	33,3%	8,5%	5,5%	5,2%	6,0%	9,5%	100,0%
	% Área	9,9%	9,5%	9,9%	9,5%	9,8%	9,0%	9,2%	13,0%	11,0%	9,9%
Visual - espacial	Evaluados	53	65	117	328	80	49	37	37	65	831
	% Intelig.	6,4%	7,8%	14,1%	39,5%	9,6%	5,9%	4,5%	4,5%	7,8%	100,0%
	% Área	5,8%	5,8%	5,3%	7,2%	7,0%	6,1%	5,0%	6,2%	5,7%	6,3%
Total	Evaluados	912	1116	2222	4560	1135	797	737	601	1131	13211
	% Intelig.	6,9%	8,4%	16,8%	34,5%	8,6%	6,0%	5,6%	4,5%	8,6%	100,0%
	% Área	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Los que quieren dedicarse al área persuasiva (Ciencias de la Comunicación, Derecho, Diplomacia) desarrollan con mayor énfasis las inteligencias intrapersonal (19,5%), verbal-lingüística (13%) y lógico-matemática (12,6%); y los que gustan del área de servicio social humanitaria (Psicología, Trabajo Social, Pedagogía), reflejan inteligencias intrapersonal (19,3%), musical o rítmica (15,2) y naturalista o ecológica (12,7%) (Tabla N°5).

De acuerdo con la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado, existe el 1% de significancia en la relación entre el área vocacional y las inteligencias múltiples, el género y el tipo de colegio (estatal/particular). También podemos determinar que hay relación entre las inteligencias múltiples y los tipos de colegios (estatal/particular) y el género de los alumnos del cuarto y quinto de educación secundaria.

## DISCUSIÓN

Elegir una carrera profesional en los jóvenes implica experimentar diversas experiencias personales, familiares, sociales y académicas en medio de un proceso complejo (1) y constante con la finalidad de decidir y optar un estilo de vida. Para esto será importante identificar y reconocer las distintas habilidades que los jóvenes han desarrollado y reforzado en su entorno desde épocas tempranas (2). Precisamente Gardner, en su teoría de las inteligencias múltiples asume a la inteligencia como la capacidad de afrontar situaciones problemáticas e incluso permite crear productos valiosos, los cuales son útiles para un contexto cultural (17). Este marco teórico, ha sido útil para nuestra investigación desarrollada en los alumnos del cuarto y quinto de educación secundaria de los colegios estatales y particulares, donde podemos evidenciar la existencia de diversos estilos y formas de confrontar situaciones.

De acuerdo con los resultados de la

investigación, determinamos que los alumnos de colegios estatales han desarrollado la inteligencia intrapersonal (16,2%), mientras que los alumnos de colegios particulares, la inteligencia lógico matemático (18,9%). Este caso puede obedecer a que los jóvenes estén influenciados y reforzados por el medio donde se encuentran. También es importante que los alumnos reconozcan e integren sus diversos estilos de inteligencias para contar con mayores recursos al momento de resolver situaciones problemáticas en su futura formación profesional y de este modo puedan prevenirse deserciones y frustraciones académicas (3). De modo que puedan ir construyendo y fortaleciendo un conjunto de habilidades que materialicen sus estilos de inteligencias y les permitan desempeñarse en su contexto profesional.

Afirmamos que lo más importante en la elección de una carrera profesional será reconocer la peculiaridad de los jóvenes en cuanto a su constitución intrínseca (personalidad y género) (15). Esta peculiaridad encontramos en la presente investigación puesto que los varones presentan mayor interés por carreras profesionales relacionadas con las ciencias físicas (42,8%) y mayor desarrollo en la inteligencia lógico-matemática (21,3%); mientras que las mujeres presentan mayor interés por carreras profesionales relacionadas con las ciencias biológicas (18,2%) y mayor desarrollo en la inteligencia intrapersonal (18,9%). Entonces advertimos que la individualidad promueve en los jóvenes la utilización de recursos psicológicos, los cuales son importantes para que logren identificar, desarrollar y direccionar sus estrategias personales, de modo que sean útiles y permitan dar mayor consistencia a su perfil profesional futuro (16).

Reconocemos que los jóvenes podrán desempeñarse en un contexto laboral exigente que implicará un estilo de vida (4); siempre y cuando logren poner en práctica sus diversas formas de aprendizaje (5). Por esta razón, es importante que la elección de carreras profesionales guarde relación con

las inteligencias desarrolladas y reforzadas en el tiempo en el entorno familiar, social y académico, de tal modo que permitan direccionar una mejor decisión al momento de elegir una carrera durante los procesos de orientación vocacional y profesional.

Así, podemos decir que los jóvenes que eligen carreras relacionadas con el área de ciencias físicas (Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sistemas e Informática, Ingeniería de Minas, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Industrial) requieren de la inteligencia lógico-matemática; y los que eligen carreras relacionadas con el área persuasiva (Ciencias de la Comunicación, Derecho, Diplomacia) y el área de servicio social humanitaria (Psicología, Trabajo Social, Pedagogía), necesitan de la inteligencia musical para su futuro desempeño.

Advertimos, entonces, que existe la necesidad de identificar y promover distintas inteligencias en los jóvenes, pero focalizándolas en aquellas que son comunes a todas las carreras profesionales. En este sentido encontramos en los resultados que todas las carreras de las distintas áreas tienden a desarrollar habilidades direccionadas al razonamiento y resolución de problemas (inteligencia lógico-matemática, 14,1%), a distinguir y utilizar elementos de su entorno (inteligencia naturalista, 13,7%), y a identificar, asociar y distinguir los estímulos perceptuales del medio (inteligencia musical, 13%).

A pesar de que los jóvenes deben desarrollar sus inteligencias múltiples de acuerdo con su carrera profesional, no obstante también deben tener un buen autoconcepto y autoconocimiento (19), para que puedan percibir una imagen de veracidad y precisión de sí mismos, de modo tal que puedan adecuarse a la realidad en sus decisiones vocacionales. En tal sentido la investigación muestra que los jóvenes tienen ese potencial, lo que es positivo porque podrían adecuar sus decisiones al contexto situacional, inteligencia intrapersonal (15,8%). Para el conocimiento

de sí mismos se sugiere tomar en cuenta la estructura de las cuatro dimensiones humanas (12), biológico, emocional, social y cognitivo, ya que permite trabajar las diversas inteligencias múltiples (8) y promover el equilibrio de la personalidad (11), la direccionalidad de su identidad (10) y la orientación de las necesidades personales e intereses vocacionales de los jóvenes; los cuales son importantes para darles consistencia al perfil profesional y laboral (13).

Asimismo, se deben considerar aquellas inteligencias que no logran desarrollarse con facilidad, ya que dentro del contexto socioeconómico actual los jóvenes reciben un cúmulo de estímulos que no les permite dar consistencia a sus decisiones, actitudes, valores y habilidades (9), factores que deben reforzarse para que puedan tener sostenibilidad en el futuro (6). Es por esto último que los orientadores y las familias deben asumir un rol protagónico en el proceso vocacional (7), convirtiéndose en ejes vitales, y a través de estos protagonistas, se articulen y soporten las reales decisiones de los jóvenes.

Dicho lo anterior, podemos remitirnos a nuestra investigación y observar que la inteligencia espiritual (4,3%) y la inteligencia sexual (0,2%) se hayan disminuidas, lo que es preocupante porque son inteligencias necesarias, útiles y aplicables en todas las carreras profesionales. Estas inteligencias permitirán a los jóvenes tener una valoración real de sus roles (inteligencia sexual) y la aplicabilidad de valores que le den significado a su futuro desempeño profesional, así como mayor consistencia a la vocación profesional. Siguiendo a Lemos y Thomas (15), Noronha (10), Godoy (18), Ríos (1) y Aisenson (5), debemos replantearnos, por lo tanto, las estrategias de identificación y desarrollo de habilidades de los jóvenes que están decidiendo su futuro profesional y estilo de vida. No solo debemos aplicar cuestionarios vocacionales, porque éstos solo miden gustos y preferencias a nivel cognitivo.

En tal sentido podemos tomar como

dirección de ruta aquellas prácticas y experiencias, que estos autores han planteado y experimentado, para que los orientadores y las familias asuman un rol de acompañamiento real en los procesos de orientación vocacional (21); y de este modo, puedan lograr identificar, matizar y desarrollar las diversas habilidades y estilos de aprendizaje con las que cuentan los jóvenes. Por supuesto que ello debe estar sustentado en una metodología pedagógica y psicológica a nivel individual y grupal (22), que permita potenciar y abrir espacios de investigación e implementación de programas educativos tanto en la enseñanza básica como a nivel superior.

De este modo podremos cambiar el paradigma de los procesos de orientación vocacional y profesional, para dirigirlos a un escenario de habilidades y competencias que permitan promover una vocación real, una mejor adaptabilidad a la realidad y sobre todo la demostración de valores, aspectos que son una necesidad y exigencia en las diversas áreas profesionales y en el competitivo mercado laboral.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ríos V. Estilos de personalidad en los procesos de orientación vocacional en alumnos del cuarto y quinto grado de secundaria: Apuntes de Ciencia & Sociedad. Universidad Continental. 2011; 1(1): 3 – 8.
2. De los Santos M. Efectos de un programa tutorial en la elección ocupacional. Chiclayo: Publicaciones: Poemario; 2006.
3. Vicuña L. Elaboración del inventario de intereses vocacionales para carreras técnicas y de oficio. Revista de investigación en psicología. 2002; 5(1): 15-19.
4. Ríos V, Supo L. Influencia de los hábitos de estudio en la elección de carreras profesionales en alumnos del cuarto y quinto grado de secundaria: Apuntes de Ciencia & Sociedad. Universidad Continental. 2011; 1(2): 92-99.
5. Aisenson D, et al. Aprendizaje, sujetos y escenarios. Buenos Aires: Novedades Educativas; 2007.
6. De León T, et al. La orientación vocacional y la modificación del criterio de pre elección de carrera técnica. México DF: Educere; 2005.
7. Cano MA. Motivación y elección de carrera, Revista Mexicana de Orientación Educativa. 2008; 5 (13): 6-9.
8. Castro C, Egaña V. Adolescentes y elección de carrera profesional: Factores que influyen en la decisión. Santiago de Chile: Colectivo latinoamericano de jóvenes; 2009.
9. Frisancho A. La orientación vocacional en los colegios públicos y privados de Lima. Revista de Psicología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2006; 9(1):23-35.
10. Noronha A, et al. Las correlaciones entre los intereses vocacionales y de inteligencia en los adolescentes. São Paulo: Universidad de San Francisco. 2009; 11(2):114-128.
11. Josemberg M, et al. El proceso de orientación profesional antes de que

- el siglo XXI: perspectivas y desafíos. Brasilia. Universidad federal de paraíba; 2002.
12. Ríos V. Entrenamiento y Desarrollo de habilidades en las organizaciones. Huancayo: Fondo Editorial Continental; 2009.
  13. Rehbein L, Martínez G, Rose I, Gloria C. Los estilos epistémicos y tipos de personalidad como factores asociados a la elección de carrera: Revista de Pedagogía. Universidad Central de Venezuela. 2009; 30(86):115-134.
  14. Valdés V. Orientación profesional. México: Pearson educación; 2004.
  15. Aisenson D, Figari C, et al. Orientación vocacional: Proyectos de vida, adquisición de recursos personales y trabajo. Ensayos y experiencias Colección psicología y educación. Novedades Educativas. Buenos Aires: Tomo n° 28. 1999.
  16. Ramos M, Delgado G, Barrenechea O. Orientación Educativa en la Escuela: Perspectivas para la psicología en el Perú: Revista peruana de Psicología. Colegio de Psicólogos del Perú. 2007; 1(1): 66-74.
  17. Gardner H. Frames of mind: the theory of multiple intelligences. Basic Books. New York; 1983.
  18. Godoy S, et al. Los instrumentos de la inteligencia y el interés en la orientación profesional. Sao Paulo; Universidad de San Francisco; 2008.
  19. Schmidt A. Autoconcepto y motivaciones vocacionales en estudiantes de primer año de carreras de Humanidades y Ciencias Exactas. Paraná. Universidad Católica de Argentina; 2010.
  20. Noronha A, Matteo A, Rodolfo A. Orientación profesional: análisis de la producción científica. Itatiba. Universidad de San Francisco. 2006; 11 (1): 75-84.
  21. Gan F, Soto R. Carrera profesional: claves, competencias y vitaminas. España. Ediciones Díaz de Santos; 2007.
  22. Machado L. Retos actuales de la educación técnico profesionales. Orientación profesional. España. Santillana; 2012.

# Neurobiología de la memoria y procesos neuroquímicos implicados

## Neurobiology of memory and neurochemical processes involved

Marilia Baquerizo Sedano<sup>1</sup>, Jhonatan Astucuri Hidalgo<sup>2</sup>  
Universidad Peruana Cayetano Heredia

### INTRODUCCIÓN

Desde el paradigma de la evolución, el aprendizaje y la memoria actúan como medio principal de adaptación de los seres vivos a las modificaciones inciertas del medio ambiente (1), he ahí su importancia. Ambos procesos tienen una relación íntima y a decir verdad, no es posible distinguirlos dentro del circuito neuronal (2). Se asume, sin embargo, con fines académicos, que el aprendizaje es el proceso de adquisición de información y la memoria se refiere a la codificación, almacenamiento y recuperación de esa información aprendida (3). Así también se entiende que el aprendizaje es un cambio relativamente permanente en el sistema nervioso que resulta de la experiencia y que origina a su vez cambios duraderos en la conducta de los organismos; y en contraparte, la memoria es el fenómeno inferido generalmente a partir de esos cambios, que da a nuestras vidas un sentido de continuidad (4).

Dicho sentido de continuidad define nuestra identidad y permite que la información retenida acerca de las experiencias pasadas condicionen las conductas futuras (5). Pero esta información almacenada en el sistema nervioso, no suele formarse de un modo instantáneo y sigue un proceso de formación que incluye al menos dos estadios o etapas subsecuentes: la memoria a corto y largo plazo (1). Es imprescindible hablar un poco de ellas.

La memoria de corto plazo almacena una



Marilia Baquerizo

malubaq@gmail.com

cantidad limitada de información durante un corto periodo de tiempo. Es una memoria inmediata, frágil y transitoria, que se da para los estímulos recientemente percibidos y que resulta bastante vulnerable a cualquier tipo de interferencias (4). Al marcar en el teléfono un número que acabamos de ver en la agenda, no podemos atender más que esa serie de dígitos, sin riesgo de olvidarlos. No obstante, después de hacer uso del número, lo más probable es que lo olvidemos. ¿Cuál es el soporte físico de ese recuerdo? ¿Qué cambios a nivel cerebral lo constituyen?

Por su parte, la memoria a largo plazo almacena una

<sup>1</sup> Bach. en Ciencias de la Comunicación, Universidad Nacional del Centro del Perú; Bach. en Psicología, Universidad Continental; pasante en el Laboratorio de Neurociencia y Comportamiento, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

<sup>2</sup> Estudiante de Psicología, Universidad Continental; terapeuta, Instituto Gestalt de Lima, Perú.

gran cantidad de información durante un tiempo indefinido. Para diferenciarla de la memoria a corto plazo, se la puede caracterizar como estable, duradera y muy poco vulnerable a las interferencias (4). Es gracias a este tipo de memoria que podemos saber quiénes somos y recordar dónde vivimos, cómo fue nuestra vida pasada, qué conocimientos adquirimos en nuestra preparación universitaria, etc. ¿Cómo es que éste tipo de información se almacena durante mucho tiempo en nuestro cerebro? ¿Qué procesos neuronales constituyen ese almacenamiento?

En lo que sigue, se intentará responder a éstas preguntas a partir de una revisión básica del conocimiento científico validado hasta el momento y se describirá con más detalle cómo es que el cerebro, especialmente a través de los mecanismos celulares, alberga un fenómeno humano tan complejo como la memoria.

### La materia de la memoria

Si el número de teléfono, utilizando el ejemplo antes tratado, es de una persona importante para nosotros, a la cual llamamos regularmente, con seguridad lo recordaremos por más tiempo. Ello, porque la carga afectiva y la repetición del estímulo facilitan la reducción del umbral en la neurona, que permite la llegada al núcleo de una cascada de señalización, lo que produce moléculas encargadas de mediar el cambio en la eficacia de las conexiones sinápticas, el crecimiento de nuevas sinapsis o el reforzamiento de las existentes (1).

Dicho de otra forma, la memoria a corto plazo o retención consciente de una información durante un tiempo breve se basa en cambios efímeros, eléctricos o moleculares, en las redes neurales implicadas. Pero, si como consecuencia de la repetición de la experiencia tales cambios persisten, pueden activar la maquinaria anteriormente descrita y dar lugar a síntesis de nuevas proteínas y cambios estructurales. Un diálogo, en definitiva, entre genes y sinapsis (6) denominado

proceso de consolidación de la memoria. El resultado es el establecimiento de una memoria a largo plazo basada en cambios estructurales persistentes, como las nuevas espinas dendríticas (7).

Estos cambios se entienden dentro de la denominada plasticidad sináptica que el psicobiólogo canadiense Donald Hebb concibe como: capacidad para modular o cambiar la fuerza de las conexiones entre neuronas, capacidad para cambiar las propiedades y funciones de circuitos neuronales en respuesta a estímulos externos y a la experiencia previa (5). El término, que engloba la realización de varios fenómenos moleculares, permite encontrar respuestas o por lo menos ensayar hipótesis cuando nos preguntamos de qué están hechos los recuerdos.

En 1894, durante una conferencia en la Royal Society, Santiago Ramón y Cajal, padre de la neurociencia moderna y Premio Nobel en Medicina y Fisiología en 1906, enunció una frase que permitiría en nuestros tiempos darle el sustrato celular a la memoria. "El ejercicio mental facilita un mayor desarrollo de las estructuras nerviosas en las partes del cerebro en uso. Así, las conexiones preexistentes entre grupos de células podrían ser reforzadas por la multiplicación de terminales nerviosas..." (5). Casi cincuenta años después, en 1949, Donald Hebb dio una definición más formal de Plasticidad sináptica (antes referida) que textualmente dice en forma de postulado: "Cuando el axón de la célula A excita la célula B, y repetidamente o persistentemente interviene en su activación, algún tipo de crecimiento o cambio metabólico tiene lugar en una o ambas células, de suerte que la eficacia de A como una de las células estimuladoras de B, aumenta" (8).

Es todavía en 1966, que dicho postulado se demostró experimentalmente por primera vez. El noruego Terje Lomo observó que breves trenes de estímulos incrementaban la eficacia de la transmisión en las sinapsis entre la vía perforante y las células granulares de la circunvolución dentada del hipocampo, en conejos anestesiados.

Unos años después, en 1973 y en el mismo laboratorio, Lomo y el británico Timothy Bliss, descubrieron que una estimulación de frecuencia moderadamente alta en la misma vía producía incrementos estables y duraderos de la respuesta postsináptica, lo que se llamó potenciación a largo plazo (LTP, por sus siglas en inglés) (9, 10).

La LTP, que puede definirse como el fenómeno resultante de las alteraciones bioquímicas que causan modificaciones plásticas duraderas, se puede observar en diversas sinapsis por todo el sistema nervioso central, y su acción puede prolongarse durante horas, días o semanas. Algunos trabajos actuales sobre iniciación y mantenimiento de la plasticidad sináptica en el hipocampo muestran como la LTP, artificialmente inducida, produce cambios morfológicos en las espinas dendríticas que podrían constituir la base estructural de la memoria (4,11).

Eric Kandel y su grupo de investigación, al estimular las neuronas del conocido caracol marino *Aplysia*, también dio cuenta del fenómeno LTP, que él denominó Facilitación a largo plazo –LTF (por sus siglas en inglés). Tanto el LTP como el LTF, parten de la idea de Hebb sobre Plasticidad sináptica, y dan a entender que se dan por la estimulación eléctrica a alta frecuencia de un axón y la siguiente cascada de señalización intracelular hacia el núcleo que tras olas de expresión génica generan cambios a nivel funcional y estructural de la neurona postsináptica (12).

A descripción detallada, pero simplificada, el proceso que acompaña al LTP es el siguiente. En milisegundos, en el marco de una sinapsis, la activación pertinente da lugar a una liberación de glutamato (principal neurotransmisor excitador) desde la neurona presináptica que activa receptores AMPA (alfa-amino-3-hidroxy-5-metil-4-isoxazole propionic acid, principal receptor ionotrópico del glutamato) y, en unos segundos más, la despolarización postsináptica lograda en el área, libera a los canales de los receptores de coincidencia asociativa NMDA (N-metil-D-

aspartato, principal receptor metabotrópico del glutamato) de los iones  $Mg^{2+}$  que los bloquean, lo cual permite un gran influjo postsináptico de  $Ca^{2+}$  a través de los canales de esos receptores y de otros ligados a receptores de glutamato dependientes de voltaje.

Todo ello, a su vez, origina la activación de cinasas (enzimas) que, modulando determinados sustratos, por un lado, inducen cambios en el citoesqueleto de la neurona en el plazo de minutos y, por otro, activan factores de transcripción de ARNm y síntesis de proteínas receptoras AMPA, las cuales migran hacia los lugares modificados y, en el plazo de horas, se insertan en la membrana y contribuyen a la estabilización de los cambios habidos en el citoesqueleto de la neurona postsináptica. En todo este proceso, es preciso prestar atención a la rapidez (sólo minutos) con la que el aprendizaje es capaz de producir cambios morfológicos en el sistema nervioso (13,1).

Aunque se sabe que los diversos sistemas de memoria (implícita, explícita y de trabajo) requieren la participación de diferentes circuitos neuronales y se localizan en distintas regiones del cerebro; las investigaciones sobre LTP se centran en la región del hipocampo, dada su estructura y organización simples (14), y porque en la actualidad, especialmente gracias a las investigaciones de Brenda Milner, se sabe que el hipocampo en particular y el lóbulo temporal en general, son componentes imprescindibles para la adquisición de nuevos recuerdos de tipo explícito o declarativo, tanto en humanos como en otros mamíferos (5).

Llegar a encontrar el posible sustrato de la memoria explícita no ha sido fácil. Kart Lashley, a principios del siglo XX, realizó numerosos estudios en cerebros de ratas con el objetivo de responder dónde se encuentran los recuerdos, y tras sus estudios concluyó que “ la memoria, una vez formada, no reside en ninguna área concreta del cerebro, sino que su magnitud se halla, en cierto modo, condicionada con la cantidad de tejido intacto”. (15)

A partir de ese momento, se ha probado mediante varias técnicas quirúrgicas, farmacológicas y de neuroimagen, que en el cerebro la memoria no está totalmente localizada ni deslocalizada, sino que se constituye en varios conglomerados de circuitos especializados en diversas áreas correspondientes a las distintas funciones cerebrales y los tipos de memoria. Así, los procesos de plasticidad sináptica en la amígdala controlan nuestras respuestas emocionales; y procesos plásticos en el estriado regulan procesos adictivos y algunas formas de aprendizaje procedimental. Por otro lado, las conexiones en la corteza cerebral parecen ser especialmente plásticas, pues el entrenamiento en una nueva habilidad motora provoca un aumento de la áreas de la corteza motora correspondientes; y la estimulación repetida de unos receptores sensoriales da lugar a una expansión progresiva del área de la corteza que responde a la estimulación de esos receptores (5).

## CONCLUSIONES

La memoria es un fenómeno íntimamente relacionado con el aprendizaje, que supone un cambio a nivel comportamental, cognitivo y neuronal. Su proceso de formación incluye al menos dos estadios o etapas subsecuentes: la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo.

La diferencia clave entre estos dos estadios yace en la persistencia del cambio que producen sobre las conexiones sinápticas. Los conceptos de plasticidad sináptica y potenciación a largo plazo – LTP, explican el soporte neuroquímico de la memoria. Sobre ellos se infiere que el cerebro y sus conexiones cambian anatómicamente y funcionalmente como producto de la experiencia.

Desde la neurobiología se sabe que en el cerebro la memoria no está totalmente localizada ni deslocalizada, sino que se constituye en varios conglomerados

de circuitos especializados en diversas áreas correspondientes a las distintas funciones cerebrales y los tipos o sistemas de memoria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morgado I. Psicobiología del aprendizaje y la memoria. CIC, Cuadernos de Información y Comunicación. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2005. pp. 221-233.
2. Poolton JM, Masters RS, Maxwell JP. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Hum Mov Sci.* 2005; 24: 362-78.
3. Purves D. y cols. Neurociencia. americana. 3era edición. Editorial Médica Pana. Madrid; 2007.
4. Morgado I. Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes. *Rev Neurol.* 2005 40(5): 289-297.
5. Barco A. La materia de los recuerdos curcitos neuronales y cascadas moleculares. *Rev Mente y Cerebro.* 2010: 40.
6. Kandel E. The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science*, vol. 294, págs. 1030-1038; 2001.
7. Engert F, Bonhoeffer. Dendritic spine change associated with hippocampal long-term synaptic plasticity. *Nature.* 1999; 399: 66-70.
8. Hebb D. Organización de la conducta. 1985. Tomás del Amo Martín, Trad. Madrid: Debate. (Trabajo original publicado en 1949, *The organization of behavior: A neuropsychological theory.* New York: Wiley).
9. Bliss TV, Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J Physiol.* 1973; 232(2):331-356.
10. Lomo T. The discovery of long-term potentiation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2003; 358(1432): 617-620.
11. O'Keefe, John & Nadel, Lynn. *The hippocampus as a cognitive map.* Oxford University Press; 1978.
12. Kandel E., Schwartz J., Jessel T. *Principios de Neurociencia.* cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill; 2001. p. 1227-1247.
13. Lamprecht R, LeDoux J. Structural plasticity and memory. *Nat Rev Neurosci* 2004; 5( ) 45-54.
14. Squire L, Kandel E. *Memory: from mind to molecules.* Owl Books, 2000.
15. Kandel E. *En busca de la memoria: el nacimiento de una nueva ciencia de la mente.* Katz editores. 2007.

# Cambio climático en el Perú: logro de compromisos al 2012

## Climatic change in Perú: achievement of commitments at 2012

Wilfredo Bulege Gutiérrez<sup>1</sup>  
Universidad Continental

### INTRODUCCIÓN

Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el término "cambio climático" denota todo cambio del clima en el transcurso del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar.

Observaciones efectuadas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian que numerosos sistemas naturales están siendo afectados por cambios del clima regional, particularmente por un aumento de la temperatura.

La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático.

Las emisiones mundiales de GEI provocadas por las actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el GEI antropógeno más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004.



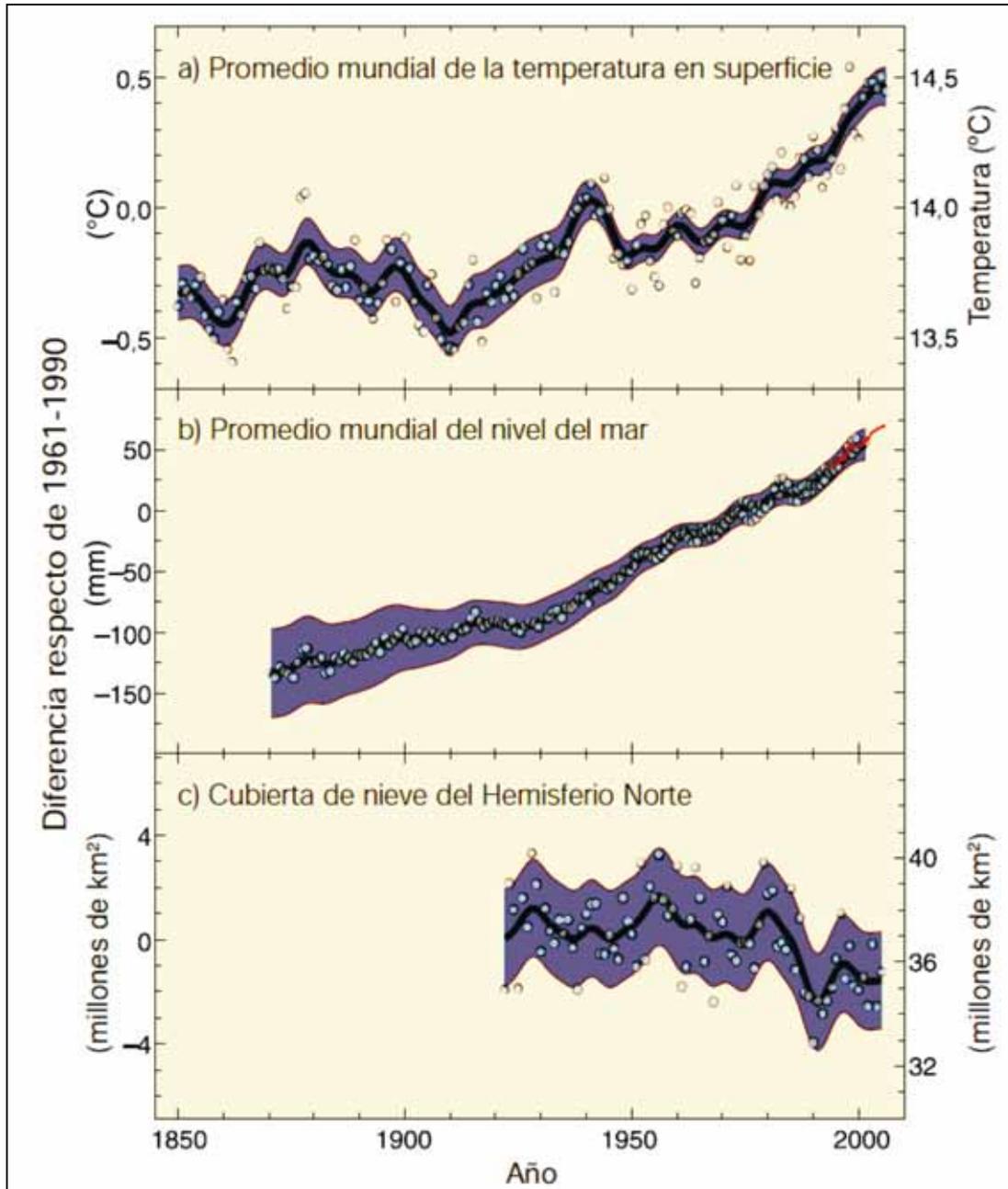
Wilfredo Bulege

wbulege@continental.edu.pe

Las concentraciones atmosféricas mundiales de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios.

El aumento de la concentración mundial de CO<sub>2</sub> obedece principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra. Es muy probable que el aumento observado de la concentración de CH<sub>4</sub> se deba predominantemente

<sup>1</sup> Lic. en Pedagogía y Humanidades; Mg. en Administración; candidato a doctor en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible; docente y director de Investigación de la Universidad Continental; miembro del Grupo Técnico de Cambio Climático y del Consejo Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la región Junín, Perú.



Fuente: Cuarto informe de evaluación del IPCC, 2007.

a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil. El aumento de metano ha sido menos rápido desde comienzos de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (como suma de fuentes antropógenas y naturales), que han sido casi constantes durante ese período. El aumento de la concentración de  $N_2O$  procede principalmente de la agricultura.

La mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado de las concentraciones de GEI antropógenos.

Las pautas de calentamiento observadas y su variación han sido simuladas únicamente mediante modelos que contemplan forzamientos antropógenos. Sigue habiendo dificultades para simular y atribuir los cambios de temperatura observados a escalas inferiores a la continental.

Una atribución más completa de causas de las respuestas observadas en los sistemas naturales al calentamiento antropógeno no es por el momento posible debido a la brevedad de las escalas temporales contempladas en numerosos estudios de impacto, a la mayor variabilidad natural del clima a escala regional, a la contribución de factores no climáticos, y a la limitada cobertura espacial de los estudios.

### **El cambio climático proyectado y sus impactos**

Hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios.

El Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones proyecta un aumento de las emisiones mundiales de GEI entre 25% y 90%  $CO_2$  equivalente ( $CO_2$  eq) en el período 2000 y 2030,

suponiendo que los combustibles de origen fósil mantengan su posición dominante en el conjunto mundial de fuentes de energía hasta 2030 como mínimo. Otros escenarios más recientes, que no contemplan medidas de mitigación de las emisiones adicionales, arrojan resultados similares.

De proseguir las emisiones de GEI a una tasa igual o superior a la actual, el calentamiento aumentaría y el sistema climático mundial experimentaría durante el siglo XXI numerosos cambios, muy probablemente mayores que los observados durante el siglo XX.

Para los dos próximos decenios las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente  $0,2^{\circ}C$  por decenio para toda una serie de escenarios de emisiones IEE. Aunque se hubieran mantenido constantes las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y aerosoles en los niveles de 2000, cabría esperar un ulterior calentamiento de aproximadamente  $0,1^{\circ}C$  por decenio. A partir de ese punto, las proyecciones de temperatura dependen cada vez más de los escenarios de emisión.

El grado de confianza actual es superior al del Tercer Informe de Evaluación (TIE) respecto a las pautas proyectadas del calentamiento y de otros aspectos de escala regional, como la alteración de las pautas de viento o de la precipitación, y ciertos aspectos de los valores extremos y de los hielos marinos.

Los cambios a escala regional abarcan:

- Un calentamiento máximo sobre tierra firme y en la mayoría de las latitudes septentrionales altas, y mínimo sobre el océano austral y partes del Atlántico Norte, como continuación de recientes tendencias observadas.
- La contracción de la superficie de las cubiertas de nieve, en la mayor profundidad de deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost, y en la menor extensión de los hielos marinos; en algunas proyecciones basadas en

escenarios IEEA, los hielos marinos de la región ártica desaparecerían casi completamente al final de los veranos en los últimos años del siglo XXI.

- Muy probablemente aumentará la frecuencia de los valores extremos cálidos, de las olas de calor y de las precipitaciones intensas.
- Probablemente aumentará la intensidad de los ciclones tropicales; menor confianza en que disminuya el número de ciclones tropicales en términos mundiales.
- Desplazamiento hacia los polos de las trayectorias de las tempestades extratropicales, con los consiguientes cambios de las pautas de viento, precipitación y temperatura.
- Muy probablemente aumentarán las precipitaciones en latitudes altas, y probablemente disminuirán en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales, como continuación de las tendencias recientemente observadas.

Con un grado de confianza alto las proyecciones indican que, hacia mediados del siglo, la escorrentía fluvial anual y la disponibilidad de agua aumentarán en latitudes altas (y en ciertas áreas lluviosas tropicales) y disminuirán en algunas regiones secas en latitudes medias y en los trópicos. También con un grado de confianza alto, numerosas áreas semiáridas (por ejemplo, la cuenca mediterránea, el oeste de los Estados Unidos, el sur de África y el nordeste de Brasil) experimentarán una disminución de sus recursos hídricos por efecto del cambio climático.

La alteración de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, sumada al aumento del nivel del mar, provocarán previsibles efectos extremadamente adversos sobre los sistemas naturales y humanos.

El calentamiento antropógeno y el aumento del nivel del mar proseguirán durante

siglos debido a la magnitud de las escalas de tiempo asociadas a los procesos y retroefectos climáticos, incluso aunque se estabilizasen las concentraciones de GEI.

Según las proyecciones, la contracción del manto de hielo de Groenlandia seguirá contribuyendo al aumento del nivel del mar después de 2100. Los modelos actuales sugieren una desaparición prácticamente total del manto de hielo de Groenlandia y, por consiguiente, una aportación al aumento del nivel del mar de unos 7 m si el promedio del calentamiento mundial subsistiese durante milenios por encima de entre 1,9 y 4,6°C respecto de los valores preindustriales.

Los estudios actuales basados en modelos mundiales predicen que el manto de hielo antártico seguirá demasiado frío para experimentar una fusión superficial profusa, con un aumento de masa por efecto de un mayor volumen de nevadas. Sin embargo, podría producirse una pérdida neta de masa de hielo si la descarga dinámica de hielo fuese un factor predominante en el equilibrio de las masas de los mantos de hielo.

La pérdida parcial del manto de hielo en tierras polares podría implicar un aumento del nivel del mar de varios metros, cambios de gran magnitud en las líneas costeras, e inundaciones en extensiones bajas, y sus efectos serían máximos en los deltas fluviales y en las islas de baja altura. En las proyecciones, tales cambios abarcarían escalas temporales de milenios, aunque no hay que excluir un aumento más rápido del nivel del mar a escalas de tiempo seculares.

El cambio climático producirá probablemente algunos impactos irreversibles. Con un grado de confianza medio, entre el 20% y el 30% aproximadamente de las especies consideradas hasta la fecha estarán probablemente más amenazadas de extinción si el calentamiento promedio mundial aumenta en más de 1,5-2,5 °C (respecto del período 1980-1999). Si el promedio de la temperatura mundial aumentara en más de 3,5 °C, las

proyecciones de los modelos indican que podrían sobrevenir extinciones masivas (entre el 40% y el 70% de las especies estudiadas) en todo el mundo. (1)

### **Medidas de Río + 20 para cambio climático**

En el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible "El futuro que queremos", Resolución 66/288 de Naciones Unidas del 27 de julio de 2012, se manifiesta respecto al cambio climático lo siguiente:

- Reafirmamos que el cambio climático es uno de los mayores problemas de nuestro tiempo y expresamos profunda alarma porque las emisiones de GEI siguen aumentando en todo el mundo. Nos preocupa profundamente que todos los países, en particular los países en desarrollo, sean vulnerables a los efectos adversos del cambio climático y ya estén experimentando mayores efectos, entre ellos sequías persistentes y fenómenos meteorológicos extremos, aumento del nivel del mar, erosión costera y acidificación de los océanos, que amenazan todavía más la seguridad alimentaria y las medidas para erradicar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible. Así pues, ponemos de relieve que la adaptación al cambio climático representa una prioridad mundial inmediata y urgente.
- Recalamos que la naturaleza mundial del cambio climático requiere la cooperación más amplia posible de todos los países y su participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, con miras a acelerar la reducción de las emisiones mundiales de GEI. Recordamos que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático dispone que las partes deben proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades.

- Observamos con grave preocupación el importante desfase que existe entre el efecto agregado de las promesas de mitigación para el año 2020 hechas por las partes en lo que respecta a las emisiones anuales mundiales de gases de efecto invernadero y la trayectoria que deben seguir las emisiones agregadas para que haya una buena probabilidad de mantener el aumento de la temperatura mundial media por debajo de 2°C, o 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales.

Reconocemos la importancia de movilizar financiación de fuentes diversas, públicas y privadas, bilaterales y multilaterales, incluidas las fuentes de financiación innovadoras, para apoyar medidas de mitigación nacionales apropiadas, medidas de adaptación, desarrollo y transferencia de tecnología y creación de capacidad en los países en desarrollo. En este sentido, acogemos con beneplácito la creación del Fondo Verde para el Clima y pedimos que se ponga en funcionamiento lo antes posible para poder establecer rápidamente un proceso de reposición adecuado. (2)

### **Comunicación del Perú respecto al cambio climático al 2010**

El Perú es país parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde 1992 y del Protocolo de Kioto desde 2002, y por tanto se alinea al objetivo de la Convención de "estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y evitar un nivel de interferencia antropógena peligrosa".

A través de su Segunda Comunicación Nacional, el Perú cumple con su compromiso de informar a los países partes sobre sus emisiones y niveles de captura de GEI y sobre las medidas que ha adoptado o prevé adoptar para aplicar la Convención.

### Circunstancias nacionales

El Perú está dividido por la Cordillera de los Andes en tres regiones geográficas: costa, sierra y selva. Es uno de los 10 países megadiversos del mundo, tiene el segundo bosque amazónico más extenso, la cadena montañosa tropical de mayor superficie, 84 de las 104 zonas de vida identificadas en el planeta y 27 de los 32 climas del mundo. De los cuatro cultivos más importantes para la alimentación humana (trigo, arroz, papa y maíz), el Perú es poseedor de alta diversidad genética en los dos últimos. También cuenta con el 71% de los glaciares tropicales del mundo, de suma importancia para el consumo humano, la agricultura, la minería y la generación eléctrica, su retroceso en los últimos 35 años ha dado lugar a un 22% de pérdida de su cobertura. (3)

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) la población del Perú asciende a 30 136 764 habitantes a Junio de 2012 (4). El crecimiento económico experimentado por el país en los últimos años ha permitido mejorar las condiciones de vida, reduciendo sustancialmente las tasas de pobreza y pobreza extrema; el PBI desde el año 2000 ha tenido un crecimiento promedio del 5,1% anual, siendo el 2012 considerada como una de las cinco economías de mejor desempeño en Latinoamérica (5). Esto se debe principalmente al desarrollo de los sectores de minería, hidrocarburos, manufactura, comercio y construcción. Los sectores que más aportan a la estructura productiva peruana son: manufactura, 15,5%; comercio, 15%; y agropecuario, 7%; ocupando el 23,3% de la Población Económicamente Activa nacional y el 65% de la rural. Estos sectores, sin embargo, son dependientes de la coyuntura internacional de precios y de las condiciones nacionales de producción de materias primas, además de ser altamente vulnerables al cambio climático.

Alrededor del 60% de la producción de electricidad en el Perú se basa en centrales hidroeléctricas, y es complementada

por fuentes de generación térmica. Actualmente, la matriz energética muestra una mayor participación del gas natural y del gas licuado, por la relativamente reciente disponibilidad (3).

El Perú tiene un alto potencial forestal. Posee el 13% de los bosques tropicales amazónicos y contiene más de 70 millones de hectáreas de bosques, los que albergan gran diversidad de especies (6). La tasa de deforestación nacional del 2000 al 2005 fue de -0,136%, lo que nos ubica entre los países con menor deforestación de la región; no obstante, entre 1985 y 2005 se ha registrado una superficie deforestada anual constante.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) han sido incorporados como marco general de la política social del país. El crecimiento económico del Perú ha contribuido a avanzar en el ODM 1 ("erradicar la pobreza extrema y el hambre"), sin embargo, no ha influido en la reducción de la desigualdad y la pobreza extrema, que aún es pronunciada en las áreas rurales del país, donde la vulnerabilidad al cambio climático es evidente. Asimismo, en el ODM 7 ("garantizar la sostenibilidad del medio ambiente"), se ha avanzado entre 2004 y 2008 en el marco legal y político. El hito más importante a este respecto es la creación del Ministerio del Ambiente en mayo de 2008. En el ámbito de la mitigación ha habido avances vinculados al crecimiento económico que han derivado en la reducción de emisiones, como el fomento del uso de energías renovables y la promoción de los biocombustibles (3).

### Marco institucional del cambio climático

El Perú cuenta con una Política Nacional del Ambiente aprobada y difundida, que incluye entre sus objetivos la adaptación de la población y sus actividades frente al cambio climático, y el establecimiento de medidas de adaptación orientadas al desarrollo sostenible.

Actualmente el Perú se encuentra en un proceso sostenido de descentralización

y de reasignación de competencias a los gobiernos subnacionales; y en un proceso paralelo de modernización y adecuación normativa del rol central del Estado.

La autoridad ambiental nacional actual en el Perú es el Ministerio del Ambiente (MINAM), que cuenta con una Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos (DGCCDRH), que es el punto focal de la CMNUCC. El MINAM preside la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC), creada desde 1993 y modificada en el 2009.

El siguiente hito normativo es la Ley General del Ambiente, promulgada en 2005. Continuando el proceso de descentralización, en 2002 se aprobó la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales que establece la obligación de formular Estrategias Regionales de Cambio Climático.

La gestión ambiental es compleja por su carácter plurisectorial y por la insuficiente percepción de su importancia en la conciencia ciudadana, y consecuente presencia en la acción gubernamental. El cambio climático se suma a esta gestión, pero trasciende el mero tratamiento ambiental pues afecta a la base nacional de recursos naturales, a la economía y a la sociedad. Consecuentemente, la gestión del

cambio climático es un tema que requiere permanente atención para asegurar su inclusión en los procesos de planificación del desarrollo, previsión financiera, presupuesto fiscal, normas y leyes, creación de nuevos organismos y manejo de recursos naturales (3).

### Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

El inventario de emisiones de GEI es la base de datos que lista por fuentes la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera en un espacio y período determinados. El Inventario Nacional de Emisiones de GEI del año 2000, comprende la estimación de emisiones antropógenas y la absorción por sumideros, de cinco de las seis categorías definidas por el IPCC: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS), y Desechos.

De acuerdo con el Inventario, el total de emisiones/remociones de GEI ha sido de 120 023 CO<sub>2</sub> eq. A su vez, se determinó que las emisiones per cápita ascienden a 2,5 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. por año, y 4,7 si se considera el sector USCUSS.

La principal fuente de emisiones de GEI a nivel nacional es la conversión de bosques y pasturas, atribuida a la deforestación de la

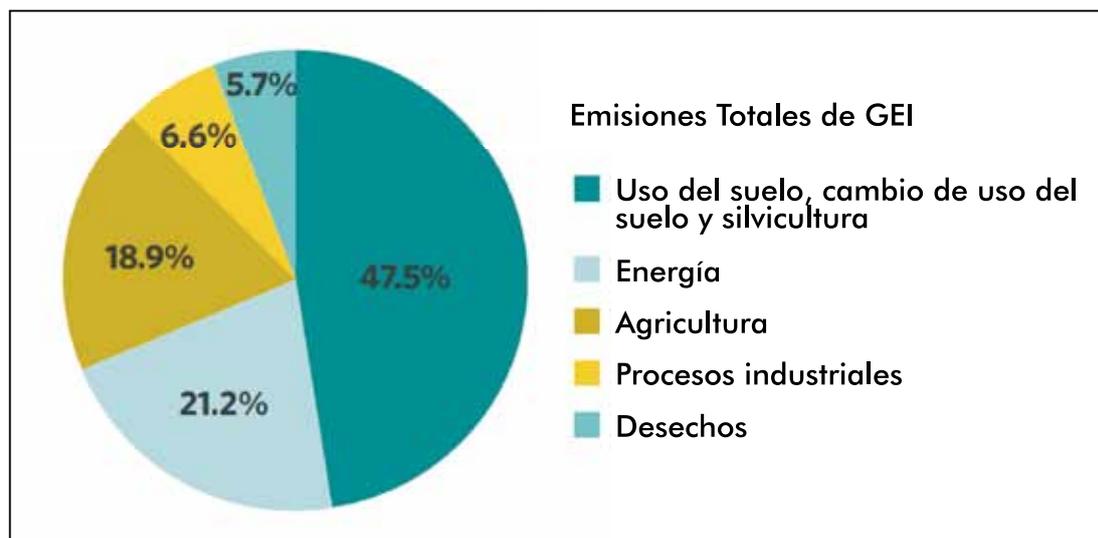


Figura N° 2: Distribución porcentual de las emisiones totales de GEI por categorías.  
Fuente: MINAM, 2009.

Amazonía para cambiar el uso de la tierra con fines agrícolas. La agricultura migratoria y la ganadería son la principal causa directa de la deforestación en el Perú. Otros factores que incrementan la deforestación son el desarrollo urbano, la infraestructura de comunicaciones, la explotación minera y petrolera, y las plantaciones ilegales de coca. Un agravante fundamental es el precario régimen de tenencia de tierras.

La segunda categoría corresponde a Energía, donde la fuente principal es el Transporte. En este caso las emisiones se producen por la baja renovación del parque automotor, malas prácticas de manejo, inadecuada normativa vial, y falta de mantenimiento de los vehículos. Entre los factores que dificultan el cambio de las prácticas que generan emisiones en el sector se encuentran la política de precios de los combustibles, que no favorece a los más limpios; la informalidad; la baja inversión en energías renovables; la insuficiente cobertura del gas natural; y el bajo nivel de conciencia ambiental en la población.

La tercera categoría que contribuye al total nacional de emisiones de GEI está representada por Agricultura, cuya fuente más importante es la fermentación entérica. Debido al poco trabajo de mejoramiento genético y de productividad del ganado, el Perú requiere de mayor cantidad de animales para satisfacer la demanda, y por ende se genera mayor cantidad de emisiones.

Las emisiones aumentaron aproximadamente 21% respecto al año 1994 (98 816 Gg de CO<sub>2</sub> eq), hecho que está relacionado con la evolución demográfica, los cambios económicos y tecnológicos, pero sobre todo al USCUS. Para este mismo período el PBI se incrementó en un porcentaje de 23%, porcentaje similar al del incremento de emisiones.

En las categorías de Energía y Agricultura se proyecta que las emisiones casi se tripliquen en los próximos 40 años; la categoría de procesos industriales muestra un aumento más pronunciado en los primeros 10

años (88%), y un aumento moderado en los siguientes 40 años, pues contempla la incorporación de combustibles más limpios y eficiencia energética.

La categoría USCUS muestra un comportamiento no lineal, mostrando un ligero decrecimiento hacia el 2010 y luego aumentando de modo dramático hacia el 2050. Finalmente en la categoría desechos las emisiones se duplican al 2050.

### Avances de mitigación en cambio climático

La mitigación del cambio climático consiste en reducir o evitar las emisiones de GEI de las fuentes antropógenas que lo causan, o aumentar los sumideros que absorben dichas emisiones.

Durante el último decenio se establecieron normas que promovieron la incorporación de consideraciones ambientales en los sectores productivos, y que indirectamente contribuyeron a la mitigación del cambio climático incentivando, por ejemplo, la diversificación de la matriz energética, la renovación del parque automotor, la mejora de la gestión de residuos sólidos y el desarrollo de proyectos de energías renovables.

En los diferentes sectores económicos se ha impulsando las siguientes iniciativas:

- En el sector energético, se ha introducido incentivos tributarios, para la promoción del uso del gas natural, generación de energía renovable, producción de biocombustibles y eficiencia energética. Sin embargo, la matriz energética primaria se abastece principalmente de petróleo, aun después de la ejecución del proyecto de gas de Camisea. Además, si bien la energía para generación eléctrica tiene un alto componente hidroeléctrico y se tiene la intención de cambiar la matriz hacia fuentes primarias disponibles y energía renovable, la generación térmica se encuentra en aumento debido al incremento de la demanda y a la incidencia del estiaje.

- En el sector transporte, las acciones de mitigación más importantes son los esfuerzos normativos y tributarios para la importación de vehículos nuevos, la construcción de corredores segregados de alta capacidad en Lima, el uso de gas natural, el retiro de vehículos a base de diesel, la imposición de mayores impuestos a vehículos más contaminantes, y la aplicación de inspecciones técnicas vehiculares y sus limitantes a la contaminación.
- En el sector forestal, se ha logrado avances en la institucionalidad y el marco de políticas. Asimismo, se ha venido implementando acciones del sector público central y gobiernos regionales, así como de la sociedad civil, para recuperar y conservar los ecosistemas forestales.
- Finalmente en el sector desechos, se viene implementando el Plan Nacional Integral de Residuos Sólidos (PLANRES), iniciativa para reducir la producción nacional de residuos sólidos y controlar los riesgos sanitarios y ambientales generados por estos. En la actualidad aproximadamente el 71,52% de los residuos sólidos generados en el ámbito nacional son dispuestos en botaderos o quemados.

Entre el 2001 y diciembre de 2009, el MINAM aprobó 39 proyectos relacionados a Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), de los cuales 21 ya están registrados por la Junta Ejecutiva del MDL y 6 se encuentran percibiendo los ingresos de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER). En conjunto, los proyectos representan una reducción mayor a 67 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq, siendo los proyectos más frecuentes las centrales hidroeléctricas (61%), seguidos por los proyectos de cambio de combustible (13%) y los de residuos sólidos (11%). El Perú está considerado como uno de los países más atractivos para la inversión en proyectos MDL a nivel mundial.

### **Avances en la adaptación al cambio climático y el estado de la vulnerabilidad en el Perú**

La adaptación al cambio climático es, según el IPCC, el ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que modera el daño o aprovecha oportunidades. Adaptarse implica modificar consecuentemente el comportamiento, los medios de vida, la infraestructura, las leyes, políticas e instituciones en respuesta al cambio climático. (3)

El Perú está incluido entre los diez países más vulnerables del mundo al cambio climático (7); y presenta cuatro de las cinco características de vulnerabilidad reconocidas por la CMNUCC: zonas costeras bajas; zonas áridas y semiáridas; zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación; y ecosistemas montañosos frágiles. Adicionalmente, continúa su crecimiento poblacional y de la ocupación de un territorio con amenazas crecientes por fenómenos hidrometeorológicos relacionados con el Fenómeno El Niño; con persistencia de pobreza, ecosistemas amenazados, glaciares tropicales en reducción, problemas de distribución de recursos hídricos, actividad económica altamente dependiente del clima y escasa institucionalidad y capacidad de organización y recursos para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Las evaluaciones de vulnerabilidad desarrolladas en el Perú, a partir de escenarios de cambio climático, han resultado en una primera identificación de las necesidades de adaptación del país, que requieren ser ajustadas y priorizadas de manera sostenida a medida que estas evaluaciones sean extendidas a los distintos sectores, áreas geográficas y ecosistemas del país, y a medida que el nivel de incertidumbre de los escenarios de cambio climático y las evaluaciones de vulnerabilidad sea reducido.

La generación de escenarios climáticos se ha realizado tanto a nivel nacional como al de

cuencas priorizadas, mostrando variaciones climáticas que generan impactos sociales y económicos importantes y que han concluido en lo siguiente:

- En la costa y sierra norte, parte de la sierra central y selva sur, se estiman incrementos de precipitación de hasta 20%; por el contrario, en la selva norte y parte de la sierra central y sur se prevén disminuciones, también de hasta 20%.
- Las lluvias extremas mostrarían un probable decrecimiento en los próximos 30 años en gran parte del territorio.
- Se espera un incremento de temperaturas extremas en gran parte del país tanto en la mínima como en la máxima. El incremento de la temperatura máxima llegaría hasta 1,6 °C en promedio (0,53 °C/década), mientras que para la mínima el mayor incremento alcanzaría 1,4 °C (0,47 °C/década). Los mayores incrementos de las temperaturas se presentarían en la costa y sierra norte, en la selva norte y en la sierra central y sur del país. (3)

#### **Acción estratégica en proceso**

Nuestra participación en las emisiones globales de GEI es escasa: 0,4% del total. Por lo tanto, es conveniente priorizar las políticas orientadas a la adaptación y reducción de vulnerabilidades y en segundo plano las políticas de mitigación.

Sin embargo, si bien nuestra contribución a la acumulación de GEI no nos obliga a adoptar urgentes políticas de mitigación; nuestra gran biodiversidad y potencial para generar proyectos ambientales nos ubica en una posición estratégica para negociar proyectos de reducción de emisiones con países desarrollados que sí tienen compromisos obligatorios.

Del mismo modo, considerando nuestro potencial se puede fomentar proyectos relacionados a la producción de electricidad por fuente hidroeléctrica y eólica, cambio de uso de combustibles fósiles a gas natural

(menos contaminante), mejora de la eficiencia de procesos industriales, manejo de residuos, etc. Por otro lado, también existen iniciativas en donde proyectos de conservación de bosques o deforestación evitada califican para la comercialización de emisiones reducidas.

También, se deberían fomentar proyectos ambientales en la actividad forestal; abarcando la conservación y reforestación de bosques, así como el fomento de sistemas agroforestales.

En cuanto a las políticas de adaptación, se debería fomentar la investigación en cuanto a los posibles impactos del cambio climático; tomando como línea de base los diversos daños y consecuencias de variaciones climáticas importantes como el fenómeno del Niño y sus efectos sobre la productividad agrícola y pecuaria, pérdidas de infraestructura, efectos sobre la salud, etc.

Considerando la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos por efecto del cambio climático, se debería aplicar políticas a favor de la conservación y manejo de cuencas (el Rímac, Mantaro, cuenca del Titicaca, etc) y una gestión adecuada del agua con el fomento de un óptimo almacenamiento en época de lluvias, la mejora del sistema de riego agrario y el procesamiento de aguas servidas. (8)

## **CONCLUSIONES**

- El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencia el aumento observado del promedio mundial de las temperaturas del aire y del océano, la fusión generalizada de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial de nivel del mar.
- Aun manteniendo las políticas actuales de mitigación del cambio climático y las correspondientes prácticas de desarrollo sostenible, las emisiones de

GEI mundiales seguirán aumentando durante los próximos decenios.

- Las temperaturas extremas presentarían incrementos en gran parte del Perú tanto en la mínima como en la máxima. El incremento de la temperatura máxima llegaría hasta 1,6°C en promedio (0,53°C/década).
- Las precipitaciones presentarían incrementos y disminuciones significativas distribuidas en forma localizada en todo el país. En la costa y sierra norte, parte de la sierra central y selva sur, se registrarían incrementos de la precipitación de hasta 20% y disminuciones también de hasta 20% en la selva norte y parte de la sierra central y sur.
- El retroceso de la masa glaciar, continuará de mantenerse estables otros factores climáticos.
- La pérdida de biodiversidad continúe asimismo la extinción de especies de flora y fauna, con muchas especies endémicas.
- Existe ya un cierto grado de adaptación planificada (de las actividades humanas); para reducir la vulnerabilidad al cambio climático, pero será necesario que la adaptación sea de mayor alcance.
- Se estima un impacto negativo del fenómeno del cambio climático sobre la tasa de crecimiento del PBI per cápita al 2030, que fluctuaría entre 0,18 y 0,78 puntos porcentuales por debajo del nivel de crecimiento potencial, según los diferentes escenarios climáticos.
- Existen importantes logros en el proceso de adaptación al cambio climático a nivel del Perú, aun no siendo uno de los más importantes emisores de GEI en el contexto mundial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC. Cambio climático 2007, informe de síntesis. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; 2007.
2. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible "El futuro que queremos". Res 66/288 de 11 de setiembre de 2012. Resolución aprobada por la Asamblea General, (30 de enero de 2013).
3. Ministerio del Ambiente. El Perú y el cambio climático, segunda comunicación nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático 2010. Informe interinstitucional científico, técnico del Perú. Lima: Ministerio del Ambiente; 2010.
4. INEI. Estado de la población peruana. [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2012 [citado 20/12/2012]. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1032/libro>.
5. Bulege W. Día de la ciencia y la tecnología. 10/04/2013 [citado 15/04/2013] en: Wilfredo Bulege, Blog. [Internet]. Lima: Wilfredo Bulege [1 pantalla]. Disponible en: <http://www.wbulege.blogspot.com>
6. CEPLAN. Plan Bicentenario el Perú hacia el 2021, eje estratégico 6, recursos naturales y ambiente. [Internet]. Lima: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico; 2012 [citado 14/03/2013]. Disponible en: <http://www.ceplan.gob.pe/documents/10157/694a13fe-1032-473a-9fb6-c184c8a40688>
7. Tyndall Centre for Climate Change Research. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Norwich: Tyndall Centre; 2004. Technical Report 7.
8. Vargas P. El cambio climático y sus efectos en el Perú [Internet]. Lima: Banco Central de Reserva del Perú; 2009 [citado 22/12/2012]. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>

# La investigación en instituciones de educación superior

## Investigation in institutions of higher education

Conferencia Magistral del III Congreso de Investigación Científica, realizado en la ciudad de Trujillo, Perú; organizado por la Universidad César Vallejo

Roberto Hernández Sampieri<sup>1</sup>  
Universidad de Celaya, México

Este documento fue elaborado durante el presente año, y es producto de la recopilación de criterios, opiniones y puntos de vista de todos los directores de las principales noventa universidades privadas de México y resalta la importancia de la investigación, la labor de la universidad en la investigación y la investigación como una función básica de la universidad.

¿Por qué debemos impulsar la investigación en las universidades privadas y no solo en las públicas?

En México, en todo el siglo XX y en lo que va del presente siglo, la investigación ha sido prácticamente exclusiva de las universidades públicas. Tenemos dos grandes universidades estatales, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional, que entre ambas rebasan los 150 mil estudiantes de su matrícula permanente. Se trata de dos grandes instituciones y son las que prácticamente desarrollan la poca investigación generada en el país. Las universidades privadas, en cambio, no están haciendo investigación.

En América Latina no hay país que esté realmente impulsando la investigación. Hacemos investigación pero poca, hay escasos investigadores y los estudiantes no se interesan en la investigación. ¿De quién es la culpa?, ¿de los estudiantes o de las instituciones que no hemos sabido motivarlos e interesarlos en la investigación?

¿Por qué debemos entonces impulsar la investigación?, primero, por lo obvio, lo que todo el mundo considera la palabra mágica: "las acreditaciones". Hoy muchas universidades privadas



Roberto Hernández

están haciendo investigación para obtener acreditaciones de organismos tanto nacionales como internacionales, objetivo que es un motivador de tales instituciones para impulsar la investigación. Esto quiere decir que las universidades no impulsan la investigación por la importancia real de la investigación en sí misma, sino motivadas por otros criterios, pero por lo menos es un motivador importante.

Otro motivador es el posicionamiento entre las universidades por captar alumnos. La captación de estudiantes es vital para cada institución de educación superior privada, porque el principal ingreso son los fondos provenientes de ellos.

<sup>1</sup> Director del Centro de Investigación de la Universidad de Celaya, México; director del Doctorado en Administración de la Universidad de Celaya; profesor e investigador del Instituto Politécnico Nacional; director del Centro de Investigación en Métodos Mixtos de la Asociación Iberoamericana de la Comunicación; autor del best seller "Metodología de la Investigación"

También para ganarle a la competencia, llegar a nuevos nichos de mercado, publicitarse o promoverse.

Un tercer motivador es el intercambio con las universidades del extranjero. Las universidades privadas hoy quieren estar muy vinculadas con otras instituciones; en el caso de América Latina, con otras instituciones latinoamericanas y europeas. En México se ha dado un impulso muy importante a lo que llamamos la doble titulación; es decir, la gente obtiene su título de nuestras universidades y va al extranjero un semestre o un año, para así obtener el título de la otra universidad. En el caso de nuestra universidad, tenemos convenios con la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad Estatal de New York y Washington en Estados Unidos. Tenemos diferentes convenios que han hecho que nuestra universidad se impulse en la investigación, porque precisamente esas universidades hacen investigación. Por ejemplo, recientemente llegaron de varias universidades para hacer un intercambio con nosotros, y lo primero que nos preguntaron fue: "¿Qué proyecto de investigación vamos hacer en conjunto?". Si no hiciéramos investigación, pues no podríamos aliarnos.

Asimismo, pretendemos impulsar la investigación porque deseamos un perfil más competitivo de nuestros alumnos, que sepan resolver problemas, tomar decisiones, gestionar o administrar con conocimiento. En este país estamos impulsando que parte importante de las competencias, habilidades y conocimientos del estudiante promedio sean en investigación, pero primero tenemos que hacer conscientes a los jóvenes de para qué le va a servir la investigación en sus trabajos cotidianos, si el joven no logra conectar su vida cotidiana y su desarrollo profesional con la investigación, no se va a interesar en ella.

Del mismo modo para obtener una mayor vinculación con el entorno social y además como parte de nuestra responsabilidad social. Las universidades tienen la obligación de ayudar a resolver los problemas de

nuestras comunidades y ciudades. Nuestra universidad, por ejemplo, hace mucha investigación para ver qué problemas existen respecto al agua, los residuos sólidos, la inseguridad en México, para ver cómo desarrollar las pequeñas empresas, cómo potenciar las microempresas. Hacemos mucha investigación, y creemos que es parte de nuestra responsabilidad social.

Profesionalizar a nuestros docentes. Yo no concibo un docente que no haga investigación. Un docente que no investiga va a quedar completamente obsoleto; el conocimiento es exponencial, los profesores tienen que estar haciendo investigación. Hemos encontrado en todo América Latina profesores que enseñan el curso de Investigación y no hacen investigación, y cuando se les pregunta: "¿Qué has publicado en este último año?", ellos responden, nada; "¿y el año pasado?", tampoco. Hay profesores que se pasan veinte años enseñando Métodos de Investigación y no investigan ni publican. La tarea investigativa debe ser algo que todo profesor de cualquier disciplina, sobre todo los profesores de tiempo completo, es decir que su principal fuente de trabajo es la universidad, tendría que estar haciendo. De hecho, ya establecimos en nuestra universidad el criterio de que todos los profesores tienen que publicar un trabajo como mínimo al año y en revistas arbitradas.

Por otra parte, se está creando el puesto de investigador, porque muchas veces decimos que tenemos tantos profesores investigadores, pero a la hora de ver cuánto están publicando, las cifras no son importantes. Toda universidad debería estar publicando decenas de artículos y produciendo conocimiento, pero esto no se está haciendo.

La investigación sirve a las universidades privadas para obtener fondos, para que los centros de investigación puedan ser autofinanciables en estas instituciones; lo hemos demostrado con varios casos de centros de investigación que vendiendo servicios de investigación desarrollan

esta tarea. Hacen investigación para generar conocimiento, tecnología, pero también venden servicios de investigación a gobiernos provinciales, a empresas de la región, entre otros, con cuyos servicios obtienen recursos importantes.

Es complejo lograr que las instituciones privadas de educación superior fomenten la investigación, sin embargo, se puede iniciar dando algunos pasos, el primero, es que tenemos que generar una cultura de investigación, un cambio cultural; la cultura de investigación no está presente en la mayoría de las universidades y de los universitarios. Si nosotros les preguntamos a los jóvenes: "¿Les interesa la investigación?", la verdad, nos van a decir que no. Cuando van a leer las materias que les van a tocar y aparece por ahí un curso de Investigación, empiezan a lamentarse como si fuera una tortura. Entonces, tenemos que generar un valor de la investigación, que la investigación sea un detonante, empezando por los alumnos y profesores, que sea un valor que se recompense, que se promoció a través de todos los medios de comunicación de la universidad sobre la base de un plan detallado.

Por otro lado, simultáneamente en el proceso de aculturación, recomendamos hacer una evaluación de cómo está la investigación en la universidad, qué conocimientos tienen los jóvenes, qué actitudes muestran cuando les hablamos de la investigación, qué piensan y cómo definen la investigación; medir el nivel del interés que tienen y evaluar qué se está haciendo en esta materia con todos los profesores y en todos los niveles.

En toda universidad tiene que haber un centro de investigación, un club de investigación, un lugar donde los alumnos participen orientados por sus maestros. En la universidad de mi procedencia llevamos cerca de diez años desde que se creó el club de investigación donde acuden alumnos que les interesa la investigación y hacen una investigación completa, algunos profesores los apoyamos en el desarrollo de sus investigaciones y al final los publican. Uno puede pensar que los jóvenes no se interesan

en la investigación, eso no es cierto. Cuando al joven se le explica, ve la utilidad, trabaja en un problema de investigación que le interesa, se motiva, y se ve que son muy dinámicos, se juntan entre ellos, se reúnen un fin de semana, trabajan con entusiasmo, producen, levantan sus datos, los analizan y los publican; pero necesitamos darles canales de expresión de sus trabajos de investigación y, por supuesto, normalizar la función de investigación y documentarla.

Entonces, hay que saber cómo estamos y a partir del diagnóstico empezar a desarrollar algunas acciones. Lo primero será capacitar a los docentes en investigación, actualizarlos para que trabajen en cuestiones de investigación; muchas veces ocurre en las universidades que un profesor ha publicado y el resto de la universidad no sabe de tal publicación, caso que es inconcebible en universidades de Estados Unidos, Canadá, Inglaterra. En América Latina ocurre que no sabemos lo que están publicando nuestros colegas de la misma universidad. Por ejemplo, en la universidad de Sinaloa, alguien de Arquitectura ya iba publicando, pero nadie en la universidad lo sabía más que los alumnos de ese profesor. Por esta razón, tenemos que hacer un inventario de todos los esfuerzos, de todos los productos de investigación, de todas las tecnologías que se están desarrollando y también tener un centro de investigación con una estructura simple y flexible.

A nosotros nos ha funcionado trabajar con investigadores jóvenes, formarlos desde los primeros semestres en el club de investigación y que vayan haciendo sus investigaciones; luego al egresar y empezar sus posgrados, son gente entre 23, 26 o 27 años, que conocen de investigación, de herramientas y han trabajado varios planteamientos, y pueden ser excelentes docentes de investigación porque conectan con los jóvenes de su edad. Los maestros jóvenes de investigación son maravillosos porque entienden, trabajan el mismo lenguaje, no hay una gran distancia ni psicológica ni en el lenguaje con los alumnos.

Teniendo una mentalidad de apertura, el centro de investigación no puede convertirse en una entidad política, en un juego administrativo porque entonces se acaba esta idea. Al principio se centraliza un sector para toda la universidad, pero conforme crezca la universidad o evolucione el programa para instaurar la cultura de la investigación, se va descentralizando en diferentes unidades académicas: por facultad, por escuela o por conjunto de escuelas y así crear centros de investigación periféricos.

Respecto a los integrantes del centro de investigación, ¿qué características deben tener?, ¿cuál es el perfil sugerido?. Primero, que tengan una actitud proactiva, que le encante hacer investigación; segundo, un horario flexible, el investigador no está sujeto a horarios y cuando está concentrado en un problema de investigación o una duda, puede pasar un día, una noche completa trabajando, hasta cierto punto con la obsesión de encontrar lo que busca. La investigación siempre ha sido de trabajo en equipo, de colaboración; que sepan generar documentos, capacitarlos de manera permanente, debido a que en la investigación nunca se termina de aprender, yo no conozco alguien que sepa mucho de investigación, siempre hay más que aprender.

¿Qué conocimientos deben tener?, esto es muy obvio, deben de saber de investigación cuantitativa, cualitativa y mixta; también deben conocer cómo participar en convocatorias nacionales e internacionales, cómo obtener recursos de investigación. Hace una semana platicaba con el Presidente de la Unión Europea y me decía: "Existen dos líneas de investigación donde hay muchos recursos de muchos países europeos para financiar proyectos de investigación, se trata de medio ambiente e integración de la Unión Europea con América Latina; pero no nos presentan proyectos de investigación". Del mismo modo, deben de tener conocimientos en redacción de todo tipo de documentos y en mercadotecnia de servicios, así podríamos ir a la alcaldía y ofertar nuestra ayuda,

por ejemplo, para desarrollar tecnología apropiada para el problema de recolección de la basura, que es un problema que al menos en México es muy grande; apoyo para el tratamiento de aguas; análisis del problema de inseguridad; resolución de problemas tecnológicos, etc.

Los jóvenes del centro de investigación deben saber mercadear servicios de investigación, además de hacerlos o desarrollarlos. Nosotros hemos tenido alumnos que han ganado premios nacionales en investigación, y a partir de ahí establecimos contactos con los medios de comunicación para que promuevan las investigaciones que están haciendo, hecho que nos permite fortalecer una cultura de investigación.

También desarrollamos eventos con el club de investigación, como las ferias tecnológicas donde los estudiantes presentan sus investigaciones y van científicos a evaluarlas con la posibilidad de que los alumnos ganen becas para que trabajen con un científico en las investigaciones y proyectos diversos.

Una revista de investigación editada y publicada por jóvenes ejercerá presión en sus profesores, porque si el alumno publicara, el maestro de investigación también empezará a publicar.

En nuestra universidad estamos aceptando la publicación de artículos como tesis, es decir en lugar de entregar la tesis, se realiza la publicación de un artículo científico, un trabajo de altísima calidad evaluada por pares y publicada por un journal científico, lo que conduce a la titulación. Así se demuestra que se sabe de investigación. Este caso, sin embargo, ha sido polémico para muchas personas, pues se deja la tesis como un documento empastado que queda en una biblioteca y que muchas veces nadie los consulta, por lo que nosotros aceptamos esta otra opción.

La creación de la certificación en investigación para nuestros profesores que otorgue el centro de investigación, es importante porque éstos reconocen sus

limitaciones y el centro de investigación cubre esa necesidad, se dan cursos y talleres al respecto y generamos conocimiento a los profesores sin obligarlos, mejorando así esta cultura de investigación, más la presión de los alumnos, los profesores empiezan a dar cuenta de que ya están obsoletos y buscan ampliar sus conocimientos y tener todos los documentos, primero el documento rector de investigación, el equivalente a lo que los americanos llaman el white paper (políticas de investigación), la visión, las premisas, las estrategias, las líneas de investigación, etc.

Son muy importantes los parámetros de calidad de la investigación cuantitativa y cualitativa, tener las publicaciones oficiales y por lo menos uno o dos journal de jóvenes para jóvenes. Asimismo, tener una serie de manuales, como mínimo estamos sugiriendo un manual para la elaboración de tesis, tesinas y reportes; otro para proyectos y propuestas; manual para la elaboración de artículos y rúbricas para evaluar la calidad de las investigaciones; guías para la presentación de investigaciones, entre otros, y que toda la universidad conozca.

Después del diagnóstico, estructurar el centro de investigación y crear la serie de documentos que soporte la labor, se debe pasar a revisar el currículo en investigación y que debe tener tres ejes centrales, que son la investigación cuantitativa, cualitativa y mixta. Sabemos que el método cuantitativo es más común en las ciencias puras; en algunas ciencias, como la Antropología, también es común el enfoque cualitativo; el enfoque mixto ha sido muy polémico en América Latina.

Hoy puedo decirles que después de 16 años de estar proponiendo junto a autores norteamericanos los métodos mixtos, hay una gran cantidad de textos de investigación mixta y hay gente que está haciendo tal investigación.

Muchos empezamos a utilizar la investigación mixta, ya no con los métodos cuantitativos o cualitativos separados; ahora decimos que iniciamos nuestra investigación a partir del planteamiento del problema y que luego

es lo demás, es el planteamiento y son las circunstancias lo que nos inclina hacia determinados métodos. La investigación es como un conjunto de herramientas, y se selecciona la herramienta apropiada de acuerdo con la tarea; si lo que tenemos es un problema de investigación que requiere que clavemos algo, utilizaremos un martillo, no una sierra; si el problema es cortar, no usamos un martillo; así vemos la metodología, ¿qué herramientas necesito?, ¿experimento, observación? El método está sujeto al planteamiento del problema; entonces, en este sentido se puede enseñar el proceso de la investigación y en el camino ir enseñando investigación cuantitativa y cualitativa y los métodos mixtos.

Los famosos concursos de investigación son muy importantes, el dar premio a los alumnos, ayudarles a publicar sus trabajos. Por ejemplo, lo que nosotros hacemos es que si un trabajo no puede ser aceptado en la revista institucional pero tiene cuestiones de interés, pues se publica en un periódico o un programa de radio.

Una vez que estén sólidos los comités de investigación, se inicia con una campaña para que desde el alcalde, gobernador, diputados y senadores sepan que en esta universidad se hace investigación de calidad; se inicia con la búsqueda de otras alternativas como hacer convenios con otras universidades, que están funcionando de maravilla.

Aprovechar las redes sociales para la investigación es muy interesante y se pueden debatir temas de cómo es la situación en su país con respecto a distintos temas de interés de los jóvenes. El Facebook y otras tecnologías que existen ahora han hecho que los jóvenes vuelvan a leer.

Entrar en contacto con todas las asociaciones, los congresos, insertar artículos, hay muchas oportunidades para obtener recursos a pesar de la crisis europea, y están ahí, esperando que llegemos. México tiene fondos en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para proyectos latinoamericanos donde se

vinculen al menos dos países, que es el requisito.

Consolidar, internacionalizar y renovar, pero tenemos que estar en contacto con las universidades privadas y trabajar juntos, ir viendo hacia donde orientamos la investigación. Tenemos que empezar a

fomentar la investigación entre los jóvenes, motivándolos y mostrándoles el porqué es importante hacer y publicar los resultados de sus investigaciones.

Muchas gracias.

# Notas de Ciencia

## Semilleros de Investigación Continental

### Proponen modelo de gestión de multinacionales para empresa en Huancayo

**Cristobal C, Coicaposa J, Coila E, Estrella C, Fernandez M, Gonzales E, et al**

Fue iniciado en los años 80 en Estados Unidos por la compañía Motorola para mejorar la calidad de su producción ante los constantes reclamos de garantía por productos defectuosos y la creciente presión de la competencia. El programa tuvo tanto éxito que no solo mejoró el proceso productivo de la empresa y le reportó cuantiosas utilidades, sino que le permitió ahorrar 15 mil millones de dólares en los diez años posteriores a la iniciativa. Durante los 90, el programa fue mejorado y popularizado por General Electric y hoy es uno de los modelos de gestión empresarial más reconocidos en el mundo que ha logrado impulsar el éxito de las principales corporaciones multinacionales como IBM, LG Group, Samsung, Amazon, entre otras.

Es el modelo Six Sigma (Seis Sigma), esa gran metodología de la gestión de calidad que plasma toda una filosofía de administración y una estrategia de negocios, cuyo objetivo principal es lograr el desempeño productivo perfecto y la

atención máxima al cliente, con cero defectos, entendiéndose como defecto todo problema en el producto o servicio que ocasione precisamente la insatisfacción del cliente. Así, busca mejorar la productividad y la rentabilidad, pero también el ahorro de costos, principales beneficios del modelo.

Seis Sigma, a diferencia de los demás modelos, se centra en la satisfacción plena de consumo del cliente y por ello plantea la desaparición de defectos en la entrega de un producto o servicio hacia estas personas. Establece que para alcanzar este propósito la meta debe ser 3,4 de defectos por millón de oportunidades (de productos o servicios generados) y, por consiguiente, 99,99966% de eficiencia productiva, cifras que equivalen al valor seis sigma, máximo nivel estadístico en esta medición que por su importancia ha inspirado la denominación del modelo de gestión. En esta relación de defectos y eficiencia de la meta seis sigma, los defectos, por supuesto, representan casi cero.

El modelo, en lo sustancial, es una



metodología o estrategia de mejora continua que busca identificar la causa de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos de negocios, que aplica instrumentos estadísticos, que plantea proyectos agresivos para corregir estos problemas y así alcanzar la perfección en el proceso productivo y mantener la satisfacción del cliente. Sirve para diseñar productos o procesos, pero además para mejorar los ya existentes.

Este modelo de gestión de las grandes corporaciones es tan valorado en el mundo empresarial y académico, que ha motivado a los estudiantes de la Universidad Continental a investigar la situación de la destacada empresa de bebidas AJEPER Huancayo en relación con lo que implica el modelo Six Sigma y a la vez proponer la implementación de un modelo gestión por procesos para mejorar la línea productiva de la referida empresa.

El estudio, revela una serie de errores, fallas, defectos, deficiencias, dificultades en el proceso de gestión en la planta de producción de la empresa Añaños Jeri Perú (AJEPER) de Huancayo, resultado que ubica a esta empresa, en su relación eficiencia-defectos, por debajo del nivel de la meta seis sigma.

El trabajo, sin embargo, sostiene que la propuesta de implementación del modelo en dicha empresa sí contribuye a la mejora de la línea productiva de su planta de producción y que, de aplicarse, puede mejorar tal línea productiva hasta en un 80% mensual. Para este fin, los alumnos presentan un plan de acción basado en el modelo Six Sigma con múltiples recomendaciones que se debe aplicar.

La labor investigativa fue realizada durante el 2011 y el 2012, y toda la fase de diagnóstico y monitoreo fue desarrollada en la propia planta de producción de la empresa. De los 66 trabajadores que laboran en esta planta, ubicada en el distrito de El Tambo, Huancayo, 17 participaron

como muestra de estudio, equivalente al 26% del total. La investigación se basó en la observación y en diversas entrevistas a los trabajadores. Fue aplicada experimental y de nivel descriptivo-correlacional. Guía de pautas, diagrama de flujos, diagrama de operación del proceso, diagrama de Pareto, entre otros, fueron los variados instrumentos utilizados.

El modelo Six Sigma, como metodología, está constituido a su vez por diferentes metodologías específicas que responden a determinados fines y usos. La investigación desarrolló la metodología DMAIC por ser la indicada para el fin planteado, mejorar los procesos ya existentes en la empresa. El proceso DMAIC constituye las etapas para la resolución de problemas: definir, medir, analizar, mejorar (que se convierte en implementar) y controlar; cada etapa comprende diversos pasos y herramientas, que fue aplicado por los alumnos.

## Administradores Colegiados en Junín en buenas condiciones laborales

**Guzmán J, Pasquel G, Cruzado M,  
Camayo D, Pasquel C, Duran M, et al**

En una región como la nuestra donde la calidad de empleo en los sectores profesionales no es la constante, los administradores de empresas se han convertido en Junín en un sector que marca la excepción en este caso por las buenas condiciones labores que hoy goza. Las ventajas recaen en particular en los profesionales colegiados, quienes en la actualidad laboran en condiciones adecuadas de permanencia y formalidad, están en los más importantes sectores de la economía, tienen significativos ingresos y cuentan con diversos niveles de capacitación

y formación en posgrado.

El 84% de los colegiados posee trabajo permanente y el 14% gerencia su propia empresa, lo que significa que el 98% tiene un buen estado de empleo y apenas el 2% padece el desempleo.

Su período de permanencia en el trabajo también es importante, el 41% conserva el empleo por más de 10 años y el 31% de 5 a 10 años, es decir, el 72% mantiene un considerable tiempo de servicio laboral y solo el 28% lleva menos tiempo (menos de 5 años). En relación con la vigencia en cada empleo, el 28% se mantiene en el mismo trabajo desde sus inicios y el 59% solo ha cambiado entre 2 y 4 empleos en lo que va su carrera profesional, situación que demuestra que el 87% trata siempre de mantenerse y desarrollarse en trabajos fijos, o en menos empleos posibles, y no vivir en la búsqueda constante de empleo, como ocurre solo con algunos de estos profesionales (13%).

Los administradores colegiados gozan asimismo de un alto nivel de formalización laboral, el 71% está en planilla y solo el 27% se encuentra en el sistema de contrato administrativo de servicios (CAS) o por recibos de honorarios profesionales. Las condiciones de su nivel remunerativo es aceptable en comparación con otros sectores profesionales de la región, el 84% percibe sueldos que van de 1 500 a más de 4 500 soles, de cuya cantidad de colegiados el 40% gana sueldos superiores a los 2 500 soles (el 17% de este 40% percibe de 3 500 a más de 4 500 soles).

Este diagnóstico fue realizado por los Semilleros de Investigación de la Universidad Continental sobre la situación laboral de los administradores colegiados en Junín. La investigación tomó como muestra a 129 integrantes del Colegio Regional de Licenciados en Administración Junín (CORLAD Junín) y la información fue obtenida mediante una encuesta. El estudio fue de alcance descriptivo y tuvo el propósito

de conocer los niveles y características de empleo y las necesidades de capacitación de los miembros del CORLAD Junín.

El trabajo de los estudiantes establece además que los administradores están ubicados con mayor preferencia en el sector privado (53%) que en el sector público (47%), y que en ambos sectores ellos es su mayoría (77%) se desempeñan en actividades de servicios, mientras que resto en actividades comerciales (9%), industriales(3%) y otras (11%).

Considera que el 97% labora en actividades relacionadas directamente con su profesión y que la mayoría lo hace en gestión administrativa y en actividades relacionadas con tal trabajo (63%). El resto, según los investigadores, está en actividades de planeamiento (15%), marketing (11%) y finanzas (11%).

En el ámbito de la capacitación, de acuerdo con el estudio, el 82% ha desarrollado este proceso y solo el 18% no ha efectuado el proceso de manera sistemática. La mayoría ha recibido capacitación a nivel de maestría (51%), pero los demás cuentan con diplomado (30%), especialización (16%) y doctorado (3%).

Las áreas que más prefieren o necesitan capacitarse los administradores son finanzas (33%), gestión estratégica (30%), planeamiento (15%), temas ambientales (12%) y marketing (10%). El 61% sugiere que esta capacitación sea a nivel de maestría.

**Tabla N° 01: Lugares donde laboran los administradores colegiados en Junín**

Departamentos y Provincias	Porcentaje
Lima, Pasco, Huancavelica	22
Provincia de Huancayo	66
Satipo	5
Concepción	2
Chanchamayo	2
Tarma	1
Jauja	1
Chupaca	1

## Portales de entidades públicas incumplen Ley de Transparencia

Alonzo M, Camargo J, Cano J, Cardenas N, Carhuallanqui E, Carrera V, et al

A más de diez años ya de la promulgación de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, el proceso de plasmar el real espíritu de esta norma sigue lento en el país. Los portales de transparencia que la ley obliga a las instituciones públicas, y en los que más empeño dichas entidades han puesto para el cumplimiento del caso, aún no es del todo satisfactorio pese a los importantes avances que reporta la Defensoría de Pueblo.

La situación de transparencia en Huancayo no escapa a esta realidad. Los portales electrónicos de las entidades públicas de nuestra provincia continúan sin adquirir los niveles de cumplimiento requerido en materia de publicación de información dispuesta por la Ley 27806. Sucede, como muestra, con los portales de transparencia de la Contraloría General República (Oficina Regional de Control Huancayo), la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (Zona Registral N° VIII), la Municipalidad Distrital de Chilca y la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).

El nivel promedio de cumplimiento del portal de la Contraloría es de 80%; de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP), 78%; de la Municipalidad de Chilca, 67%; y de la UNCP, 58%. Estos resultados promedios, obtenidos a raíz de la información proporcionada por el personal técnico de las entidades y por los usuarios sobre el cumplimiento de la ley, demuestran que el avance de cumplimiento

de las sedes de las instituciones nacionales es muy superior al de las entidades locales. Aunque, en general, el avance de cumplimiento en los portales de estas instituciones es considerable, sin embargo hay todavía evidentes deficiencias que hacen distantes la plena materialización de la ley en este campo.

Los portales electrónicos de las referidas entidades públicas tienen buena aceptación en usabilidad, pero no poseen criterios ni procesos para implementar y evaluar precisamente esta usabilidad. Los criterios de simplicidad y facilidad de acceso, establecidos en la Directiva N° 004-2008-PCM/SGP (Resolución Ministerial N° 398-2008-PCM) sobre los lineamientos para la uniformización del contenido de los portales de transparencia, no son aplicados. Tampoco aplican guías y las demás disposiciones que responden a los lineamientos técnicos y legales de toda la normatividad nacional vigente, pues los encargados de los portales solo conocen, y en forma somera, la norma principal, la Ley 27806, y no las normas complementarias. En tanto que los estándares de implementación, diseño web, encontrabilidad y usabilidad, recomendadas por normas internacionales, simplemente son ignorados.

Estos portales objetivamente carecen de los diversos estándares exigidos, tanto nacionales como internacionales, y si se ha logrado cumplir con algunas de dichas normas, es solo por la experiencia del personal encargado del desarrollo de contenidos.

Esta realidad forma parte de las principales conclusiones que muestra el estudio desarrollado por los Semilleros de investigación de la Universidad Continental. La investigación, de diseño descriptivo, transversal, tuvo el objetivo de identificar en los portales electrónicos de las entidades públicas de Huancayo el nivel de cumplimiento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública (Ley 27806), caracterizar los problemas de

accesibilidad (parte de la usabilidad) en los portales electrónicos y recomendar a través de guías un modelo para su adecuada implementación. Para el caso, los alumnos tomaron como muestra a estas cuatro entidades públicas, seleccionadas de manera dirigida.

El trabajo fue desarrollado sobre la base de análisis de portales electrónicos, encuestas a usuarios, observación de expertos y entrevistas, mediante cuestionarios semiestructurados, a los responsables de los portales de cada institución, tanto a los jefes del Área de Informática como a los encargados directos de la publicación de la información. Estuvo orientado a medir el nivel de cumplimiento de la ley, según el instrumento de recolección de información, en cuatro dimensiones: funcionalidad, usabilidad, eficiencia y contenido, con indicadores básicos.

La investigación establece, entre los resultados de la entrevista al personal técnico encargado de los portales de las entidades, que dicho personal está constituido por especialistas en Tecnologías de la Información, por uno o dos personas por institución y que por lo general ejercen su función en condiciones laborales inestables y precarias: su permanencia en el cargo no supera el año, laboran en condición de contratados y a tiempo parcial, con una remuneración mensual inferior a S/.1.500.00

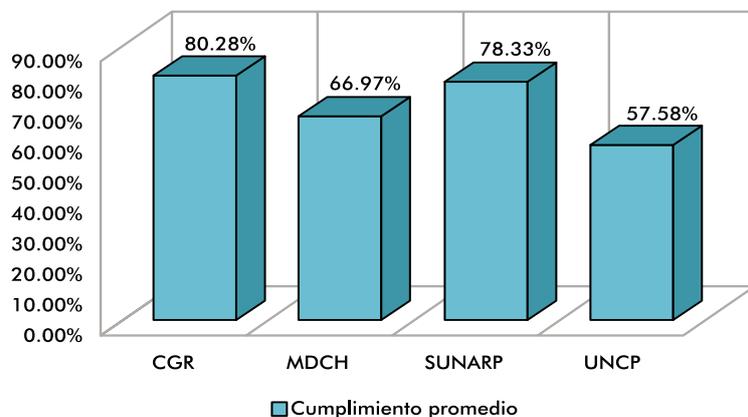
Sostiene también que el equipo de desarrollo de los portales posee una excesiva carga laboral y que las dependencias no actualizan con la pertinencia del caso su información. Detecta que tres de las cuatro entidades tienen equipos obsoletos de tecnología de información y un personal que desconoce los alcances de la Ley N° 27806.

Precisa que el proceso de desarrollo y mantenimiento de los portales es informal. Los portales, expresa el informe también en sus resultados, utilizan para el desarrollo distintos servidores, pero no estándares o frameworks de desarrollo. Y en el ámbito de la usabilidad y la transparencia, advierte que los portales se limitan a brindar información institucional y descuidan la transparencia de gestión.

El estudio considera que la mayor deficiencia de estas entidades para el cumplimiento de la ley a través los portales de transparencia, es la desidia de sus autoridades, quienes hasta hoy no han logrado desarrollar portales adecuados ni asignar los debidos presupuestos para este fin. A ello se suma, como mayor deficiencia según el estudio, la falta de divulgación e interpretación de las normas y leyes que orientan la elaboración de los portales de transparencia, así como la propia complejidad de la estructura de mismas para desarrollar estos portales. Del mismo modo se añade la falta de profesionales especialistas en el tema, la carencia de capacitación en estándares de usabilidad y la ausencia de una guía de buenas prácticas de fácil desarrollo para plasmar dichos portales.

Los alumnos incluyen en el estudio precisamente una propuesta de guía de buenas prácticas trabajada por ellos

Nivel de cumplimiento promedio



mismos para la elaboración de portales de transparencia en las entidades públicas, iniciativa desarrollada sobre la base de estándares internacionales de usabilidad y encontrabilidad. Esta propuesta, pese a su importancia, es sin embargo apenas una de tantas medidas que el Gobierno y las autoridades deben adoptar para enfrentar este tema tan amplio y complejo, que está relacionado en esencia con la transparencia de la gestión pública y el derecho ciudadano a la información administrada por Estado, mecanismos necesarios de control en una democracia para combatir la corrupción.

## Optimizan producción de biogás doméstico en zonas altoandinas del Valle del Mantaro

Ibarra I, Tueros N, Huari N, Arteaga J, Meza L, Huamanyalli H, et al

El biogás es el combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos como los biodigestores, a partir de un proceso de fermentación o biodegradación anaeróbico, o sin oxígeno, de la fracción orgánica de los residuos de origen, ya sea animal, vegetal, humano, agroindustrial, forestal o de cultivos acuáticos. Se trata de un recurso muy utilizado como alternativa energética en las comunidades altoandinas del Valle del Mantaro; sin embargo, los deficientes niveles de rendimiento productivo de gas que alcanzan los biodigestores familiares, provocados de manera muy especial por las bajas temperaturas y las complicadas fluctuaciones de las condiciones climáticas, impiden que el consumo sea de gran aliento y generalizado.

Para alentar el consumo de esta bioenergía en nuestro valle, el Semillero de

Investigación ambiental de la Universidad Continental ha propuesto un modelo de optimización de la producción de biogás, a través de excrementos de ganados, en las comunidades altoandinas pertenecientes a la zona de vida bosque seco montano bajo tropical. La propuesta se sustenta en el diseño de biodigestores familiares con mayor rendimiento productivo de biogás y biol (fertilizante natural obtenido de la producción de biogás).

Los alumnos plantean en la investigación que el diseño de biodigestor más adecuado para esta zona de estudio, por su mejor adaptación, es el semicontinuo, aquel que es cargado o alimentado por períodos breves (cada doce horas, cada día o de manera interdiaria) cantidades considerables de una mezcla de excretas y agua, generalmente en relación 1:3 para el caso de ganado vacuno.

Demuestran que con este diseño de biodigestor la producción diaria alcanza 1 140 litros de biogás y 127 litros de biol, que equivale a cinco horas de rendimiento productivo continuo, a diferencia de las tres horas que en la actualidad representa. El residuo considerado para el cálculo de este nivel de producción es el excremento de ganado vacuno, que es el de mayor disponibilidad en las referidas comunidades altoandinas y el más usado por las familias de tales lugares en la producción de biogás y bioabonos.

También demuestran que la temperatura es el principal factor que hasta ahora ha afectado la producción de biogás. A decir del estudio, las caídas bruscas o las extremas oscilaciones de temperatura en la zona, que van de 10.9 °C a 16.5 °C (con una media de 13.7 °C), o muy altas en el día y muy bajas en las noches, perjudican la capacidad de producción de metano, principal componente del biogás, junto con el dióxido de carbono.

Por esta razón, consideran que el modelo de biodigestor semicontinuo debe ser

construido con materiales que almacenen calor como doble pared de adobe, tecnopor, paja, madera, agrofilm de color negro y fitotoldos de color oscuro, con el fin de aislar las condiciones de calor dentro del biodigestor, mantener una estable temperatura (sugieren en promedio 15 °C) y así optimizar la producción de biogás.

Para optimizar este rendimiento productivo, los alumnos asimismo recomiendan realizar el control de bacterias anaeróbicas en el proceso de digestión y producción de biogás, objetivo que puede lograrse con lodos activados, residuos del fondo de lagos o lagunas, rumen de ganado o excremento fresco de vacuno.

El estudio, que data del 2011, fue desarrollado sobre la base de la información recogida en distintos puntos

de los 37 lugares de impacto en el Valle del Mantaro considerados como universo. Estos lugares son las comunidades altoandinas ubicadas dentro de la zona de vida bosque seco montado bajo tropical.

Los estudiantes plasmaron una investigación descriptiva y utilizaron el diseño no experimental de tipo transversal para evaluar el prototipo adecuado de producción de biogás en la zona. Ellos recolectaron datos, compararon, analizaron y midieron el nivel de producción de los biodigestores en los lugares visitados. La observación, las entrevistas y diversas mediciones fueron combinadas en este trabajo que permitió demostrar la hipótesis de que sí es posible optimizar la producción de biogás mediante los biodigestores familiares de tipo semicontinuo construidos con materiales que aíslan el calor.



## Instrucciones para los autores

Para su publicación el trabajo a presentar debe ser inédito y pueden ser: artículos originales, artículos de revisión, artículos de divulgación, reporte de casos, cartas al editor u otros documentos académico científicos de diversas áreas del conocimiento.

Los artículos originales deben describir resultados de investigación con fundamentación teórica sólida, trabajo metodológico con respaldo de evidencia empírica basado en cualquier enfoque investigativo, máximo 10 páginas; los artículos de revisión deben lograr resumir, analizar, evaluar o sintetizar información ya publicada, máximo 8 páginas; los artículos de divulgación, que abarca ensayos cortos y artículos de opinión, máximo 8 páginas. Otros documentos, no más de 4 páginas.

Los trabajos deben tener la siguiente estructura:

### Artículo original o de revisión

1. Título en español, debe ser conciso pero informativo, se recomienda máximo 20 palabras.
2. Título en inglés.
3. Autor(es), nombres, apellido paterno y materno. En pie de página el grado académico y el cargo que desempeña en la institución donde trabaja. En caso de ser varios autores el orden debe ser de acuerdo a la contribución realizada.
4. Resumen con palabras clave, en un solo párrafo con no más de 250 palabras. Debe contener: objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Las palabras clave, mínimo 3,

- máximo 10.
5. Abstract con keywords.
6. Introducción, debe incluir el problema de investigación, objetivos, hipótesis, justificación, antecedentes, contribuciones del autor y dificultades y/o limitaciones.
7. Material y métodos (si es pertinente), equipos e insumos utilizados, diseño de la investigación, población, muestra y técnicas de recolección y análisis de datos.
8. Resultados, en forma clara y detallada, con tablas y figuras como complemento.
9. Discusión; explica los resultados y comparando con los resultados de los autores consultados. Incluir las conclusiones.
10. Agradecimientos (opcional).
11. Referencias bibliográficas, de acuerdo al estilo Vancouver, numeradas de acuerdo al orden citado en el texto. De 10 a 30 referencias.
12. Correo electrónico del autor.

### Artículo de divulgación

1. Título en español, debe ser conciso pero informativo, se recomienda máximo 20 palabras.
2. Título en inglés.
3. Autor(es), nombres, apellido paterno y materno. En pie de página el grado académico y el cargo que desempeña en la institución donde trabaja. En caso de ser varios autores, el orden debe ser de acuerdo a la contribución realizada.
4. Introducción.
5. Cuerpo del documento.
6. Conclusiones.

7. Referencias bibliográficas, de acuerdo al estilo Vancouver, numeradas de acuerdo al orden citado en el texto. De 5 a 10 referencias.
8. Correo electrónico del autor.

### Cartas al editor

1. Título en español e inglés.
2. Autor y filiación institucional.
3. Inicio mencionando la razón objetivo de la carta; si fuera necesario, solo una tabla o una figura.
4. Razón del planteamiento de la opinión.
5. Discusión de resultados y/o recomendaciones.
6. Referencias bibliográficas, de acuerdo al estilo Vancouver, no más de seis referencias bibliográficas.
7. Correo electrónico.

### Reporte de casos

1. Título en español e inglés.
2. Autor y filiación institucional.
3. Resumen y abstract con palabras clave y keywords.
4. Introducción.
5. Presentación del caso.
6. Discusión y conclusiones.
7. Referencias bibliográficas.
8. Correo electrónico.

### Sobre la redacción

- Debe ser redactado con un procesador de textos, en hoja tamaño A4 a espacio simple, fuente Arial, tamaño 11, márgenes superior e izquierda de 3 cm, márgenes derecha e inferior 2,5 cm. Los párrafos deben estar separados por un espacio, sin sangría.
- Las tablas deben tener la leyenda en la parte superior, y las figuras

en la parte inferior, con numeración arábica.

- Las fotografías digitales deberán estar en formato JPG, con un tamaño mínimo de 1024 x 768 pixeles (180 pixeles/pulgada).
- Las citas que figuran en el texto se enumeran consecutivamente en orden de mención o de entrada, con un número entre paréntesis; en ese orden se colocará en las referencias bibliográficas.
- La numeración y unidades de medida deben ser expresadas de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI).

### Sobre el arbitraje

El envío de artículos en formato digital se hará a [revista-apuntes@continental.edu.pe](mailto:revista-apuntes@continental.edu.pe) la misma que será revisada por el Comité Editorial y árbitros externos. Adjuntar una Declaración Jurada de Autoría (formato descargable del sitio web de la revista).

Mientras se esta considerando el trabajo para su publicación, no podrá ser enviado a otras revistas. Una vez aprobado para la publicación, los derechos de reproducción total o parcial pasan como propiedad de la revista.

El Comité Editorial enviará a los autores una comunicación oportuna sobre su decisión.

Consulte la versión digital de la  
Revista Apuntes de Ciencia & Sociedad en:

[www.ucci.edu.pe/revista-apuntes](http://www.ucci.edu.pe/revista-apuntes)



**Universidad Continental**

**Sede Central**

**Calle Real N° 125, Huancayo - Perú**

**Campus Universitario**

**Av. San Carlos N° 1980, Huancayo - Perú**

**Central telefónica**

**064 - 481430**

**[www.ucci.edu.pe](http://www.ucci.edu.pe)**