



UNIVERSIDAD
CONTINENTAL

apuntes

de ciencia & sociedad

Volumen 5, Número 2

Julio - Diciembre 2015

ISSN
2225-5141
2225-515X



Evaluación del Modelo
Climático Global
MIROC5 y estimaciones
de temperatura y
precipitaciones para
el Perú

Aldo Moya

Almacenamiento de
carbono en pastos
naturales de la
subcuenca del
Canipaco, Perú

Christian Quispe

Historia breve de
las enfermedades
tropicales
en América

Dulce María del Carmen
Delgadillo

#Ayotzinapa, origen y
evolución del
movimiento social
mexicano en Twitter

Rocío Abascal

Autoridades Universitarias

Fernando Barrios Ipenza
Presidente del Directorio

Esaú Caro Meza
Rector

Armando Prieto Hormaza
Secretario General

Ricardo Salcedo Zárate
Decano de la Facultad de Ingeniería

José Barrios Ipenza
Vicepresidente del Directorio

Teresa Godoy Castilla
Gerente General

William Rodríguez Giráldez
Decano de la Facultad de Ciencias de la Empresa

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

Apuntes de Ciencia & Sociedad es una publicación de temática multidisciplinaria en español y acceso abierto cuyo esfuerzo editorial está a cargo de la Dirección de Investigación de la Universidad Continental y tiene el objetivo de difundir los resultados de trabajos de investigación en diversas áreas del conocimiento para contribuir al desarrollo de la ciencia y tecnología. Está dirigida a profesionales y estudiantes de pregrado y posgrado universitario y a quienes toman decisiones en todo tipo de organizaciones sociales del contexto nacional e internacional. La revista aparece en edición impresa y electrónica con una periodicidad semestral.

La dirección editorial de la revista está a cargo de un Editor, un Editor Asociado y un Comité Editorial. El Editor y Editor Asociado son los garantes en primera instancia de hacer cumplir la política editorial de la revista, responsables del proceso editorial, la aceptación de trabajos para publicación, mantener la estructura del Comité Editorial, la selección de los pares externos, coordinar el proceso de estructuración y contenido de la revista, verificación de estilo, impresión y distribución de la revista en su versión impresa.

Apuntes de Ciencia & Sociedad es una revista arbitrada por tanto somete todas las contribuciones a un proceso de dictamen por pares académicos bajo la modalidad simple ciego (peer review single blind) para asegurar el cumplimiento de la política editorial y los estándares de calidad científica.

La revista no publica ningún tipo de propaganda comercial. Los nombres de equipos, materiales y productos manufacturados que eventualmente puedan mencionarse, no implican recomendación ni propaganda para su uso.

La revista Apuntes de Ciencia & Sociedad se encuentra indizada en:



www.latindex.org



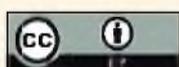
www.redib.org



dialnet.unirioja.es



doaj.org



Esta revista y sus contenidos están bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.

apuntes

de ciencia & sociedad

Vol. 5 Nº 2, Julio - Diciembre 2015

Editor

Wilfredo Bulege Gutiérrez

Editor asociado

Víctor Campos Urbano

Comité Editorial

Hugo Miguel Miguel - Universidad Nacional del Centro del Perú
Juan Bullón Ames - Universidad Nacional del Centro del Perú
Eusebio Zenón Castro León - Universidad Nacional del Centro del Perú
María Custodio Villanueva - Universidad Nacional del Centro del Perú
Manuel Enrique Chenet - Universidad San Ignacio de Loyola
Roberto Vega Paulino - Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Miguel Angel Barcenás Sarabia - Universidad Nacional Autónoma de México
Alejandra Castillo Cano - Universidad Privada Telesup
Deyby Evin Viera Peralta - Universidad Peruana Los Andes
Claudia Ríos Cataño - Universidad Continental
Virginia Navarro Salvador - Universidad Continental

Asistente de edición

Jackelin Santos Paucar
Anel Wismann Facil

Traducción

Milagros Infante Montero
Edda Bullón Castillo

Diseño y diagramación

Freddy Melgar Mayta

Fotografía

Milagros Herrera De la Cruz. Fotografía de portada: Danza "La Tunantada", Jauja, Junín, Perú

Publicación electrónica

Aldo Miguel Orellana

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

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2008-00185
Razón social: Universidad Continental S. A. C.
Dirección: Av. San Carlos Nº 1980, Huancayo, Perú
Teléfono, fax: (51 64) 481430, (51 64) 221929
Correo electrónico: revista-apuntes@continental.edu.pe
Impreso en: Editora Imprenta Ríos S.A.C.
Dirección: Jr. Puno Nº 144
Tiraje: 500 ejemplares
Distribución gratuita y por canje

CONTENIDO / CONTENT

186	COP 21: Acuerdo contra el cambio climático en París COP 21: Agreement on climate change in Paris.	Wilfredo Bulege Gutiérrez	Editorial
188	Evaluación del Modelo Climático Global MIROC5 y estimaciones de temperatura y precipitaciones para las zonas sur y norte del Perú / MIROC5 Global Climate Model evaluation, temperature estimations and precipitations for Peru's southern and northern.	Aldo S. Moya Álvarez, José Ortega León, Ximena Jurado Pacheco	Artículo original / Original article
196	Análisis de variables meteorológicas registradas por la estación automática de la Universidad Continental en Huancayo, 2015 / Analysis of meteorological variables recorded by the Universidad Continental automatic station in Huancayo, 2015.	René Estevan Arredondo	Artículo original / Original article
205	Modelos e instrumentos para estudios sobre espesor óptico de aerosoles y su relación con el forzamiento radiativo terrestre. Models and tools for studies on aerosol optical thickness and its relation to the Earth's radiative forcing.	Pamela R. Piñas Sumalave	Ensayo / Essay
211	Evaluación de la energía térmica solar para generación de electricidad mediante un sistema Stirling en Huancayo. Solar thermal energy evaluation to generate electricity using a Stirling system in Huancayo.	Juan A. Cámac Núñez, Jacinto Arroyo Aliaga, Luis E. Astuhuaman Artica	Artículo original / Original article
218	Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca del Canipaco, Huancayo. Carbon storage in natural pastures of the Canipaco subbasin, Huancayo.	Christian Quispe Navarro, Fernando Quispe Contreras, Raul Yaranga Cano	Artículo original / Original article
228	Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín. Economic estimation of water and carbon storage in the Villa Junín rural community.	Miguel Ángel Vila Balbin, Liz Amelia Chupan Minaya	Artículo original / Original article
234	Percepción a la variabilidad y cambio climático en comunidades campesinas del Valle del Mantaro. Variability and climate change perception on the Mantaro Valley rural communities.	Arturo Anco Arroyo, José Castañeda Cahuana, Guillermo Carlos Gómez	Artículo original / Original article
243	Diseño de una fuente conmutada y galvanómetro digital para calibración de respuesta angular de sensores de radiación solar. Switching power supply and digital galvanometer design for calibrating an angular response of solar radiation sensors.	Nelson Díaz Spencer, Leonardo Fernández Castillo, Juan Antuña Sánchez, et al.	Artículo original / Original article
249	Dendrocronología de <i>Alnus acuminata</i> en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo. <i>Alnus acuminata</i> dendrochronology in the San Pedro de Saño private forest, Huancayo.	Edilson J. Requena Rojas	Artículo original / Original article
257	Biodiversidad florística del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Ucayali. Floristic biodiversity in the Universidad Nacional de Ucayali Botanical Garden.	Víctor A. Araujo Abanto, Fernando Velásquez de la Cruz	Artículo original / Original article
266	Aprovechamiento de semillas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco) como producto alimenticio. <i>Dipteryx odorata</i> (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco) seeds as a food product.	Aparicio Limache Alonzo	Artículo original / Original article
275	Contaminación de alimentos marinos por cadmio en Lima, 2015. Seafood contamination by Cadmium in Lima, 2015.	Gloria M. Marín Vallejos	Artículo original / Original article

Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú. Microbiological, chemical and physical parameters assessment of pressed fresh cheese produced in the Junin region, Perú. Leonor J. Guzmán Estremadoyro, Noemí A. Mayorga Sánchez, et al. <i>Artículo original / Original article</i>	280	INGENIERÍA
Aplicación del método de diseño de mezclas en la formulación de un alimento para perros. Dog food formulation applying the mixing design method. Carlos Elías Peñafiel, Antonio Obregón La Rosa, Eliana Contreras López, et al. <i>Artículo original / Original article</i>	287	
Descripción de sistemas productivos en hatos lecheros del Valle del Mantaro y factores de riesgo para la Diarrea Viral Bovina y Neosporosis / Description of production systems in dairy cattle herds in the Mantaro Valley, and risk factors associated with Bovine Viral Diarrhea and Neosporosis. Fernando Arauco Villar <i>Artículo original / Original article</i>	293	
Historia breve de las enfermedades tropicales en América. Brief history of tropical diseases in America. Dulce María del Carmen Delgadillo Álvarez <i>Ensayo / Essay</i>	304	CIENCIAS DE LA SALUD
Tipo de arcada y plano terminal molar de la dentición temporal y su correlación con las clases de maloclusión de la dentición permanente / Terminal plane and dental arch form in temporal dentition correlated to angle class malocclusion in permanent dentition. Ana C. Pascual Serna, Eduardo López Pagán <i>Artículo original / Original article</i>	310	
Participación social y cuidado de la salud reproductiva en comunidades rurales de Junín. Social participation and reproductive health care in rural communities in Junin. María L. Romero Santillana <i>Artículo original / Original article</i>	316	
Promoción y prevención del cáncer de cérvix en Huancayo. Campaign for cervical cancer prevention in Huancayo. Arleth Mejia Cuyatti, Leticia Ribbeck Soto, Nataly Romero Manrique <i>Ensayo / Essay</i>	322	CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
El psicólogo educacional en contextos educativos no formales e informales. The educational psychologist in non-formal and informal educational settings. Luis A. Rodríguez de los Ríos <i>Ensayo / Essay</i>	327	
Clima organizacional y desempeño laboral docente en instituciones educativas de nivel primario y secundario. Organizational climate and teaching job performance in elementary and high school educational institutions. Roberto Paco Ccora, José M. Matas Castañeda <i>Artículo original / Original article</i>	334	
Metodología indagatoria y rendimiento académico de estudiantes de la Universidad Continental, 2014. Research methodology and students' academic performance in Universidad Continental, 2014. Roxana P Espejo Ramos, Verónica Canales Guerra <i>Artículo original / Original article</i>	339	
Comportamiento de la eficiencia de los gobiernos locales de Junín mediante el análisis envoltante de datos. Efficiency analysis of local governments in Junin using data envelopment analysis. Ybnias E. Grijalva Yauri <i>Artículo original / Original article</i>	347	
#Ayotzinapa, origen y evolución del movimiento social mexicano en Twitter. #Ayotzinapa, origin and evolution of the mexican social movement on Twitter. Rocío Abascal Mena <i>Ensayo / Essay</i>	357	
Instrucciones para los autores. Guidelines for authors	365	

EDITORIAL

COP 21: Acuerdo contra el cambio climático en París

La Cumbre de París cierra un acuerdo histórico contra el cambio climático. Era la señal que muchos esperaban desde que los responsables de la mayoría de países del mundo comenzaron a discutir sobre el cambio climático hace más de dos décadas. Del mismo modo, era la señal que muchos inversores, atrapados ahora entre las dudas, querían oír para saber hacia dónde dirigir su dinero (1). El presidente francés, François Hollande, manifiesta que se trata del “primer acuerdo universal de la historia de las negociaciones climáticas” y de la mejor oportunidad para “cambiar el mundo” (2), y el presidente de Estados Unidos, Barack Obama, considera que es la decisión más ambiciosa de la historia, porque “establece el marco sostenible que el mundo necesita para resolver la crisis climática” (3).

Este acuerdo, definido también como convención internacional y que entrará en vigor a partir de 2020, tiene por objeto, conforme con su artículo 2, reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello plantea: a) mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático; b) aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; y c) elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (4).

Para lograr estos objetivos, los países se comprometen a evitar las emisiones lo antes posible y efectuar el proceso de reducción de manera rápida. Este plan de mitigación irá con un plan de financiación. Los países deben fijar cada cinco años

sus objetivos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Hasta hoy, 186 de los 195 países participantes en la cumbre ya lo han hecho (5). El primer análisis de la ejecución de los planes será el 2018 y la primera actualización al alza ocurrirá el 2020 (6). El Protocolo de Kioto apostó por fijar metas obligatorias individuales a cada país, y solo logró cubrir el 11 % de las emisiones mundiales, bajo este nuevo acuerdo a los países desarrollados se les fijan mayores exigencias. Por ejemplo, se establece que ellos deberán “seguir encabezando los esfuerzos” en reducción de emisiones; asimismo para la financiación, los países movilizarán un fondo de 100 mil millones de dólares anuales a partir de 2020, y desde 2025, se revisará al alza. A este fondo también podrán aportar los países emergentes, aunque de manera voluntaria. El fondo anual se destinará para que los Estados con menos recursos puedan adaptarse al cambio climático; por ejemplo, con medidas de protección por el aumento del nivel del mar. También servirán para que esos mismos países puedan crecer económicamente pero con bajas emisiones de dióxido de carbono (1).

Elevar los “flujos financieros” tendrá un efecto positivo para caminar hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero, cuya sobreacumulación en la atmósfera por las actividades humanas ha desencadenado el cambio climático (1).

La conferencia finalmente ha dado sus frutos, los 195 países reunidos después de dos semanas de polémicas negociaciones, han alcanzado un gran acuerdo, que ahora para su vigencia deberá ser ratificado por 55 países que representen al menos 55 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Una de las razones por el que el acuerdo de Copenhague fue considerado un “fracaso” por las organizaciones ambientales, es que al carecer de efectos vinculantes, el pacto no tenía la suficiente validez que le permitiera ejecutar lo que se había acordado. La otra gran diferencia es el tema del aumento de la temperatura global. Fue en

Copenhague donde se estableció el límite de 2 °C, pero es en París donde queda fijada hasta el 1,5 °C.

El acuerdo tiene el enorme mérito de ser vinculante, decisión asumida para mantener en la lucha contra el cambio climático a todos los países firmantes. Estos se comprometieron a emprender de manera voluntaria, no vinculante, los objetivos de reducción de emisiones. Como dijo la ministra de Medio Ambiente sudafricana, Edna Molewa, al hablar en representación de los 130 países emergentes y en vías de desarrollo, el acuerdo "no es perfecto", pero constituye "una base sólida, a partir de la cual podemos lanzar un accionar intensificado con renovada determinación" (7).

6. Arévalo C. 195 países firman histórico acuerdo en la COP21 de París. La República. 2015 Dic, 13; 23.
7. Le Bourger. El mundo se pone de acuerdo para frenar el cambio climático. El Comercio. 2015 Dic. 13; A18.

Wilfredo Bulege Gutiérrez
Editor

Referencias bibliográficas:

1. Planelles M. la Cumbre de París cierra un acuerdo histórico contra el cambio climático. El País. [Online]. 2015 Dic. [cited 2015 12 14. Available from: http://internacional.elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html
2. El Comercio [Internet]. COP21: "Acuerdo climático será un gran acto para la humanidad". El Comercio. [Online]. 2015 Dic. 12 9:25. Available from: <http://elcomercio.pe/mundo/medio-ambiente/cop21-acuerdo-climatico-gran-acto-humanidad-noticia-1863276>
3. El Comercio. Barack Obama en la COP21: "Esto es enorme". El Comercio. [Online]. 2015 Dic. 12 19: 21. Available from: <http://elcomercio.pe/mundo/medio-ambiente/barack-obama-sobre-acuerdo-cop21-esto-enorme-noticia-1863336>
4. Naciones Unidas. Convención Marco de Cambio Climático [Internet]. París: Conferencia de las Partes. [Online]. 2015 Dic. 12. Aprobación del Acuerdo de París. Available from: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>
5. BBC. COP21: Aprueban histórico acuerdo contra cambio climático en la Cumbre de París. BBC Mundo. [Online]. 2015 Dic. 12. Available from: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151211_cumbre_clima_paris_cop21_acuerdo_az

Evaluación del Modelo Climático Global MIROC5 y estimaciones de temperatura y precipitaciones para las zonas sur y norte del Perú

MIROC5 Global Climate Model evaluation, temperature estimations and precipitations for Peru's southern and northern

Aldo S. Moya Álvarez¹
Universidad Continental
aldomoya00@gmail.com

Jose M. Ortega León²
Centro Meteorológico de
Villa Clara, Cuba

Ximena Jurado Pacheco³
Universidad Continental

RESUMEN

El objetivo radicó en evaluar los resultados del Modelo Climático Global MIROC5 para Perú y obtener una perspectiva del comportamiento futuro de las temperaturas y las precipitaciones para las zonas sur y norte del Perú. Se tomaron datos de salida "historical" del modelo, empleado por el IPCC en el Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados, fase cinco (CMIP5) y se realizó una verificación para el tiempo presente, a partir de la cual se ajustaron sus proyecciones simuladas y se obtuvieron las tendencias futuras de las precipitaciones y la temperatura hacia 2030, 2070 y 2100. Como resultado se obtuvo un incremento de las precipitaciones hacia la zona norte del país (27,6 % hacia 2100), que incluye la zona costera y la región de Iquitos, al tiempo que puede esperarse una disminución hacia el sector sur. Para la temperatura se prevé un incremento en todo el país, pero las tendencias más pronunciadas se esperan en el sector sur del territorio. Hacia el 2030 para el escenario RCP 8.5 se estiman incrementos de hasta 1,16 °C para Pucallpa y 0,22 °C para Piura. Se concluye que las precipitaciones se incrementarán en el norte y disminuirán en el sur, mientras las temperaturas se incrementarán en todo el país, pero más significativamente en el sector sur.

Palabras clave: Cambio climático, modelos climáticos, escenarios climáticos, temperatura, precipitación.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the results of the MIROC5 Global Climate Model for Peru and to get a perspective of the temperatures future behavior and precipitations for the southern and northern sectors of the country. The "historical" output data from the model were taken, used by the IPCC in the Coupled Models Inter-comparison Project, stage 5 (CMIP5) and a verification was conducted for the present time, through this the simulated projections were adjusted and precipitation and temperature future trends towards 2030, 2070 and 2100 were obtained. As a result, a precipitation increase to the northern side of the country (27,6 % by 2100) was obtained, It includes the coastal zone and the Iquitos region, while a decrease can be expected to the south side. Temperature is expected to increase throughout the country, but the most pronounced trends are expected in the southern side of the territory. Towards 2030 RCP 8.5 scenario is expected to increase up to 1,16 °C for Pucallpa and 0,22 °C for Piura. So precipitations will increase in the northern and in the south will be lower, while temperatures will increase throughout the country, but more significantly in the southern side.

Keywords: Climate change, climate models, climate scenarios, temperature, precipitation.

Historial del artículo:

Recibido: 11 de octubre de 2015. Aprobado: 17 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Ingeniero Meteorólogo. Doctor en Ciencias Meteorológicas. Jefe de pronósticos de Villa Clara, Cuba. Investigador de la Universidad Continental, Perú.

² Licenciado en Ciencias de la Computación, Centro Meteorológico de Villa Clara, Cuba.

³ Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático es definido como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones del clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas medias o en la distribución de eventos en torno a ellas, como serían, por ejemplo, los fenómenos meteorológicos extremos. En los últimos años el término "Cambio Climático" ha estado referido fundamentalmente al cambio causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término "cambio climático" ha llegado a ser sinónimo de "calentamiento global antropogénico".

En 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, más conocido por sus siglas en inglés como IPCC, con el objetivo de proporcionar información objetiva y clara sobre el estado de conocimientos acerca del cambio climático a los responsables políticos y otros sectores interesados.

Hasta el año 2014 el IPCC ha emitido cinco informes de evaluación del cambio climático, en los años 1990, 1995, 2001, 2007 y el más reciente entre los años 2013 y 2014. Para la realización de sus investigaciones el IPCC se basa fundamentalmente en los llamados Modelos Climáticos Globales (MCG), capaces de reproducir matemáticamente de una forma adecuada, los principales procesos que ocurren en los cinco componentes del sistema climático: atmósfera, océano, criosfera, geosfera y biosfera. Consisten en programas informáticos que se ejecutan en superordenadores con los que se resuelve numéricamente un conjunto de ecuaciones que expresan las leyes y principios de la física que gobiernan el sistema climático terrestre (1).

Perú es uno de los países de la llamada Comunidad Andina, cuyo clima es muy complejo por su diversidad, desde selvas tropicales hasta desiertos, pasando por la cordillera de los Andes. Los Andes han sido objeto de múltiples estudios sobre el tema del cambio climático, los cuales han abundado en sus perspectivas, impactos y consecuencias de diferentes maneras. Así, podemos encontrar en la literatura los trabajos de DeLucía et al. (2), Buytaert et al. (3), Caldas et al. (4), Hezog et al. (5), entre otros.

Para Perú existen varios precedentes relacionados con los escenarios de cambio climático hacia el futuro. Se encuentran entre ellos los trabajos de Marengo (6) y Marengo et al. (7) y Sanabria et al. (8), las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático (9

y 10). Igualmente se encuentran las investigaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), sobre escenarios de Cambio Climático para Perú y para diferentes cuencas (11, 12, 13, 14).

En la literatura internacional se encuentran trabajos que intentan evaluar el funcionamiento de uno o varios modelos sobre una región determinada, lo cual suele hacerse utilizando, indistintamente, modelos globales o modelos regionales (15, 16). En otras investigaciones se acoplan modelos en forma de "Ensamblajes", con el objetivo de construir escenarios climáticos para un país o una región determinada. Se pueden señalar en este caso los trabajos de Cabazos et al (17).

En el presente trabajo se muestra algunos resultados para Perú a partir del modelo MIROC5, incorporado al proyecto CMIP5, que corresponde a la quinta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Climáticos del Programa World Climate Research (WCRPs). El CMIP5 recoge un conjunto amplio de salidas modeladas que está disponible libremente a investigadores a través de un archivo de datos integrados y ha sido parte del quinto informe de evaluación del IPCC (18). El proyecto incluye simulaciones a largo plazo del clima del siglo XX y proyecciones para el siglo XXI y más allá. Recoge además, simulaciones a corto plazo centradas en las últimas décadas y el futuro hasta el año 2035. La principal particularidad de la investigación radica en que el modelo MIROC5 pertenece al grupo de modelos incorporados al CMIP5 y en que, el hecho de ajustar las simulaciones del modelo a partir de los resultados de la verificación, lo cual puede calificarse como una especie de reducción de escala estadística, permite obtener resultados más precisos en las perspectivas hacia los años 2030, 2070 y 2100.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo constituye una investigación aplicada. Para su realización se tomaron los datos de salida del modelo MIROC5, cuya procedencia y resolución se muestran en la tabla 1. Los escenarios tomados en cuenta fueron el RCP 8.5 y el RCP 4.5.

Los datos para validar el modelo fueron tomados de

Tabla N° 1: Modelo MIROC5, empleado en la presente investigación (corrida run1).

Modelo	Institución	Resolución
MIROC5	National Institute For Environmental Studies and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, JAPÓN	X=1.406°, Y=1.39°

siete estaciones meteorológicas de superficie del Perú, pertenecientes a la red del SENAMHI. La selección de las estaciones se hizo atendiendo a su ubicación geográfica, de manera que sus tendencias hacia el futuro brinden información sobre el posible clima del siglo XXI en diferentes sectores geográficos de la nación. Se tomaron los datos de temperatura media anual entre los años 1979 y 2000. Para esta variable el estudio se concentró en las siete localidades, mientras que para las precipitaciones se emplearon solo cinco (se excluyeron Piura y Pucallpa), atendiendo a la disponibilidad de datos de las observaciones meteorológicas.

Para la temperatura se seleccionó el período antes mencionado atendiendo a que durante ese lapso se produjo el incremento más notable de esta variable en el siglo pasado, que se enmarcó entre mediados de la década de los años 70 y el año 2000, como se aprecia

De esta manera se puede comprobar que los modelos climáticos globales son capaces de reproducir bastante bien la distribución a gran escala de las principales variables climáticas y simulan de forma muy aceptable, los grandes rasgos del cambio climático observado. Gran parte de ellos coinciden cuantitativamente con muchos aspectos del cambio climático futuro (21).

No obstante, a escalas espaciales pequeñas se perciben algunas diferencias entre observaciones y resultados, así como, discrepancias entre los propios modelos globales. Esto se atribuye, principalmente, a su baja resolución espacial, la cual trata de paliarse con la aplicación de modelos climáticos regionales más detallados o mediante el empleo de la llamada reducción de escala estadística, que intenta corregir las estimaciones de los modelos a partir de cómo hayan simulado el clima presente.

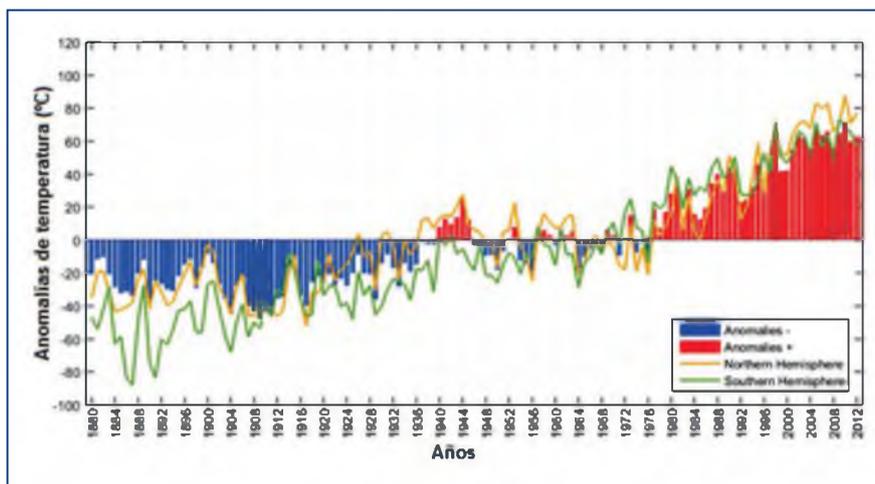


Figura N° 1: Variación interanual de la temperatura media global y para los hemisferios sur y norte en el período 1880 – 2012 (Período base: 1951 - 1980).

en la figura 1 (19).

Para la verificación de las precipitaciones se emplearon las series de datos comprendidas entre los años 1984 y 1994 para las localidades de Iquitos, Chiclayo y Cusco; entre 1986 y 1996 para la localidad de Arequipa y entre 1980 y 1990 para la localidad de Tacna, todas enmarcadas en el período 1979 al 2000, mencionado anteriormente. En este caso, el empleo de las series de datos de observaciones se realizó, además, atendiendo a la disponibilidad de datos suministrados por el SENAMHI.

La fiabilidad de los modelos climáticos se suele valorar analizando su destreza para reproducir el clima presente, su habilidad para simular los cambios climáticos observados en las últimas décadas o el grado de convergencia entre las proyecciones de cambio climático futuro que ofrecen (20).

Atendiendo a estos comentarios, se verificó el trabajo del modelo para el clima presente y las desviaciones resultantes fueron tomadas en cuenta para ajustar las simulaciones hacia el futuro, de forma tal, que los resultados obtenidos filtren los errores detectados durante la verificación.

La metodología se ejecutó de la siguiente forma:

1. Se descargaron los datos de temperaturas medias mensuales, de la salida del modelo y de las corridas "historical" del German Climate Computing Centre (22).
2. Se decodificaron los datos con ayuda del programa "DecodSC", desarrollado específicamente para decodificar dicha información.
3. Se realizó una interpolación para obtener los

valores para cada punto, tanto de las salidas a futuro como de las corridas "historical". Para obtener los datos para cada punto seleccionado se empleó el método de interpolación "Spline Bicúbico". Este algoritmo sustituye a los viejos algoritmos de interpolación bicúbica por splines bicúbicos. Se trata de un algoritmo de interpolación de altas prestaciones, que proporciona resultados excelentes tanto en lo relativo a la velocidad de

mencionadas. En este paso se emplearon dos métodos:

- a) Se empleó la fórmula 1 de error medio absoluto (AME, por sus siglas en inglés), que permitió calcular la desviación media absoluta entre la serie simulada por cada modelo y la observada en cada estación meteorológica.

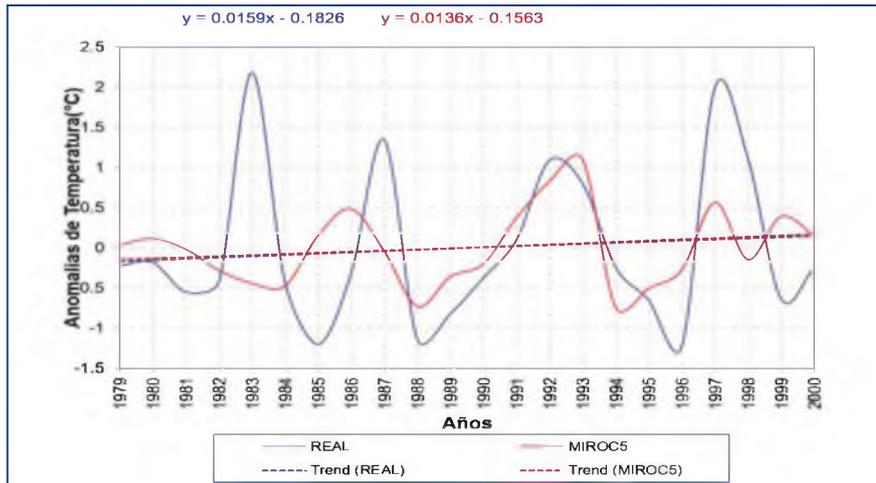


Figura N° 2: Tendencias de la temperatura media anual observada y simulada por el modelo MIROC5 para el período 1979 - 2000 en Chiclayo.

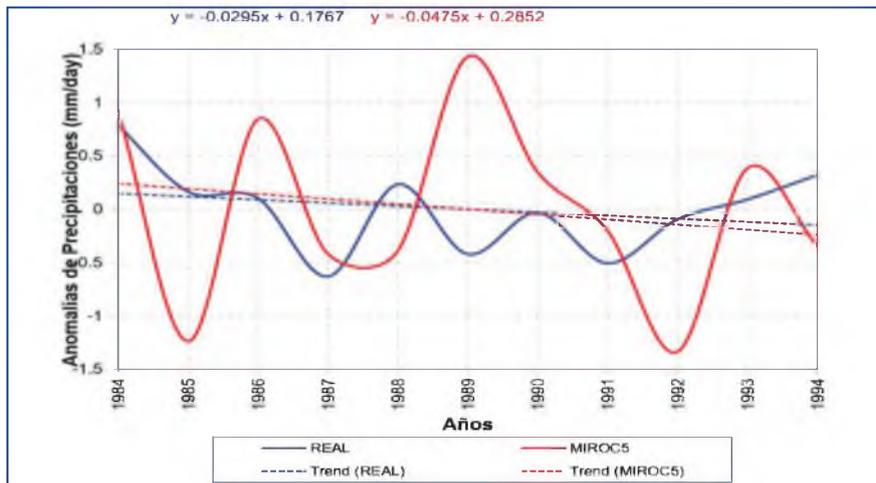


Figura N° 3: Tendencias de la precipitación media anual observada y simulada por el modelo MIROC5 para el período 1984 - 1994 en Cusco.

- ejecución como a la calidad de los resultados.
- 4. Se les realizó la prueba de homogeneidad de las medias anuales observadas a las siete estaciones meteorológicas tomadas para el estudio utilizando los estadísticos "T" de Student-Fisher ($P < 0,05$).
- 5. Se realizaron las verificaciones para cada punto mediante el empleo de las corridas "historical" y los datos de las observaciones de las estaciones

$$AME_{abs} = \frac{1}{N} \sum_i^N [|P_F(i) - P_A(i)|] \quad (1)$$

Donde:

AME_{abs} = Desviación media absoluta entre la variable observada y simulada, calculada para cada punto seleccionado.

Tabla N° 2: Tendencias (°C) descritas por las simulaciones del modelo MIROC5 en las siete localidades estudiadas para el período 1979-2000.

Localidades	Modelo Climático Global	
	MIROC5	
Piura	0,26	
Chiclayo	0,28	
Iquitos	0,16	
Cusco	0,36	
Pucallpa	0,91	
Arequipa	0,39	
Tacna	0,46	
Promedio	0,40	

$P_F(i), P_A(i)$ = Variable, pronóstico y análisis respectivamente, para cada año de la serie tomada.

N = Cantidad de años tomados para la verificación.

- b) Se construyeron las curvas de comportamiento de las temperaturas simuladas y observadas entre los años 1979 y 2000, y se determinó su tendencia (se muestran como ejemplo las figuras 2 y 3). Seguidamente se determinaron los porcentajes de subestimación o sobreestimación del modelo en relación con las tendencias observadas a partir de los datos de las estaciones meteorológicas. Este paso permite tener una idea de en qué medida las tendencias descritas por el MIROC5 hacia el 2100 pueden estar siendo subestimados o sobrestimados.

Tabla N° 3: Resultados de la verificación del funcionamiento del modelo MIROC5 respecto a las observaciones.

Localidades	Modelo Climático Global	
	MIROC5	
	AME	% T
Piura	0,69	450,0
Chiclayo	0,67	-14,0
Iquitos	0,37	266,0
Cusco	0,50	-59,0
Pucallpa	0,58	416,0
Arequipa	0,45	-45,0
Tacna	0,37	159,0
Promedio	0,52	167,6

6. Se construyeron las curvas de estimación desde el año 2006 hasta el 2100 para cada punto y escenario seleccionado. Se determinaron las tendencias y los cambios esperados hacia 2030, 2070 y 2100, en relación con el período de referencia 1986 – 2005. Las tendencias fueron ajustadas a partir de los resultados obtenidos en el paso 5.

RESULTADOS

Los resultados de la verificación del funcionamiento del modelo respecto a las observaciones para cada estación meteorológica, tomada en cuenta para la variable "temperatura media anual", se muestran en las tablas 2 y 3. En la tabla 2 se presentan las tendencias descritas por las simulaciones del modelo en los siete departamentos y en la tabla 3 los resultados de la verificación con los datos de las observaciones. En esta última, "AME" es la desviación media absoluta entre

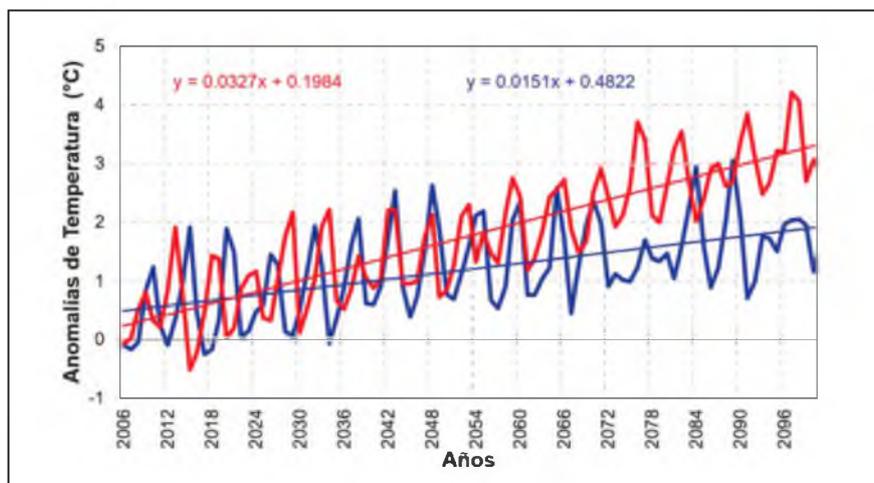


Figura N° 4: Tendencia de las anomalías de temperatura media anual, simuladas por el modelo MIROC5 para los escenarios RCO 4.5 (azul) y RCP 8.5 (rojo), para Chiclayo.

la temperatura media anual simulada y la observada en el período 1979 - 2000. El parámetro "% T" es el porcentaje de sobreestimación o subestimación de las tendencias simuladas respecto a las observadas en dicho período. El signo negativo indica que el modelo subestimó la tendencia en relación con la observada.

En la tabla 2 se aprecia que en sentido general el modelo describió tendencias ascendentes de la temperatura.

En la tabla 3 se aprecia que de forma general el modelo sobrestimó la tendencia de la temperatura durante el período evaluado, como promedio, en un 167,6 %,

anual hacia 2100, así como su tendencia, simulada por el modelo MIROC5 para Chiclayo. De igual forma se construyeron para el resto de las ciudades.

En la tabla 4 se aprecia que los mayores incrementos se esperan en Pucallpa y Arequipa, mientras que en el norte los incrementos de temperatura estimados son menos significativos. En sentido general para el escenario RCP 8.5 se obtuvo el mayor incremento para Pucallpa con 1,16; 3,41 y 4,6 °C; y los menores para Piura, con 0,22, 0,52 y 0,75 °C para 2030, 2070 y 2100, respectivamente.

Para las precipitaciones se realizó un procedimiento

Tabla N° 4: Anomalías esperadas (°C) para los escenarios RCP 8.5 y RCP 4.5 hacia los años 2030, 2070 y 2100 para los cinco puntos seleccionados con referencia a la temperatura media anual del período 1986 - 2005.

Localidades	Anomalía RCP 8.5			Anomalía RCP 4.5			
	2030	2070	2100	2030	2070	2100	
Norte	Piura	0,22	0,52	0,75	0,19	0,32	0,41
	Chiclayo	0,96	1,95	2,90	0,98	1,66	2,18
	Iquitos	0,42	1,00	1,44	0,33	0,57	0,75
	Pucallpa	1,16	3,41	4,60	1,05	1,88	2,68
Sur	Cusco	0,32	0,72	1,03	0,25	0,44	0,59
	Arequipa	1,07	3,36	4,56	1,01	1,76	2,14
	Tacna	0,75	1,83	2,64	0,63	1,13	1,50

Tabla N° 5: Tendencias (mm/día) descritas por las simulaciones del modelo MIROC5 en las siete ciudades para el período de 11 años estudiado.

Localidades	Modelo Climático Global
	MIROC5
Chiclayo	0,86
Iquitos	-0,20
Cusco	-0,48
Arequipa	0,03
Tacna	0,13
General	0,45

con los valores más elevados para Piura, Iquitos y Pucallpa. Las mejores simulaciones tuvieron lugar para Arequipa y Chiclayo. En el caso de la desviación media absoluta, esta resultó de 0,52 °C, de forma general, con el valor más bajo para Iquitos y Tacna.

Simulaciones a futuro

Sobre la base de estos resultados se construyeron las curvas de tendencia para cinco ciudades y los escenarios RCP 8.5 y RCP 4.5.

La figura 4 muestra la curva de comportamiento esperado de las anomalías de temperatura media

Tabla N° 6: Resultados de la verificación del funcionamiento de los cinco modelos seleccionados respecto a las observaciones.

Localidades	Modelo Climático Global	
	MIROC5	
	AME	% T
Chiclayo	0,37	2664
Iquitos	0,75	-111
Cusco	0,36	61
Arequipa	0,46	120
Tacna	0,32	2740
General	0,45	1090

similar. La tabla 5 muestra las tendencias descritas por el modelo para cada ciudad estudiada en los períodos correspondientes (clima presente). En general el modelo estimó incremento de las precipitaciones para tres de las cinco ciudades.

En la tabla 6 se representan los resultados obtenidos para los parámetros "AME" y "% T". Los resultados dejan claro que el modelo sobrestimó significativamente en sus pronósticos con excepción de Iquitos. El mejor pronóstico se realizó para Cusco.

La figura 5 representa la curva de comportamiento esperado de las anomalías de precipitación media

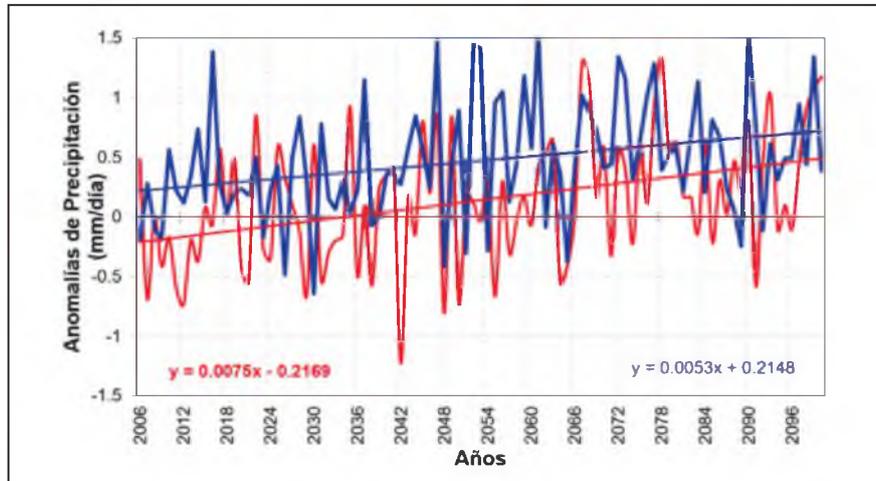


Figura N° 5: Tendencia de las anomalías de la precipitación media anual, simuladas por el modelo MIROC5 para los escenarios RCP 4.5 (azul) y RCP 8.5 (rojo), para Iquitos.

Tabla N° 7: Anomalías esperadas (%) para los escenarios RCP 8.5 y RCP 4.5 hacia los años 2030, 2070 y 2100, para los cinco puntos seleccionados con referencia a la precipitación media anual (mm/días) del período 1986 - 2005.

Localidades	Anomalia RCP 8.5			Anomalia RCP 4.5		
	2030	2070	2100	2030	2070	2100
Norte Chiclayo	0,6	1,6	2,4	0,79	1,22	1,55
Iquitos	8,3	19,1	27,6	12,4	20,1	25,6
Sur Cusco	-8,4	-3,7	-0,3	-9,3	-8,0	-7,0
Arequipa	-0,6	-1,8	-6,7	-1,9	-1,8	-4,2
Tacna	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0

anual hacia 2100, así como su tendencia, simulada por el modelo para Iquitos.

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos para cada ciudad. El modelo sugiere un decrecimiento en el régimen de precipitaciones para las localidades del sur (Cusco, Arequipa y Tacna) y un incremento para las localidades en el norte, ligeramente hacia la ciudad de Chiclayo y de forma más marcada hacia la zona selvática de Iquitos.

El signo negativo en los valores -0,0, para Tacna, se debe a que las tendencias esperadas son descendentes, pero sus módulos se enmarcan en el orden de las centésimas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos coinciden con otros estudios realizados sobre el tema, aunque con datos pertenecientes a experimentos anteriores del IPCC, en que los mayores incrementos de temperatura deben esperarse hacia el centro y sur del país. Rosas et al (13) publicaron que los incrementos de temperatura a esperar en la zona alta de Piura (norte de Perú) estarían entre 0,2 y 2 °C hacia 2030, mientras que

para el sur estimó incrementos superiores a los 2 °C para el mismo período. De manera que los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden en que los mayores incrementos estarían en el sur del país disminuyendo hacia el norte, pero con incrementos menos significativos en ambos casos.

Para el caso de las precipitaciones los resultados coinciden con los publicados en la segunda comunicación nacional (10), que señaló incrementos de las precipitaciones hacia la costa norte y en la zona de Iquitos, con una disminución en la zona de Tacna, extremo sur del país. En este caso, el crecimiento en la zona de Iquitos es significativo. Hacia el sur se espera una disminución de las precipitaciones en relación con el periodo 1986 - 2005.

En conclusión, para el escenario RCP 8.5 se esperan los mayores incrementos de temperaturas hacia las ciudades de Pucallpa, Arequipa y Tacna (entre 0,7 y 1,2 °C hacia 2030), al igual que para la ciudad costera de Chiclayo (norte). Los incrementos más discretos se obtuvieron para las ciudades de Piura, Cusco e Iquitos (entre 0,2 y 0,5 °C hacia 2030). De manera general, los incrementos más notables se esperan hacia el centro y sur del país. Se sugieren incrementos de las precipitaciones hacia la costa norte (Chiclayo) y en la

selva nororiental del país, mientras en las ciudades de Cusco, Tacna y Arequipa se espera precipitaciones inferiores a las registradas en el período 1986 - 2005. Para el escenario RCP 4,5 los resultados son similares, aunque en el caso de la temperatura, los incrementos a esperar son más discretos.

Agradecimientos

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por facilitar el acceso a los datos meteorológicos del periodo 1979 - 2000; asimismo a la Universidad Continental por los recursos financieros para la ejecución de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McGuffie K, Henderson-Sellers A. A Climate Modelling Primer. 3rd ed. Wiley J, Sons , editors. Chichester: Wiley; 2005.
- DeLucia EH, Casteel CL, Nabity PD, O'Neill BF Insects take a bigger bite out of plants in a warmer, higher carbon dioxide world. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008; 105(6): p. 1781-1782.
- Buytaert W, Célleri R, Timbe L. Predicting climate change impacts on water resources in the tropical Andes: Effects of GCM uncertainty. *Geophysical Research Letters*. 2009; 36(7): p. 1-11.
- Zapata-Caldas E, Jarvis A, Ramirez J, Lau C. Potenciales impactos del Cambio Climático en cultivos andinos. Serie Panorama Andino sobre Cambio Climático Lima-Quito: CONDESAN-SGCAN; 2011.
- Herzog SK, Martínez R, Jørgensen PM, Tiessen H. Climate change and biodiversity in the Tropical Andes. Paris: Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE); 2011.
- Marengo JA. Escenarios de Cambio Climático em América del Sur: Impactos, vulnerabilidad y adaptación em relación a extremos. 2007. Disponible en: http://pnud.cptec.inpe.br/itens/entrenamiento2/apresentacoes/Escenarios%20de%20cambio%20climatico%20en%20America%20del%20Sur_Jose%20Marengo.pdf.
- Marengo JA, Jones R, Alves LM, Valverde MC. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*. 2009; 29(15): p. 2241-2255.
- Sanabria J, Marengo JA, Valverde M. Escenarios de Cambio Climático com modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (departamento de Puno). *Revista Peruana Geo-Atmosférica*. 2009;(1): p. 134-149.
- Ministerio del Ambiente del Perú. Primera Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Informe técnico. Lima: MINAM, Consejo Nacional del Ambiente; 2001.
- Ministerio del Ambiente del Perú. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Informe técnico. Lima: MINAM, Consejo Nacional del Ambiente; 2010.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100. Informe técnico. Lima: SENAMHI, Centro de Predicción Numérica; 2007.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Urubamba para el año 2100. Informe técnico. Lima: SENAMHI, Centro de Predicción Numérica; 2009.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Escenarios climáticos en el Perú para el año 2030. Informe técnico. Lima: SENAMHI, Centro de Predicción Numérica; 2009.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Escenarios climáticos en la cuenca del río Santa para el año 2030. Informe técnico. Lima: SENAMHI, Centro de Predicción Numérica ; 2009.
- Blázquez J. Proyecciones climáticas sobre Sudamérica utilizando modelos climáticos globales. Análisis de incertidumbres. Tesis doctoral. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; 2011.
- Alcañal R. Simulaciones climáticas para Chile entre los años 2030 y 2060. In Taller Regional de Meteorología y Retos Tecnológicos en las Ciencias del Clima y la Energía Renovable; 2014; Montevideo.
- Cavazos T, Salinas JA, Martínez B, Colorado C, Grau P, et al. Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Informe técnico. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; 2013.
- Taylor E, Stouffer J, Meehl A. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2012; 93(4): p. 485-498.
- NASA. Goddard Institute for Space Studies. [Online].; 2015 [cited 2014 Noviembre 15]. Available from: <http://www.giss.nasa.gov/>.
- Raisänen J. How reliable are climate models? *Tellus*. 2007; 59(1): p. 2-29.
- AchutaRao K, Covey C, Doutriaux C, Fiorino M, Gleckler P, et al. An Appraisal of Coupled Climate Model Simulations Bader D, editor. California: Lawrence Livermore National Laboratory; 2004.
- Deutsches Klimarechenzentrum. [Online]. [cited 2014 Noviembre 14]. Available from: http://www.dkrz.de/daten-en/cera/data_base.

Análisis de las variables meteorológicas registradas por la estación automática de la Universidad Continental en Huancayo, 2015

Analysis of meteorological variables recorded by the Universidad Continental automatic station in Huancayo, 2015

René Estevan Arredondo¹
Universidad Continental
realcmw@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de las variables meteorológicas registradas por la estación automática instalada en la Universidad Continental, durante el período de abril y septiembre de 2015. En ésta investigación se determinaron los principales estadígrafos de las variables estudiadas, así como las tendencias de las mismas. A partir de los estadígrafos, tendencias y las figuras elaboradas para cada variable, se analizaron las principales características que describen el comportamiento de cada una de las variables registradas, dentro del período estudiado. Durante este período han existido irregularidades con algunos sensores, fundamentalmente el de radiación solar, lo cual limita en cierta medida los resultados aquí obtenidos. El potencial solar medio calculado para este estudio alcanza la magnitud de $5,1 \text{ kWh m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, siendo agosto el mes de mayor potencial. El viento predominante es de rumbo norte (N). La velocidad media del viento es de $1,07 \text{ m s}^{-1}$ y la velocidad máxima registrada tuvo lugar el 6 de mayo con una magnitud de $10,3 \text{ m s}^{-1}$ con rumbo norte (N). Puede considerarse, teniendo en cuenta el límite temporal de esta investigación, que el 2015 ha sido un año más cálido, cuando se compara con los valores medios mensuales calculados para mayores períodos de tiempo. El régimen de precipitaciones muestra una distribución anómala en comparación con otras investigaciones que abordan mayores períodos de tiempos, no obstante, los valores acumulados se encuentran en el mismo orden de magnitud.

Palabras clave: Temperatura, presión, irradiancia, potencial solar, tendencias.

ABSTRACT

The objective is to analyze the meteorological variables behavior recorded by the installed automatic station in the Universidad Continental, during the April and September 2015 period. The research determine the main statisticians of the studied variables, as well as its trends. From statisticians, trends and made figures for each variable, the main characteristics which describe each registered variables behavior during the analyzed period were analyzed. During this period there have been irregularities with some sensors, mainly with the solar radiation, limiting in some way the obtained results. The average solar potential calculated for this research reaches the magnitude of $5,1 \text{ kWh m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, being august the month with the greatest potential value. The prevailing wind is in the north direction (N). The average wind speed is only $1,07 \text{ m s}^{-1}$ and the maximum recorded speed took place on May 6 with a magnitude of $10,3 \text{ m s}^{-1}$ to the north (N) direction. It may be considered, taking into account the time limit of this research, that 2015 was a warmer year, when compared with the monthly average values calculated for longer periods of time. The precipitations regime shows an anomalous distribution compared to other researchs addressing longer periods of time, however, the accumulated values are in the same magnitude order.

Keywords: Temperature, pressure, irradiance, solar potential, trends.

Historial del artículo:

Recibido: 14 de agosto de 2015. Aprobado: 8 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Doctor en Ciencias Meteorológicas, Investigador de la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

La Estación Meteorológica Automática (EMA) de la Universidad Continental se encuentra ubicada en los 12°02'75" de latitud Sur y los 75°11'51" de longitud Oeste, a una altitud de 3 307 m s.n.m. en la ciudad de Huancayo – Perú. Los datos generados por esta estación son empleados en el marco del proyecto: "Estudio de la variación de las propiedades ópticas de los aerosoles debido a las quemadas de vegetación para evaluar su influencia en el forzamiento radiativo terrestre"; el cual tiene entre sus objetivos evaluar el efecto que provocan los aerosoles atmosféricos generados por la quema de biomasa en los procesos de transferencia radiativa de la atmósfera (1, 2, 3, 4).

Las mediciones que se realizaron con la EMA juegan un importante papel dentro de la investigación, fundamentalmente las mediciones de radiación solar en superficie.

Al no existir antecedentes de trabajos similares para la

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación es de nivel descriptivo comparativo y para ella se ha contado con la EMA marca Hobo Energy que en el mes de febrero de 2015 fue instalada en el campus de la Universidad Continental. Esta estación fue situada a una altura aproximada de 27,5 m sobre el nivel del suelo. En la tabla 1 aparecen los sensores que forman parte de dicha estación, así como, las principales características técnicas de los mismos. Estos sensores cuentan con la correspondiente calibración realizada en fábrica. Las variables de la estación son registradas cada 5 min durante las 24 h. En total, se registran 288 valores de cada variable. Hasta el momento, las mediciones son almacenadas en el "datalogger" y semanalmente descargadas y analizadas.

Los datos registrados entre febrero y marzo de 2015, no son empleados en el presente estudio debido a la inestabilidad de las mediciones como consecuencia de las reiteradas interrupciones por problemas técnicos

Tabla N° 1: Tipos y características de los sensores de la Estación Meteorológica Automática de la Universidad Continental.

Sensor	Modelo	Rango	Exactitud	Resolución
Barómetro	S-BPA-CM10	600 – 1070 mbar	± 3 mbar	0,1 mbar
Temperatura	S-THB-M00X	-40 – 75 °C	± 0,21 °C	0,02 °C
Humedad Relativa	S-THB-M00X	0 – 100 %	± 2,5 %	0,1 %
Pluviómetro	S-RGA-M003	0 – 12,7 cm h ⁻¹	± 1 %	0,2 mm
Piranómetro	S-LIB-M003	0 – 1280 W m ⁻²	± 10 W m ⁻²	1,24 W m ⁻²
Viento (velocidad)	S-WSET-B	0 – 76 m s ⁻¹	± 4 %	0,5 m s ⁻¹
Viento (dirección)	S-WSET-B	0 – 355 °	± 5 °	1,4 °

ciudad de Huancayo, los resultados obtenidos en este estudio son novedosos.

Para el análisis del comportamiento de cada una de las variables, se determinaron sus respectivos valores medios, máximos y mínimos, así como, sus desviaciones estándar. Se graficaron las series de datos para el período comprendido entre los meses de abril y septiembre de 2015 para cada variable y se establecieron sus respectivas tendencias.

En la bibliografía consultada se han encontrado caracterizaciones de algunas variables meteorológicas, fundamentalmente temperatura y precipitación, en la cuenca del río Mantaro, para diversos períodos de tiempo (5, 6). Se han realizado también estudios de las temperaturas extremas en el Valle del Mantaro (7), así como, análisis de tendencias climáticas de las temperaturas y las precipitaciones (8), empleando en ambos casos las mediciones realizadas en el Observatorio de Huancayo, ubicada a 12°02'18"S, 75°19'22"W, 3 350 m s.n.m.

de algunos de sus sensores. Por tanto, en el presente trabajo se emplearon los datos registrados desde el 1ro de abril de 2015 hasta el 30 de septiembre del mismo año. No obstante, existen irregularidades en las series de datos debido a los problemas técnicos de algunos sensores en determinados períodos de tiempo.

Excepto para las mediciones de la Presión Atmosférica y la Fuerza y Dirección del Viento, en el resto de las variables registradas existen faltantes de datos. En el caso de la Temperatura y la Humedad Relativa, los datos faltantes corresponden a los días comprendidos entre el 3 y 10 del mes de julio para un 95,6 % de completamiento. En el caso de la Precipitación faltan un total de 15 días de datos entre el 22 de abril y el 6 de mayo para un 91,8 % de completamiento. La variable con menos datos es la de Radiación Solar con un 68,85 %, en total, 57 días faltantes de 183 posibles. Excepto en el mes de agosto, con el 100 % de los registros, en todos los meses restantes existen días faltantes, en mayor o menor cuantía. El mes de junio sigue al mes de agosto en cuanto a completamiento

Tabla N° 2: Valores medios de los principales estadígrafos de las variables meteorológicas, calculadas y sus respectivas Unidades de Medida (UM).

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Estándar	UM
Presión	686,52	683,62	688,75	688,75	hPa
Temperatura	12,28	6,29	20,57	20,57	°C
Humedad Relativa	60,42	34,07	81,40	81,40	%
Viento (fuerza)	1,07	-	5,74	5,74	m/s
Irradiancia	449,94	-	1009,66	1009,66	W/m ²

ya que solamente no se registraron datos durante los cuatro primeros días de ese mes.

Se determinaron los comportamientos medios mensuales de cada una de las variables, así como, el comportamiento medio diario de las mismas, por meses y para todo el período.

coincidiendo con la época de invierno en la región (5, 6, 7, 8).

De lo expresado puede afirmarse que, durante el invierno, sobre la región, predominan presiones más altas que durante el verano. No obstante, el valor máximo absoluto de la presión se registró el 18 de

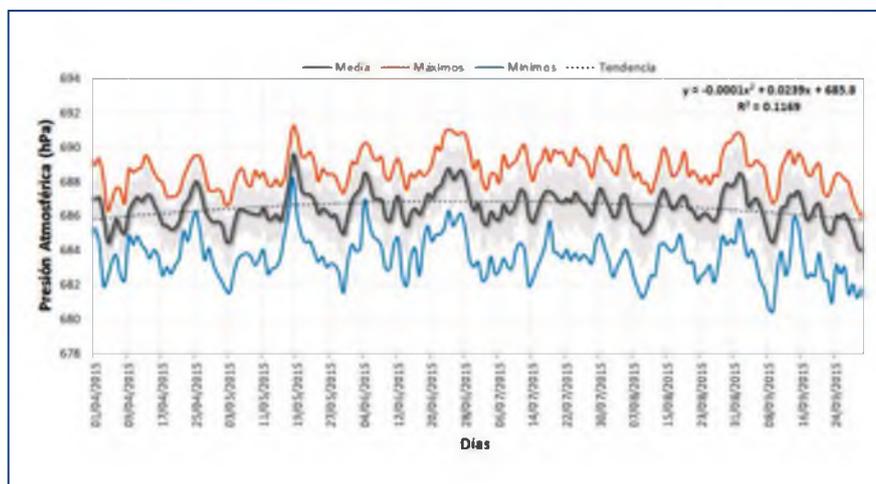


Figura N° 1: Comportamiento de la presión media diaria y de las mínimas y máximas del día durante el período analizado. La desviación estándar se muestra en la franja de color gris.

RESULTADOS

En la tabla 2, se muestran a modo de resumen, los principales estadígrafos calculados a partir de los valores medios diarios de las variables analizadas.

El comportamiento de los valores medios diarios de la Presión Atmosférica, así como, de los valores máximos y mínimos diarios, y de las correspondientes desviaciones estándar para el período objeto de estudio, se muestran en la figura 1. Igualmente se representa el ajuste de segundo orden mediante el cual se describe el comportamiento de la presión a lo largo del período analizado. En los extremos de este ajuste se encuentran los mínimos mientras que hacia el centro del gráfico se encuentran los valores más altos del ajuste. Este máximo del ajuste tiene lugar a finales del mes de junio y primeros días del mes de julio

mayo entre las 9:25 y las 9:30 Hora Local (HL). En esta fecha tiene lugar también la menor amplitud en la variación diurna de la presión, con apenas 3 hPa de diferencia entre la mínima y máxima presión para un día dentro de todo el período analizado, claramente apreciable en el gráfico. La mayor amplitud en los valores de presión, con una diferencia de 7 hPa, fue registrada los días 13 de julio y 7 de septiembre, próxima a esta última fecha, exactamente el día 9 de septiembre, entre las 16:00 y las 16:10 HL tiene lugar el mínimo valor de presión para todo el período.

En la figura 2 se representan los valores medios diarios de la temperatura del aire, así como, los valores mínimos y máximos para cada día del período analizado, se muestra además la desviación estándar correspondiente a cada día. Como fue expresado anteriormente, entre el 3 y 10 de julio, debido a

problemas técnicos del sensor de temperatura, esta variable se dejó de registrar. La tendencia de las temperaturas medias diarias, representadas con la línea de puntos, muestra una muy ligera pendiente ascendente, a razón de $0,0063\text{ }^{\circ}\text{C}$ por día. El mínimo valor de la temperatura media ($8,96\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registró el día 5 de abril, como consecuencia de la menor amplitud dentro de la muestra, o sea, una diferencia

mes de junio con una magnitud de $1,62\text{ }^{\circ}\text{C}$ el día 8 a las 06:40 HL.

Tanto el máximo absoluto de la temperatura como el máximo de los valores medios tuvo lugar el día 27 de septiembre, el primero con un valor de $24,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a las 15:55 HL, mientras que en el caso del máximo de la medias alcanzó una magnitud de $14,57\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por

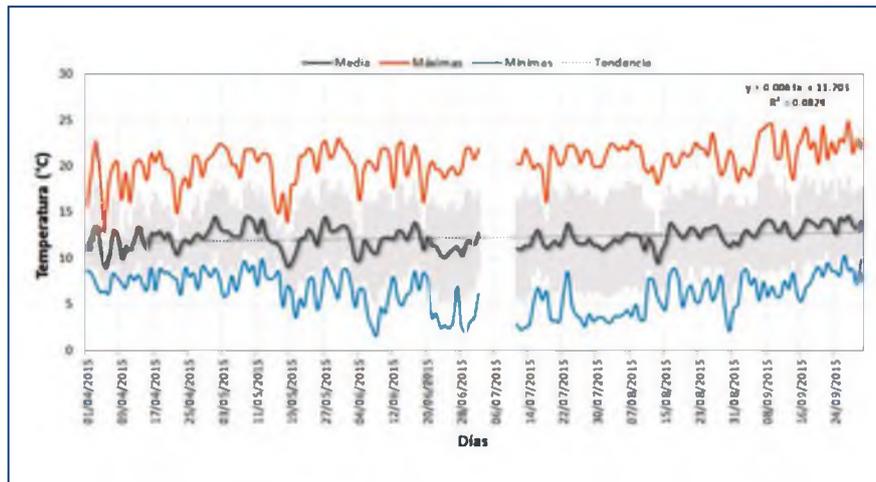


Figura N° 2: Comportamiento de la temperatura media diaria y de las mínimas y máximas del día durante el período analizado. La desviación estándar se muestra en la franja de color gris.

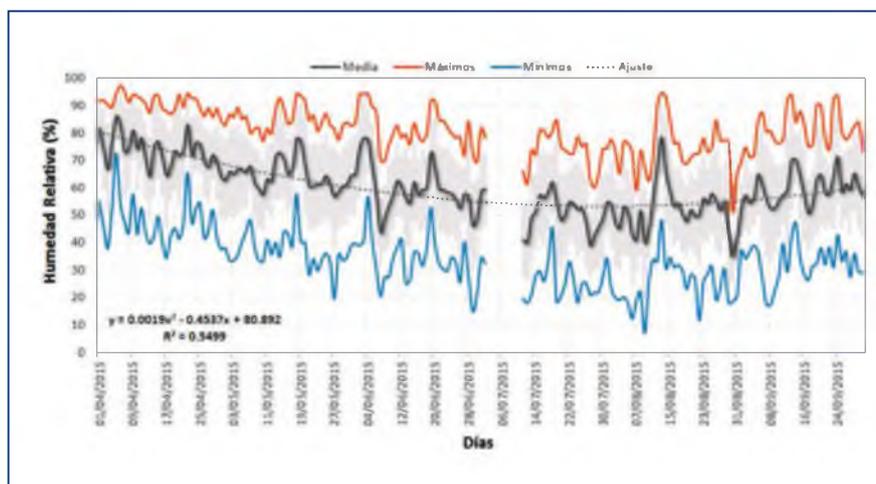


Figura N° 3: Comportamiento de la Humedad Relativa media diaria y de los valores mínimos y máximos del día durante el período analizado. La correspondiente desviación estándar se muestra en la franja de color gris.

entre la mínima y la máxima temperatura para ese día de apenas $6,27\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuando la amplitud promedio en el período es de $14,28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este día constituyó uno de los días más fríos del período analizado. No obstante, coincidiendo con el comportamiento de la presión y en contrafase con esta, entre los meses de junio y julio se encuentran los valores mínimos más bajos del período, con el mínimo absoluto precisamente a principios del

otro lado la máxima amplitud de la temperatura ocurrió el día 29 de junio llegando a los $19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ de diferencia, coincidiendo también con el máximo valor de la desviación estándar ($5,95$) en el período analizado. En el caso de las temperaturas máximas es claramente apreciable una tendencia al aumento a razón de $0,016\text{ }^{\circ}\text{C}$ por día. Sin embargo, en el caso de las mínimas,

el comportamiento de estas se ajusta mejor a una curva polinómica de segundo orden, con los máximos en los extremos de la serie y los mínimos hacia el centro de esta, o sea, en los meses de junio y julio, precisamente en contrafase con la presión atmosférica como fue mencionado anteriormente. El mes más frío dentro del período objeto de estudio fue junio con una temperatura promedio de 11,63 °C, seguido del mes de julio con un valor medio 11,82 °C. Por su parte el mes más cálido corresponde a septiembre con una temperatura promedio de 13,39 °C.

Al igual que en el caso de la temperatura, la variable Humedad Relativa (figura 3), dejó de registrarse entre los días 3 al 10 de julio, por las razones antes expuestas. La curva de ajuste de los valores medios diarios de la humedad (línea gris de puntos), muestra claramente cuál ha sido el comportamiento de esta variable durante el período analizado. Partiendo de

desviación estándar, ocurren el día 19 de julio con valores de 66,2 % y 21,55, respectivamente. El valor mínimo medio de la humedad tiene lugar el 30 de agosto con una magnitud de 34,76 %. El mínimo absoluto por su parte tuvo lugar el día 9 de agosto alcanzando solamente un 7 % de humedad relativa en el horario de las 17:05 HL. El mes con mayor humedad corresponde a abril con una media de 73,61 %, seguido del mes de mayo con 64,69 %. En el resto de los meses la Humedad Relativa se mantuvo por debajo del 60 %, con el mínimo en el mes de julio y un valor de 50,2 % en este caso.

La velocidad media del viento para el período objeto de análisis, representada en la figura 4 por la curva gris, no llega a alcanzar en ninguno de los días analizados, los 2 m s⁻¹, de hecho, el valor medio de esta variable es de apenas 1,07 m s⁻¹ para toda la muestra. No obstante existe una muy ligera tendencia al ascenso a

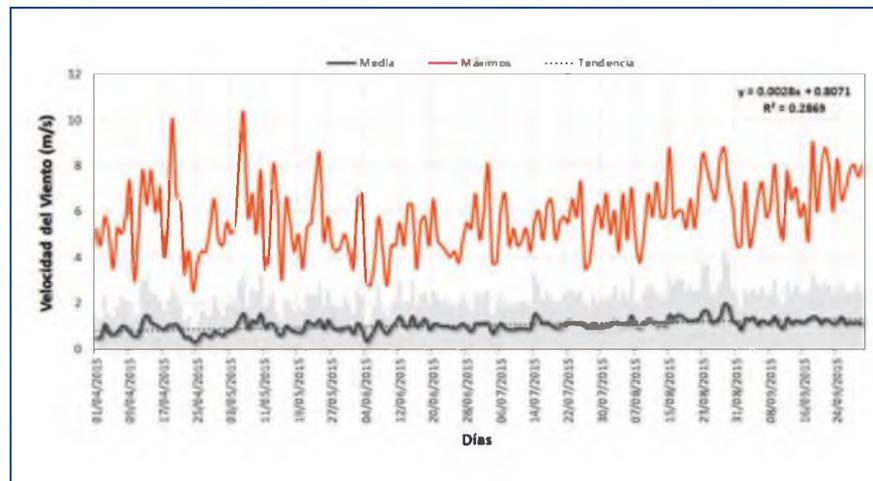


Figura N° 4: Comportamiento de la Velocidad del Viento media diaria y los máximos del día durante el período analizado. La desviación estándar se muestra en la franja de color gris.

valores altos de humedad media diaria en el mes de abril, entorno al 80 %, disminuyendo hasta el mes de julio donde tienen lugar los valores medios mínimos, para luego comenzar nuevamente un ascenso más discreto a partir del mes de agosto y hasta finales de septiembre. Es precisamente en el mes de abril cuando tienen lugar los máximos valores de humedad. En el caso de los valores medios, el máximo tuvo lugar el día 5 con una magnitud de 86,2 %, coincidiendo en este caso con el mínimo valor de la desviación estándar para el período (5,45) y con la menor amplitud dentro de la serie (21,70 %). Por su parte el máximo absoluto llegó a alcanzar 97,3 % el día 6 del propio mes entre las 07:30 y las 07:35 HL.

Resaltan en el gráfico anterior otros dos máximos ocurridos los días 4 de junio y 13 de agosto con valores de 94,4 y 94,8 %, respectivamente. La mayor diferencia entre los mínimos y máximos, y la mayor

razón de 0,0028 m s⁻¹ día⁻¹. El máximo valor medio se registró el día 28 de agosto con una magnitud de 1,99 m s⁻¹, mientras que el máximo absoluto, con un valor de 10,32 m s⁻¹, tuvo lugar el día 6 de mayo a las 15:05 HL desde los 21,1° de dirección (NNE). Excepto en el mes de abril, cuyo valor medio es de apenas 0,81 m s⁻¹, en el resto de los meses los valores medios de la velocidad del viento superan 1 m s⁻¹, siendo el mes de mayor velocidad media del viento agosto con un valor de 1,31 m s⁻¹. Los valores máximos diarios muestran también una tendencia ascendente, pero en este, caso con una pendiente ligeramente superior (0,009 m s⁻¹) respecto a la del viento medio diario.

Las direcciones del viento predominantes para el período objeto de estudio, se representan en la figura 5, a través de las rosas de los vientos, tanto en 8 como en 16 rumbos. En ambos casos el viento predominante es del norte (N) con un 46,34 % de frecuencia de

ocurrencia para 8 rumbos y de 33,51 % para 16 rumbos. En el caso de 8 rumbos la velocidad media del viento de la dirección norte es de 1,07 m s⁻¹, mientras que la velocidad máxima absoluta ocurrida para esta dirección es de 10,32 m s⁻¹. Le siguen en frecuencia de ocurrencias, la dirección noroeste (NO) con 13,19 %, un viento medio de 1,49 m s⁻¹ y un máximo absoluto para este rumbo de 10,07 m s⁻¹, y la dirección oeste (O) con 11,97 %, el valor del viento medio es de 0,94

(N) con una velocidad media del viento de 1,09 m s⁻¹ y un viento máximo absoluto de 8,81 m s⁻¹. Le sigue con el 10,63 % de los casos la dirección norte-noreste (NNE), con un valor de viento medio de 1,21 m s⁻¹ y en el caso del viento máximo absoluto, con una magnitud de 10,32 m s⁻¹, el cual constituye la mayor magnitud del viento máximo para todos los rumbos. El rumbo norte-noroeste (NNO) ocupa el tercer lugar en el número de casos con una frecuencia de

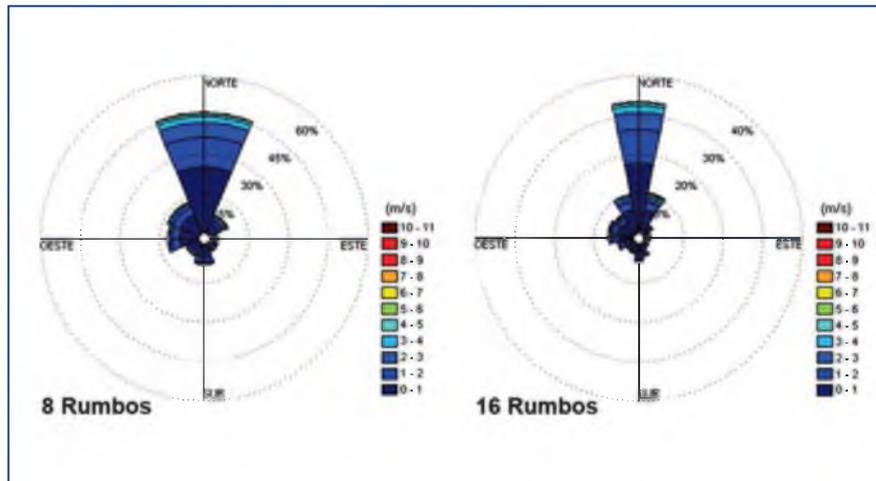


Figura N° 5: Representación de la dirección del viento predominante en 8 y 16 rumbos, así como, la distribución de las velocidades del viento, expresadas en metros por segundo, para los diferentes rumbos.

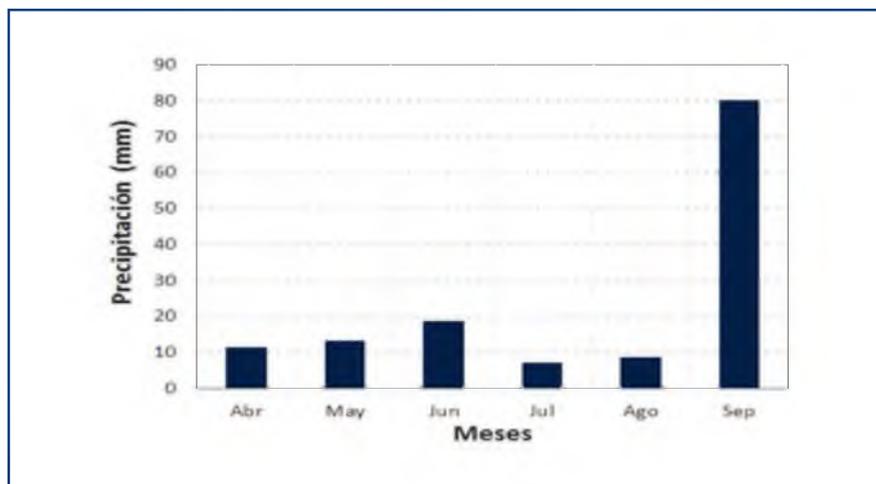


Figura N° 6: Comportamiento de los acumulados mensuales de precipitación durante el período analizado.

m s⁻¹ y un viento máximo absoluto de 8,56 m s⁻¹. El resto de los rumbos no supera el 10 % de ocurrencia, siendo el rumbo con menor frecuencia de ocurrencia el este (E), con apenas 3,18 %, sin embargo, es en este rumbo donde se alcanzó el máximo valor medio de la fuerza del viento con 1,66 m s⁻¹.

Para el caso de 16 rumbos, como fue mencionado anteriormente, el viento predominante es del norte

ocurrencia de 10,12 %, un viento medio de 0,98 m s⁻¹ y un viento máximo absoluto para este rumbo de 8,56 m s⁻¹. El resto de los rumbos no sobrepasó el 7 % de ocurrencias. El máximo valor del viento medio tuvo lugar en el rumbo este-noreste (ENE) con una magnitud de 2,01 m s⁻¹. En la figura 6 se representan los acumulados mensuales de la precipitación, las cuales puede considerarse han sido escasas durante el período analizado. El acumulado del período es de

139,50 mm, siendo el mes de septiembre el de mayor aporte, con un total de 80,21 mm, lo que constituye el 57,5 % de toda la precipitación caída en el período. Dentro de este mes la mayor contribución tuvo lugar el día 12 con un acumulado de 34,98 mm, o sea, el 43,6 % del acumulado del mes en un lapso de 4 horas con 35 minutos. El acumulado de lluvia de este día supera los acumulados mensuales registrados para cada mes entre abril y agosto. El segundo día con mayores precipitaciones se encuentra también dentro del mes de septiembre, concretamente el día 23, con un acumulado de 13,66 mm. Si se sumaran los acumulados de estos dos días (48,64 mm), ambos días constituirían el 34,87 % de la lluvia registrada en los 183 días que incluye el período analizado, o sea, más de la cuarta parte de toda la lluvia registrada durante los 6 meses analizados.

Es importante señalar que entre los días 22 de abril y 6

hasta 1 276,90 W m⁻². En este caso se encuentran un total de 14 días, por lo que igualmente el análisis de los valores extremos de irradiancia se verá seriamente afectado e igualmente deberán ser tomados con cautela.

La tendencia durante el período analizado, representada en la figura por la línea gris punteada, muestra un ascenso gradual de la radiación solar a razón de 0,548 W m⁻² día⁻¹. La media para todo el período tiene un valor de 452,24 ±300,76 W m⁻². Resalta en la figura el comportamiento tanto de los valores medios, como de los máximos diarios, entre el 11 de julio y el 10 de agosto donde la irradiancia muestra un comportamiento bastante lineal. Este comportamiento se debe a la existencia de muy poca nubosidad durante ese período y solamente los días 17 y 18 de julio rompen con esa linealidad tanto en los valores medios diarios como en los máximos

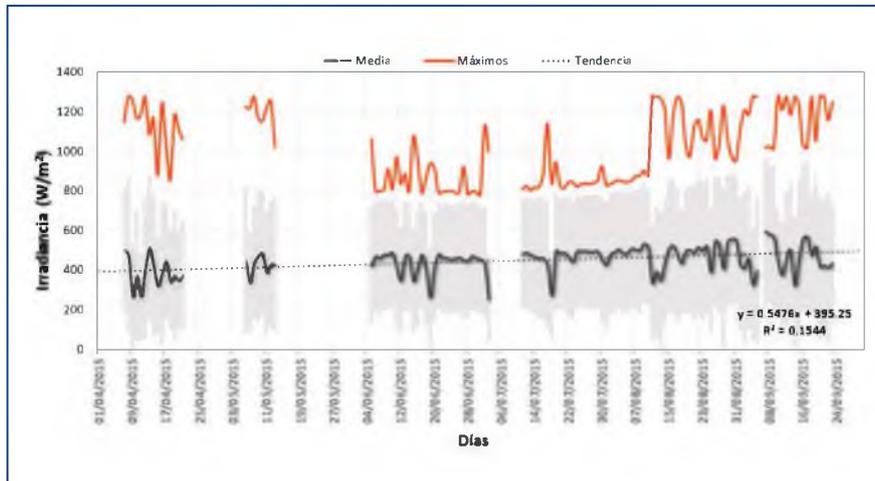


Figura N° 7: Comportamiento de los valores medios diarios de la Radiación Solar (Irradiancia W/m²) y los máximos de cada día, durante el período de estudio. La desviación estándar se muestra en la franja de color gris.

de mayo (15 días), no existen registros de precipitación debido a problemas técnicos presentados por el sensor. Independientemente de esto, en un total de 128 días (excluyendo los 15 antes mencionados), no se registraron lluvias, constituyendo el 76,19 % del período analizado. En el intervalo abril - agosto, junio es el mes con mayores precipitaciones, con un total de 18,67 mm, seguido de mayo con 13,15 mm. Por su parte, el mes con menores precipitaciones es julio con apenas 7,07 mm, seguido de agosto con tan solo 8,8 mm.

La variable con un bajo nivel de completamiento es la de Radiación Solar, con apenas un 68,85 % (figura 7). Otro aspecto importante que afecta el análisis de esta variable está relacionado con los valores máximos. Debido a que el sensor utilizado cubre solamente el rango comprendido entre los 0 y los 1 280 W m⁻², los máximos registrados por la estación llegan solamente

diarios de la irradiancia. En el caso del día 17 ocurre un incremento en el valor de los máximos debido a la presencia de nubosidad, no opaca, de forma intermitente a partir del mediodía. Por el contrario el día 18 del mismo mes, a partir de las 10:50 HL, ocurre una abrupta caída de la irradiancia, más de 640 W m⁻², debido a la presencia de nubes opacas de forma permanente durante el resto del día, no dejando intersticios para que la irradiancia directa y la difusa atmosférica alcancen la superficie. Como consecuencia, se registra un mínimo en los valores medios diarios de irradiancia con una magnitud de 277,15 W m⁻². A partir de esta última fecha comienza a incrementarse la presencia de nubosidad lo que provoca incrementos de los valores máximos diarios debido a la contribución de la radiación difusa consecuencia de la dispersión provocada por las nubes (9,10).

DISCUSIÓN

Las temperaturas mínimas medias mensuales presentan en este estudio un comportamiento similar al descrito por diversos autores para el valle del Mantaro, en general (5, 6) y para el Observatorio de Huancayo en particular (7,8). Estos estudios han abarcado diversos períodos de tiempo, coincidiendo todos en un descenso desde los primeros meses del año hasta el mes de julio, donde se alcanzan los valores mínimos, para luego iniciar un ascenso hasta el último mes analizado en este estudio (septiembre). Sin embargo, en cuanto a las magnitudes, las medias mensuales de la temperatura mínima en Huancayo para el período analizado, son superiores como promedio, en el orden de los 3 °C, a las medias mensuales de los períodos 1971-2000 y 2001 - 2010 (5). En el mismo orden de magnitud se encuentran las diferencias con respecto a los períodos 1992 - 2009 (7) y 1921 - 2010 (8).

En el caso de las medias mensuales de la temperaturas máximas, no ocurre igual que con las mínimas, ya que el comportamiento no es similar a los estudios antes citados. En todos estos estudios (5,7,8) las máximas medias alcanzan un máximo secundario en el mes de mayo, para luego decrecer hasta el mes de julio donde ocurre un mínimo de estas máximas, luego se incrementan nuevamente hasta alcanzar el máximo principal dentro del año en el mes de noviembre. En el presente estudio el valor más bajo de las máximas medias ocurre en el mes de junio y en el mes julio, el valor máximo medio es incluso superior al del mes de mayo en 31 décimas de grados. Las diferencias medias llegan a ser de 2,5 °C respecto a (5) y en el orden un grado comparado con (8), la menor diferencia se encontró respecto a (7) con una magnitud solamente de 0,4 °C.

El régimen de precipitaciones determinado en el presente estudio difiere de los obtenidos para la década 2001 - 2010 (5) y para el período 1921-2010 (8). En el caso de estos dos períodos antes mencionados, el régimen de precipitaciones entre los meses de abril y septiembre, rango de meses empleados en este trabajo, son exactamente iguales, con pequeñas diferencias solamente en las magnitudes. El comportamiento típico de las precipitaciones de acuerdo a las medias de los acumulados para los períodos antes mencionados muestra un máximo principal en el mes de abril, descendiendo hasta el mes de julio donde ocurre el mínimo para luego comenzar a ascender hasta el mes de septiembre donde tiene lugar un máximo secundario. Por su parte los resultados derivados del presente estudio muestran que al mes de septiembre como máximo principal y a junio como máximo secundario. El mes de abril es el tercer mes de este período con menores precipitaciones, precedido por agosto y julio, en este último mes tiene lugar el mínimo acumulado de la

serie. A pesar de que los regímenes de precipitaciones difieren, los acumulados son muy similares, resultando ligeramente inferior en aproximadamente 10 mm (8) y 20 mm (5), respectivamente.

Teniendo en cuenta las limitaciones de la información sobre radiación solar, manifestadas en epígrafes anteriores se ha determinado que los valores medios mensuales del potencial solar registrados manifiestan una tendencia ascendente a razón de 0,25 kWh m⁻² día⁻¹, llegando a su máximo valor en el mes de agosto con una magnitud de 5,75 kWh m⁻² día⁻¹. El valor medio para el período analizado es de 5,1 kWh m⁻² día⁻¹, inferior a los reportados en otros trabajos (11, 12). No obstante, de acuerdo a estos estudios los máximos valores de irradiancia se registran alrededor del mes de noviembre de 2015.

A modo de conclusiones cabe señalar que en general, puede calificarse el período analizado como más cálido respecto a los valores medios reportados en otros trabajos. Igualmente, las precipitaciones muestran un comportamiento atípico en relación con valores medios históricos para diferentes períodos de tiempo, aunque los acumulados son similares en el mismo período de tiempo. El potencial de la radiación solar puede considerarse alto en concordancia con otros análisis para la región donde se encuentra ubicada la EMA.

Agradecimientos

Al CONCYTEC por el apoyo financiero para esta investigación a través del proyecto "Estudio de la variación de las propiedades ópticas de los aerosoles debido a las quemadas de vegetación para evaluar su influencia en el forzamiento radiativo terrestre", contrato N° 010-2013-FONDECYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Penner JE, Dickinson RE, O'Neill CA. Effects of Aerosol from Biomass Burning on the Global Radiation Budget. *Science*. 1992; 256: 1432-1433.
2. Chylek P, Wong P Effect of absorbing aerosol son global radiation Budget. *Geophysical Research Letters*. 1995; 22(8): 929-931.
3. Keil A, Haywood JM. Solar radiative forcing by biomass burning aerosol particles during SAFARI 2000: A case study based on measured aerosol and cloud properties. *Journal of Geophysical Research*. 2003; 108(D13): 1-18.
4. Chul EC, Ramanathanb V, Decremera D. Observationally constrained estimates of carbonaceous aerosol radiative forcing.

- Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). 2012; 109(29): 11624-11629.
5. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Atlas climático de precipitación y temperature del aire en la cuenca del río Mantaro. Lima: SENAMHI / MINAM; 2011. Disponible en: [http://sania.comunidadandina.org/Upload/Contenido/9/31/4%20\(PRAA\)%20Atlas%20de%20Temperatura%20y%20Precipitacion.pdf](http://sania.comunidadandina.org/Upload/Contenido/9/31/4%20(PRAA)%20Atlas%20de%20Temperatura%20y%20Precipitacion.pdf)
 6. Instituto Geofísico Del Perú. Atlas Climático de precipitación y temperature del aire en la cuenca del río Mantaro. Lima: IGP / CONAM; 2005. Disponible en: http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2000_2007/Atlas_Climatico.pdf
 7. Trasmonte G, Silva Y, Segura B, Latínez K. Variabilidad de las temperaturas máximas y mínimas en el valle del río Mantaro. Memoria del subproyecto "Pronóstico estacional de lluvias y temperature del aire en la cuenca del río Mantaro para su aplicación en la agricultura" (2007-2010). IGP [Internet]. 2010 [citado el 15 de octubre de 2015]; [15 paginas]. Disponible en: http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones_/2010/trasmonteetal_INCAGRO_2010.pdf
 8. Arroyo J. Tendencias y cambio del clima del valle del Mantaro mediante los análisis de índices de precipitación efectiva y temperatura eficiente. Apunt. Cienc. Soc. 2011; 1(1): 45-54.
 9. Robinson PJ. Measurements of downward scattered solar radiation from isolated Cumulus clouds. Journal of Applied Meteorology. 1977; 16: 620-625.
 10. Tunc S. Enhancement of solar and ultraviolet Surface irradiance under partial cloudy conditions. Utrecht: University of Utrecht / Institute of Marine and Atmospheric Research; 1999. Scientific Report WR 99-01. Disponible en: <http://a.knmi2.nl/bibliotheek/knmipubWR/WR1999-01.pdf>
 11. Camayo BF, Pomachagua JE, Massipe JR, Quispe MO. Validación y aplicación del modelo Bristow-Campbell para estimar la radiación solar global de la región de Junín. XX Simposio Peruano de Energía Solar. Tacna: Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente; 2013. Disponible en: http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Becquer-Camayo-Lapa_paper2.pdf
 12. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Atlas de Energía Solar del Perú. Lima: Ministerio de Energía y Minas / SENAMHI; 2003. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf

Modelos e instrumentos para estudios sobre espesor óptico de aerosoles y su relación con el forzamiento radiativo terrestre

Models and tools for studies on aerosol optical thickness and its relation to the Earth's radiative forcing

Pamela Rocío Piñas Sumalave¹
Universidad Continental
pamelasumalave@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue dar a conocer sobre los modelos e instrumentos necesarios para recabar, procesar e interpretar datos de los aerosoles atmosféricos y sub variables necesarias para su estudio. Así mismo del posible forzamiento radiativo que debido a las propiedades ópticas de los aerosoles generaría en la ciudad de Huancayo. Los aerosoles generados por la quema de biomasa en el Perú en un alto porcentaje provienen de la Amazonía, a esto se añade los provenientes de otros países. Entre los instrumentos disponibles en la ciudad de Huancayo para estos estudios se tiene el Fotómetro Solar CIMEL CE318 de la Red AERONET, red que cuenta con más de 450 fotómetros alrededor del mundo; este instrumento recaba información de variables como el espesor óptico de aerosoles, coeficiente de angstrom y otros. Para corroborar esta información se tiene acceso a datos proporcionados por el espectroradiómetro MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua. Los modelos atmosféricos utilizados para el procesamiento de datos de aerosoles y el forzamiento radiativo son el HYSPLIT y el SBDART. En conclusión es necesario tener consolidada la información, acerca de las variables como de los instrumentos y modelos que son necesarios e indispensables para la investigación de esta problemática que tiene su punto de origen en las quemas de biomasa, con consecuencia en la contaminación atmosférica y que finalmente perjudica a todo un entorno social y medioambiental.

Palabras clave: Aerosoles atmosféricos, forzamiento radiativo, balance de energía, contaminación atmosférica, material particulado.

ABSTRACT

The objective is to know about the needed models and tools to recover, process and interpret atmospheric aerosol data and related sub variables for its research. Also to know about the possible generated radiative forcing due to the aerosols optical properties in Huancayo. The generated aerosols by the biomass burning in Peru are in a highest percentage from the Peru's Amazon and it's added those which come from other countries. The available tools for this kind of studies In Huancayo are for example the CIMEL CE318 Solar Photometer from AERONET network, it has more than 450 worldwide photometers; this tool collects information of variables such as aerosol optical depth (AOD), angstrom coefficient and others. To corroborate this information we have the provided data by the MODIS spectroradiometer on the Terra and Aqua satellites. The used atmospheric models for aerosols data processing and the radiative forcing are the HYSPLIT and SBDART. In conclusion it is necessary to have consolidated information about variables, tools and models which are necessary and indispensable for this problem research that has its source in the biomass burning, with result in the atmospheric pollution and ultimately harms all social and environmental surroundings

Keywords: Atmospheric aerosols, radiative forcing, energy balance, atmospheric pollution, particulate matter.

Historial del artículo:

Recibido: 27 de junio de 2015. Aprobado: 2 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Bachiller en Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental, Huancayo - Perú.

INTRODUCCIÓN

Los aerosoles generados por la quema de biomasa son una de las fuentes de contaminación atmosférica. Estudios realizados nos indican que en la región tropical la quema de vegetación es responsable de la emisión de 2 a 5×10^5 g de carbono (C) por año, mientras que la emisión de C a causa de la quema de combustible fósil es de $5,5 \times 10^5$ g de C por año (1).

Se sabe que las masas de aire se transportan desde su lugar de origen a diversos puntos, bajo la influencia de la dirección del viento y diversas variables meteorológicas. Estas masas de aire llevan consigo, junto a otras partículas, aerosoles provenientes de la quema de biomasa. Los aerosoles tienen un efecto directo e indirecto en el forzamiento radiativo; directo por la absorción y dispersión de radiación solar e indirecto cambiando las propiedades ópticas de las nubes. Por otro lado el forzamiento radiativo terrestre consiste en un cambio en el flujo neto de energía radiativa hacia la superficie de la tierra, tenemos forzamiento radiativo positivo y negativo, el primero contribuye al calentamiento de la superficie de la tierra y el negativo favorece a su enfriamiento (2).

Para la medición de diversas variables de los aerosoles atmosféricos tenemos el fotómetro solar que mide la irradiancia solar, el Espesor Óptico de Aerosoles (EOA) y otras propiedades. La Red Aerosol Robotic Network (AERONET) emplea más de 450 fotómetros solares CIMEL CE 318 en el mundo, trabaja en coordinación con la National Aeronautic and Space Administration (NASA) y pone los datos disponibles para el usuario mediante su página web. Existen diversos métodos por los cuales se puede determinar el forzamiento radiativo, los mismos que requieren de diversos instrumentos. El nefelómetro y aefelómetro son dos de los principales instrumentos, ya que determinan la dispersión y la absorción de la radiación respectivamente, sin embargo de no contar con ellos existen otras metodologías que pueden ser aplicadas.

Para completar la investigación se requieren de modelos atmosféricos para el procesamiento y análisis de los datos, en el presente artículo detallaremos un modelo para el estudio del transporte de aerosoles (modelo HYSPLIT) y un modelo para el estudio del forzamiento radiativo (modelo SB DART).

Definiciones básicas

Aerosoles

Se definen como un grupo de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con tamaños promedios que oscilan entre $0,01$ a $10 \mu\text{m}$, que pueden permanecer en la atmósfera durante al menos unas horas (3). El estudio de los aerosoles en la

atmósfera va desde los procesos básicos de interacción con radiación solar, el forzamiento radiativo hasta el análisis de su impacto climático y los problemas de contaminación atmosférica (4).

Los aerosoles atmosféricos pueden ser clasificados como:

- Naturales: Compuestos por cenizas volcánicas, sal marina, polvo desértico, esporas, polen, entre otros.
- Antropogénicos: Hollín, partículas minerales generadas por procesos industriales y naturales, partículas producidas a partir de contaminantes gaseosos, quemadas de biomasa, etc.

Los aerosoles pueden influir en el clima de dos formas diferentes, estas son: directamente (por dispersión y absorción de la radiación) e indirectamente (actuando como núcleos de condensación en la formación de nubes o modificando sus propiedades ópticas y tiempo de vida). La influencia de los aerosoles en el forzamiento radiativo se debe a la absorción y dispersión de la radiación solar que incide en ellos, además cabe mencionar que el efecto de los aerosoles sobre la radiación es diferente para cada región espectral y está íntimamente ligado a las características de estos (5), por lo que un factor determinante para su estudio es la capa de la atmósfera en la cual se encuentran ya sea troposfera o estratosfera. En la troposfera varían significativamente en cantidad y composición por regiones, tienen tiempos de vida muy cortos que oscilan entre unos minutos hasta unas semanas, debido a los procesos físico-químicos y dinámicos que tienen lugar en esta región de la atmósfera y a la gran variedad de tamaños de partículas y composición química de los mismos. Por su parte en la estratosfera predominan procesos dinámicos horizontales y debido a ello el tiempo de vida de los aerosoles es mayor (hasta de 2 años) además, presentan mayor homogeneidad química y espacial (6).

Dispersión

La dispersión está en función de la relación que existe entre el radio de la partícula y la longitud de onda de la radiación incidente. Es decir si el radio de la partícula supera o se aproxima a la longitud de onda, aumenta la probabilidad de dispersión de la radiación en dirección del haz incidente y la retrodispersión disminuye, a esta probabilidad se le denomina función fase y nos permite caracterizar a los aerosoles al tomar diversos valores de acuerdo al tamaño de la partícula y la longitud de onda de la radiación que incide sobre ella. Esta función se encuentra normalizada a 1 (5). Para la caracterización de los aerosoles se emplea también el factor de asimetría, el cual considera que la dispersión es hacia adelante cuando este es igual a la unidad, hacia atrás cuando es menor a la unidad

y dispersión isotrópica Rayleigh (dispersión igual en todos los ángulos) cuando este valor es 0 (7). Las otras 2 propiedades son el albedo de simple dispersión y el coeficiente de extinción.

Absorción

Es un proceso selectivo que depende de la presencia de las especies absorbentes y de sus bandas de absorción. En la atmósfera existen 12 gases permanentes y un grupo de gases de concentración variable de los cuales las especies principales de absorción, tanto en el espectro solar como en el infrarrojo, son: el vapor de agua, el dióxido y monóxido de carbono, el ozono, el monóxido de dinitrógeno, el oxígeno, el metano y el nitrógeno. Otros absorbentes, aunque en menor medida, son los óxidos de nitrógeno y las combinaciones de hidrocarburos (8).

Coefficiente de Angstrom

Coefficiente que caracteriza la cantidad de aerosoles en la vertical de un lugar, es el correspondiente a la longitud de onda de un micrómetro y, por lo general, está comprendido entre 0,02 (cielo claro) y 0,20 (cielo contaminado), sirve para describir la dependencia espectral del espesor óptico de los aerosoles. Angstrom (1929 - 1964) propuso una expresión parametrizada, válida para un cierto rango espectral, que es:

$$\tau_a = \beta \lambda^{-\alpha}$$

Donde: λ es la longitud de onda en μm , α el parámetro o exponente de Angstrom (relacionado con el tamaño de aerosol) y β es una constante con el espesor óptico correspondiente a 1 μm .

Teóricamente el parámetro alfa puede tomar valores entre 0 y 4. Los valores mas bajos se asocian a partículas grandes, en las que la extinción no tiene dependencia espectral. Para los aerosoles lo habitual es que alfa varíe entre 0 y 2,5 (4).

Forzamiento radiativo

Es el cambio en el flujo neto de energía radiativa hacia la superficie de la tierra medido en el borde superior de la troposfera (a 12 000 m s.n.m. aproximadamente) como resultado de cambios internos en la composición de la atmósfera, o cambios en el aporte externo de energía solar, expresado en W/m^2 . El IPCC lo define como "un cambio en la irradiancia neta vertical en la tropopausa debido a un cambio interno o un cambio en el forzamiento externo del sistema climático (por ejemplo, un cambio en la concentración de dióxido de carbono o la potencia del Sol). Normalmente este es calculado después de permitir que las temperaturas estratosféricas se reajusten al equilibrio radiativo, pero manteniendo fijas todas las propiedades troposféricas

en sus valores sin perturbaciones" (3). El forzamiento puede ser calculado en los campos atmosféricos que no están afectados por el forzamiento radiativo de aerosoles o considerando la respuesta climática al forzamiento, cabe mencionar que es necesario el cálculo de la perturbación y la no perturbación de los flujos radiativos o las tasas de calentamiento en el mismo campo atmosférico (9).

El forzamiento radiativo por aerosoles, es por lo tanto, una perturbación en las tasas de calentamiento radiativo atmosférico y los flujos de radiación de onda larga neta en la superficie, causada por la presencia de los aerosoles.

En uno de los informes presentados por el IPCC se manifiesta que los modelos, comparaciones y simulaciones de datos indican que la absorción de los aerosoles, específicamente el carbono negro, puede reducir la radiación solar que llega a la superficie y puede calentar la atmosfera a escala regional, afectando así al perfil de temperatura vertical y a la circulación atmosférica a gran escala (2).

Dentro de los agentes de forzamiento se pueden considerar gases como el vapor de agua, gases contaminantes (COV, NOx y otros), así como los aerosoles (carbonilla, polvo, ceniza, etc.).

Instrumentos de medición

Fotómetro Solar CIMEL CE318

Los fotómetros solares CIMEL CE318 son aquellos empleados por AERONET y es coordinada por la NASA. Inicia sus operaciones en 1998 con la finalidad de complementar las medidas de satélites de diferentes agencias internacionales, está conformada por más de 450 estaciones alrededor del mundo cuya función es la de coordinar y mejorar las medidas de aerosoles desde superficie. Esta red, constituida por subredes federadas a AERONET, ofrece una base de datos continua de dominio público y de fácil acceso, sobre espesor óptico por aerosoles, microfísica y propiedades radiativas, para la investigación de los aerosoles y su caracterización.

Estos fotómetros realizan una caracterización de los aerosoles en la columna atmosférica, derivado del EOA en 340, 380, 440, 500, 670, 870 y 1200 nm. Luego de utilizar un algoritmo de inversión se obtienen las diversas propiedades de los aerosoles.

Los datos que proporciona AERONET se agrupan en 3 niveles de calidad, estos son:

- Datos de nivel 1.0: Aquellos datos que no han sido revisados ni filtrados, es decir aquellos obtenidos sin ninguna modificación.

- Datos de nivel 1.5: En este nivel los datos son sometidos al filtrado de datos con nubes.
- Datos de nivel 2.0: Estos datos ya han sido filtrados por nubes y además pasan por un control de calidad ya que se les ha aplicado un proceso de postcalibración.

El fotómetro solar CIMEL CE318 es un instrumento diseñado para la medida autónoma y automática de la irradiancia solar directa y de cielo, en el plano almucantar y principal. En modo automático las medidas de irradiancia solar directa se realizan cada 15 minutos y es a través de estas medidas que se puede extraer el espesor óptico de aerosoles y el vapor de agua. Para la obtención del espesor óptico se recurre a la Ley de Lambert-Beer, ya que según esta, el espesor óptico total se obtiene a través del flujo solar directo a nivel del suelo y el flujo extraterrestre.

La selección de las longitudes de onda con las que



Figura N° 1: Fotómetro CIMEL CE318.

Fuente: Universo Blog. <https://josevicentediaz.wordpress.com/teledeteccion/fotometro-solar-cimel-ce318/>

mede este instrumento se realiza por medio de filtros interferenciales insertados en una rueda de filtros de nueve posiciones. Entonces las longitudes de onda para las medidas de espesor óptico de aerosoles son: 440, 670, 870, 1020 nm con el canal extra de 940 nm para la determinación del contenido total de vapor de agua precipitable.

Cabe mencionar que a través de las medidas del fotómetro solar se pueden obtener otras características de los aerosoles tales como las distribuciones de tamaño y otras propiedades.

En el Observatorio de Huancayo - Perú del Instituto Geofísico del Perú (IGP) fue instalado el 19 de marzo de 2015 un Fotómetro solar CIMEL CE-318, los datos que se obtienen son enviados y procesados en tiempo real en los servidores de la NASA.

MODIS

(Moderate and Resolution Imaging Spectroradiometer)

Espectroradiómetro de imágenes de media resolución, instrumento científico lanzado en órbita terrestre a bordo del satélite Terra (EOA AM) en diciembre de 1999, y en mayo de 2002 a bordo del satélite Aqua (EOS PM).

El satélite Terra empezó a proporcionar imágenes a partir de febrero del 2000, este va de norte a sur a través del ecuador a las 10:30 de la mañana (órbita descendente con altitud media a 708 km) y Aqua que ha proporcionado imágenes a partir de junio del 2002 va de sur a norte sobre el ecuador a las 13:30 de la tarde (órbita ascendente) por lo que ambos satélites tienen una visión completa de la tierra en el plazo de uno a dos días dando una vuelta a la tierra en 90 min aproximadamente, realizando 16 órbitas por día. La órbita va cambiando cada día pero se repite cada 16 días.

Los datos que nos brinda provee medidas en gran escala de la dinámica global, cambios en la cobertura de nubes, procesos que ocurren en la tierra, océanos y en la atmósfera más baja (10).

Consta de un sistema óptico con un telescopio a focal formado por dos espejos fuera de eje, que dirige la energía a 4 objetivos de refracción, uno para cada una de las regiones espectrales VIS (visible), NIR (infrarrojo cercano), SWIR/MWIR (infrarrojo cercano de onda corta y media) y LWIR (infrarrojo de onda corta) para cubrir un rango espectral total de 0,4 a 14,4 μm .

Las especificaciones del instrumento MODIS indican una alta sensibilidad radiométrica (12 bits) en 36 bandas espectrales que van desde el visible al infrarrojo térmico (0,415 – 14,235 μm). Las primeras 19 bandas abarcan la región del espectro electromagnético situada entre 0,405 y 2,155 μm , mientras que las bandas de la 20 a la 36 cubren la parte del infrarrojo térmico del espectro, de 3,660 a 14,385 μm . Las bandas 1 y 2 crean imágenes con una resolución espacial de 250 m en el nadir, 500 m (bandas 3 – 7) y 1000 m (bandas 8 – 36). Las 7 primeras bandas de las 36 (0,47; 0,55; 0,66; 0,86; 1,21; 1,64; 2,13 μm) son las que se utilizan para obtener productos de aerosoles.

Modelos atmosféricos para estudios de aerosoles atmosféricos y forzamiento radiativo

Modelo HYSPLIT

El modelo Hybrid Single-Particle Lagrangian

Integrated Trajectory (HYSPLIT) fue desarrollado en 1982 por Ronald Draxler de la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera (NOAA), en este se puede observar el transporte y dispersión de los contaminantes que se originan en una variedad de fuentes. Se considera un modelo híbrido ya que tiene como referencia, modelos Lagrangianos y Eulerianos, realizando cálculos de advección y de difusión del aire, así como, cálculos de concentraciones del sistema. Este modelo es un sistema completo para calcular a partir de una simple trayectoria, complejas simulaciones de dispersión y depósitos, utilizando las aproximaciones a una partícula o a una agrupación de estas (11, 12, 13, 14).

Este modelo fue lanzado en 1998, hasta la actualidad se cuentan con 4 versiones. La primera utilizaba datos crudos y medidas de dispersión tomadas solamente durante el día, la segunda versión introdujo una variable de la fuerza con la que el aire se mezcla que se basa en un perfil de difusión variando el tiempo y el espacio, para la tercera versión los datos de observaciones generales fueron sustituidos por datos meteorológicos provenientes de análisis o pronósticos a corto plazo y en su cuarta versión en base a un algoritmo, considera la dispersión de nubes en el eje horizontal y la dispersión de las partículas en el vertical (15).

El modelo además es capaz de manejar campos de datos meteorológicos proporcionando diferentes sistemas de coordenadas dado que éstos son linealmente interpolados a un modelo de dispersión interna. El sistema de rejilla para este modelo está diseñado en función de los datos meteorológicos, buscando su similitud y logrando que sean idénticos para poder aplicar los mapas de proyección, es necesario además que estos datos se den a intervalos fijos (16, 17).

Modelo SBDART

Por sus siglas en inglés Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative Transfer (SBDART) es un modelo numérico que simula los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera. Fue desarrollado por la Universidad de California Santa Barbara, de ahí el nombre. Utiliza los cálculos basados en la ecuación de transferencia radiativa para planos paralelos. Simula la interacción de los diferentes gases que existen en la atmósfera con la radiación en diferentes longitudes de onda, desde el espectro que comprende la radiación emitida por el sol hasta aquella parte del espectro emitida por cuerpos negros con temperaturas cercanas a la de la tierra.

Este modelo realiza cálculos basándose principalmente en los perfiles de presión, temperatura, cantidad de humedad y ozono en la atmósfera. Adicionalmente se

Tabla N° 1: Variables de entrada al modelo SB DART.

Tipo	Variable	Unidad
Atmósfera (necesario)	Presión	hPa
	Temperatura	K
	Humedad	g/m ³
	Ozono	g/m ³
Nubes (opcional)	LWP, IWP	g/m ²
	r _e (radio efectivo)	μm
	Cobertura nubosa	%
Otros (Opcional)	Aerosoles	g/m ²
	Dióxido de carbono	μm
	Metano	%

pueden agregar otros parámetros como cantidad de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) (18).

Variables de entrada: Este modelo considera el vapor de agua, el ozono, dióxido de carbono y metano (al ser los gases que interactúan principalmente con las radiaciones de onda corta y larga) tomando en cuenta la presión, temperatura y altura a la que se encuentran dichos elementos. En la tabla 1 se muestran las variables principales y opcionales:

CONCLUSIONES

Para conocer los efectos de los aerosoles sobre el forzamiento radiativo se debe determinar las propiedades ópticas de los mismos, además de conocer las épocas donde estos aerosoles, transportados por el viento, incrementan su concentración. En el caso de los aerosoles generados por la quema de biomasa estos incrementan su concentración en la época de sequía, comprendida entre los meses de junio a noviembre para el caso particular de Huancayo. Es necesario considerar esto para la realización de investigaciones en esta materia.

Para dar inicio a este tipo de investigación se debe de tener un adecuado manejo de los datos y su procesamiento, es decir, la utilización de los instrumentos y modelos que son finalmente los que brindarán los resultados para conocer la influencia de los aerosoles en el forzamiento radiativo terrestre.

El forzamiento radiativo por aerosoles continúa siendo en la actualidad uno de los puntos de incertidumbre respecto a la predicción del clima debido a la escasez de estudios que especifiquen y predigan sus efectos.

La utilización de modelos atmosféricos son indispensables para el entendimiento del forzamiento radiativo a causa de los aerosoles. Se tienen modelos

de gran, mediana y pequeña escala, lo que dependerá del tipo de datos que se tengan y utilicen. Medidas globales adquiridas a través de satélites bien definidos pueden ser utilizados para modelos de gran escala, por otro lado se pueden utilizar datos primarios y específicos en pequeña escala para entender procesos tales como la relación nube-aerosoles.

Agradecimiento

A la Dirección de Investigación de la Universidad Continental en Huancayo - Perú por la asesoría académica, al Concejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Crutzen P, Lelieveld J. Human impacts on atmospheric aerosols: Biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science*. 1997; 276(5315): 1052-1058.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]: IPCC; [citado el 15 de junio de 2015]. Forzamiento radiativo neto mundial, potenciales de calentamiento mundial y pautas de forzamiento. Disponible en: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/2ssts-2-5.html
3. Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]: IPCC; [citado el 18 de junio de 2015]. Cuarto informe Glosario de términos. Disponible en: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=519%3Aglosario-ipcc&catid=69%3Aclima-cambio-climatico&Itemid=83&lang=es.
4. Olmeda CT. Climatología de los aerosoles mediante la caracterización de propiedades ópticas y masas de aire en la estación "El Arenosillo" de la red AERONET. [Tesis doctoral]. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2005.
5. Díaz AM. Caracterización de los aerosoles atmosféricos y su influencia en los niveles de radiación UV en la región Canarias. [Tesis doctoral]. España: Universidad de la Laguna; 2006.
6. Estevan R. Efecto radiativo de la nube de aerosoles del Monte Pinatubo sobre el Gran Caribe. [Tesis doctoral]. La Habana: Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba; 2009.
7. Sobrino J. Teledetección. Valencia: AEI; 2001.
8. Torres N. Determinación del coeficiente de turbiedad atmosférica en todo el ancho de banda espectro solar para la localidad de Chapinero. Bogotá; 2013.
9. Stenchikov GL, Kirchner I, Robock A, Graf HF, et al. Radiative forcing from the 1991 Mount Pinatubo volcanic eruption. *Atmospheres*. 1998; 103(D12): 13837-13857.
10. NASA [Internet]. MODIS; [citado el 05 de junio de 2015]. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>.
11. NOAA [Internet]. Maryland: Air Resources Laboratory; [citado el 05 de junio de 2015]. Advancing Atmospheric Science and Technology Through Research. [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: www.arl.noaa.gov/HYSPLIT_info.php.
12. Draxler RR, Hess GD. Description of the HYSPLIT_4 modeling system. Silver Maryland: NOAA; 1997. Tech. Memo. ERL ARL-224.
13. Draxler RR, Hess G.D. An overview of the HYSPLIT_4 Modeling System for Trajectories, Dispersion and Deposition. *Australian Meteorological Magazine*. 1998; 47: 295-308.
14. Draxler RR. HYSPLIT_4 USER'S GUIDE. Maryland: NOAA; 1999. Technical Memorandum ERL ARL-230.
15. Moreno SF, Ramirez LE. Aplicación del modelo HYSPLIT para evaluar las trayectorias del aire y su impacto en la dispersión de contaminantes atmosféricos. Congreso Regional de QFB. México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2007.
16. NOAA [Internet]. Maryland: Air Resources Laboratory; Jun 11 [citado el 15 de junio de 2015]. HYSPLIT - Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model [about 1 screen]. Disponible en: <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>.
17. NOAA [Internet]. Maryland: Air Resources Laboratory; Jun 6 [citado el 15 de junio de 2015]. Real Time Environmental Applications and Display System. Silver Spring MD [about 1 screen]. Disponible en: <http://ready.arl.noaa.gov>.
18. Saavedra M. Caracterización Física de Heladas Radiativas en el Valle del Mantaro. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013.

Evaluación de la energía térmica solar para generación de electricidad mediante un sistema Stirling en Huancayo

Solar thermal energy evaluation to generate electricity using a Stirling system in Huancayo

Juan Antonio Cámac Núñez¹
Universidad Continental
camajc@gmail.com

Jacinto Arroyo Aliaga²
Universidad Continental
jarroyo@continental.edu.pe

Luis Enrique Astuhamán Artica³
Universidad Nacional del Centro del Perú

RESUMEN

El objetivo fue determinar de qué manera influye la radiación solar en la generación de energía eléctrica en la ciudad de Huancayo, usando un sistema de generación eléctrica basado en un motor Stirling. Se describe las características de la energía solar en estas coordenadas del centro del Perú y las características de conversión de radiación solar en energía eléctrica. La investigación tuvo un diseño experimental, se implementó un sistema de generación eléctrica basado en el diseño de un colector solar cilíndrico, que aplica la energía térmica a un motor Stirling para generar energía eléctrica, se analizó cada etapa de estos procesos, se realizó las pruebas de funcionamiento y generación de energía térmica, energía mecánica y eléctrica con las experimentaciones. Se logró implementar un módulo de generación eléctrica teniendo como fuente la energía solar; en este se logró obtener los resultados de experimentación, desde el ingreso de la radiación solar, la temperatura en foco de concentración, la generación de energía mecánica la que nos genera un potencial eléctrico de salida de acuerdo a sus características propias del generador y motor Stirling, en condiciones propias a la radiación solar de la zona geográfica de estudio. Se concluye que la implementación del sistema de generación eléctrica del sistema Stirling permite disponer de un sistema integrado con sus procesos analizados, que permitió evaluar los valores de potencial eléctrico que nos brinda la energía solar a condiciones experimentales en esta región geográfica de estudio.

Palabras clave: Radiación solar, motor Stirling, colector solar, generador de energía eléctrica.

ABSTRACT

The objective was to determine how solar radiation affects the electric power generation in Huancayo city, using an electric power generation system based on a Stirling engine. The solar energy characteristics described in these coordinates of the center of Peru and the solar radiation conversion characteristics into electrical energy. The research has an experimental design, an electric power generation system based on a solar collector cylinder design was implemented, which applies thermal energy to a Stirling engine to generate electric energy, each stage of these processes were analyzed; performance tests and thermal power generation, mechanical and electrical energy with the experiments were performed. As a result it was possible to implement an electric power generation module having solar energy as a source; it was possible to obtain experimental results from the solar radiation entry, the temperature in concentration focus, mechanical energy generation which generates an electrical output potential according to the generator and the Stirling engine characteristics, and according conditions to the solar radiation of the geographical area. In conclusion, the electrical generation implementation of the Stirling system allows to have an integrated system with its analyzed processes, which allowed to evaluate the electrical potential values that solar energy provides us in experimental conditions in this studied geographic region.

Keywords: Solar radiation, Stirling engine, solar collector, electric power generator.

Historial del artículo:

Recibido: 15 de septiembre de 2015. Aprobado: 18 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Ingeniero de Sistemas e informática, asistente de investigación en el Observatorio de Huancayo, Instituto Geofísico del Perú; investigador de la Universidad Continental.

² Investigador adjunto en el Observatorio de Huancayo, Instituto Geofísico del Perú; docente de la Universidad Continental.

³ Bachiller en Ingeniería Mecánica.

INTRODUCCIÓN

La producción y uso de energía es responsable de dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero (1). El logro contra el cambio climático se mide en t de CO2 no emitidas por día, el dióxido de carbono (CO2) contribuye al calentamiento global en un 55 %, el metano en un 32 % (2); Empresas importantes relacionan áreas del conocimiento con desarrollo en

países, como EEUU y otros de Europa, poseen plantas piloto en operación, como la de Sandia National Laboratories en Nuevo México. En Maricopa, Arizona hay una planta de generación comercial con 60 discos que generan 1,5 MW. También en Odeillo, Francia, existe un disco parabólico de 52 kWh (4) que han contribuido a la reducción de gases de efecto invernadero.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar

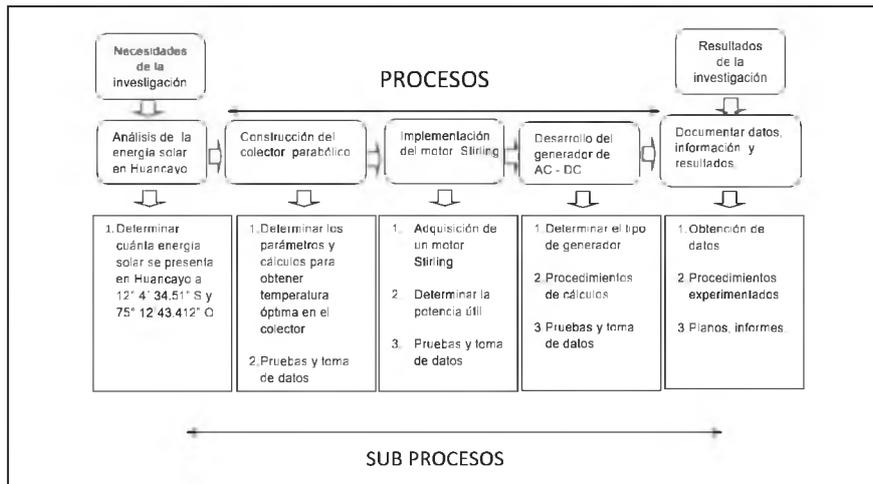


Figura N° 1: Macroproceso del sistema radiación solar en generación de energía.

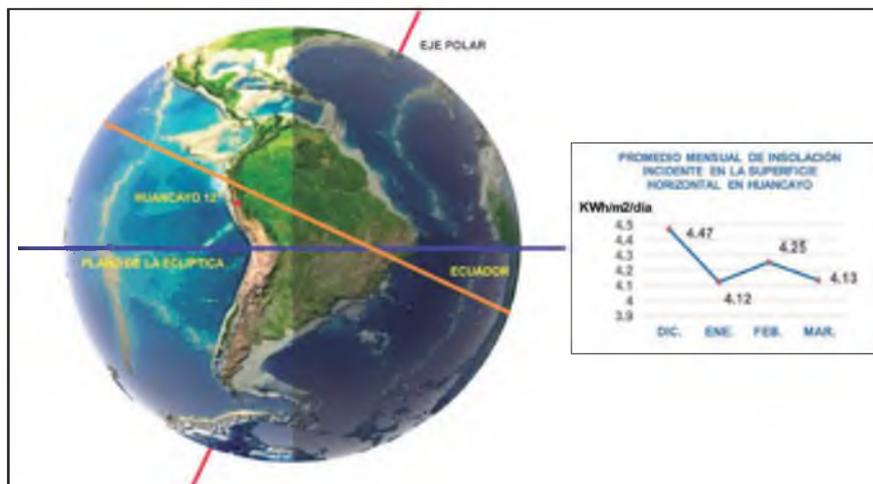


Figura N° 2: Huancayo en el Verano Austral.

su región, fomentan la electricidad limpia, la política ambiental mundial, vehículos híbridos, arquitectura verde entre otras. La energía solar es un recurso de fuente inagotable para este fin, en el valle del Mantaro y en otros lugares del mundo (3).

El uso de la energía solar como fuente de generación de energía pone de manifiesto que estamos ante una tecnología madura que ha experimentado un significativo avance durante los últimos años. Algunos

de qué manera influye la radiación solar usando un sistema de generación eléctrica basado en un motor Stirling, los resultados del estudio y las mediciones nos permitieron conocer y describir las características de la energía solar en la ciudad de Huancayo además de conocer las condiciones para aplicar la energía solar como fuente energética en la región central del Perú (5).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ámbito de estudio fue la ciudad de Huancayo, departamento de Junín en el Perú, ubicada cerca de la zona ecuatorial a 12° 4' 34.51" S y 75° 12' 43.412" O y a una altitud aproximada de 3 212 m s.n.m.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha empleado datos analizados para la elaboración del "Atlas de

aplicados al método de colectores solares (9, 10); La implementación del motor Stirling necesitó del uso de la metodología del Freno Prony (11), y para el desarrollo del generador eléctrico se recurrió a cálculos y experimentaciones necesarias para la operatividad del sistema que proporcionaría la información resultante.

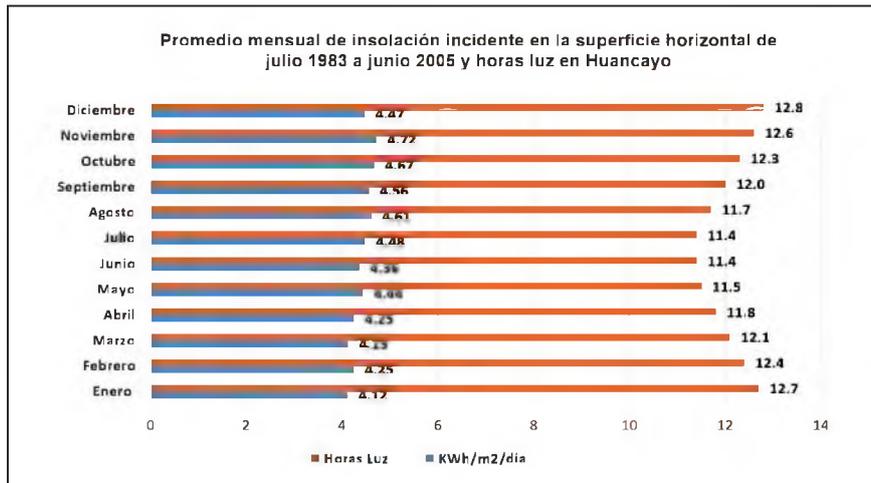


Figura N° 3: Promedio mensual de duración del día e insolución incidente en la superficie horizontal en Huancayo.

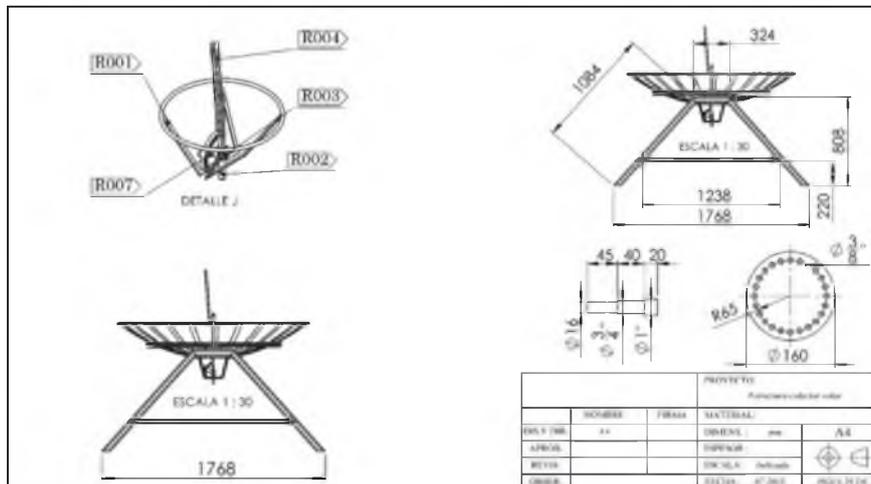


Figura N° 4: Planos del colector solar.

energía solar del Perú" (5), información tomada por satélites que proporcionan una base de datos de considerable tiempo para sus análisis (6, 5, 7).

Los procedimientos empleados fueron: El análisis de la energía solar en Huancayo, construcción del colector solar parabólico teniendo presente metodologías de Frank Kreith de fuerza solar para vehículos espaciales y otros autores (8) y cálculos matemáticos

RESULTADOS

Análisis de radiación solar en la ciudad de Huancayo

Aunque Huancayo no es la zona de mayor potencial de energía solar del territorio peruano, registra alta disponibilidad de radiación solar diaria entre 5,5 a

6,0 Kw/m² (5) durante todo el año, está ubicada en un lugar idóneo (figura 2) para el aprovechamiento de la energía solar ya que es una de las zonas con menor desviación estándar anual, en datos analizados de 1975 al 1990 (5); la sierra central presenta altos valores de energía solar a finales de primavera y

de 12,9 °C mínima y 19,6 °C máxima en promedio evaluando cada mes en el período de 22 años. Estos valores corresponden a la temperatura del aire de 10 m por encima de la superficie de la tierra, evaluados por la media numérica de los valores de cada 3 h para el mes dado (6).

Tabla N° 1: Datos tomados en condiciones de laboratorio.

VAC	VDC	I (A)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Revoluciones (rpm)
1,47	1,55	0,111	322	34	198,00
1,99	1,81	0,151	327	38	205,30
2,01	1,86	0,164	327	39	216,30
2,56	2,52	0,175	326	44	262,80
3,07	3,26	0,180	328	49	310,20
3,58	3,98	0,232	327	53	357,40
4,07	4,73	0,244	333	58	422,20
4,58	5,58	0,265	343	64	474,70
5,02	6,27	0,276	348	71	513,70
5,59	7,06	0,293	361	79	568,50
6,03	7,44	0,302	359	81	622,70
6,57	8,17	0,315	395	85	667,80
7,04	8,82	0,320	419	87	705,80
7,58	9,66	0,323	447	91	749,50
8,03	10,35	0,335	465	95	788,80
9,90	13,60	0,399	468	122	992,00
10,05	13,79	0,402	479	125	1 073,00

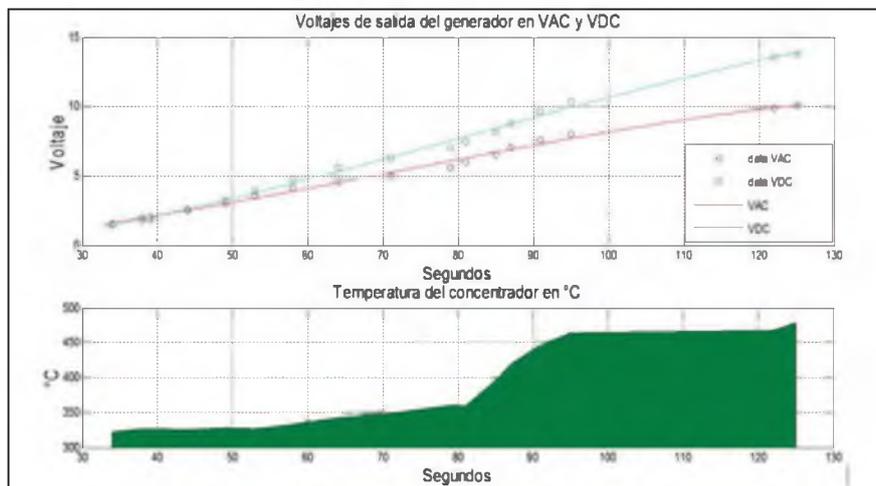


Figura N° 5: Voltajes VAC y VDC versus temperatura.

durante el verano por tener menos influencias de los controladores climáticos (5).

Energía solar y variables climáticas

Huancayo presentó temperaturas promedio anuales

La duración del día en promedio mensual de horas entre el amanecer y el atardecer presenta un mínimo de 11,4 horas en los meses de junio y julio y un máximo de 12,8 h en diciembre (6). El promedio mensual de insolación se puede ubicar de agosto a noviembre con un máximo de 4,72 KWh/m²/día (figura 3)

Temperatura en el punto focal del concentrador solar

Para la razón de diámetro a la longitud focal ($D/f=3$) para el colector diseñado, presenta una eficiencia de concentración en porcentaje de $\eta_c=38\%$ aproximadamente (8). Esto nos permite obtener el valor de la temperatura focal calculado en $347,14^\circ\text{C}$ con un área focal de $0,04\text{ m}^2$, que se aplicará al

revoluciones. Para lograr este objetivo el diseño y el material usado finalmente en el rotor del generador es la mezcla de fibras de carbono y resina poliéster, alcanzando un peso final de 280 g que se pone como carga al eje del motor Stirling (figura 7). El estator que consiste en el entrehierro y las espiras está fijado y calibrado respecto al punto centro del eje a la estructura del motor Stirling (12, 13).

Tabla N° 2: Datos tomados en condiciones de trabajo del sistema Stirling.

VAC	VDC	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Tiempo (s)
2,560	3,540	234	2
2,600	3,540	246	3
2,970	3,600	259	13
3,290	3,820	265	19
3,330	3,830	265	20
4,240	5,160	259	40
4,280	5,230	260	41
4,560	5,920	260	63
4,580	5,970	246	65
4,580	5,990	253	67
4,570	6,010	246	68
4,560	6,090	273	76
4,580	6,100	274	77
4,560	6,110	272	78

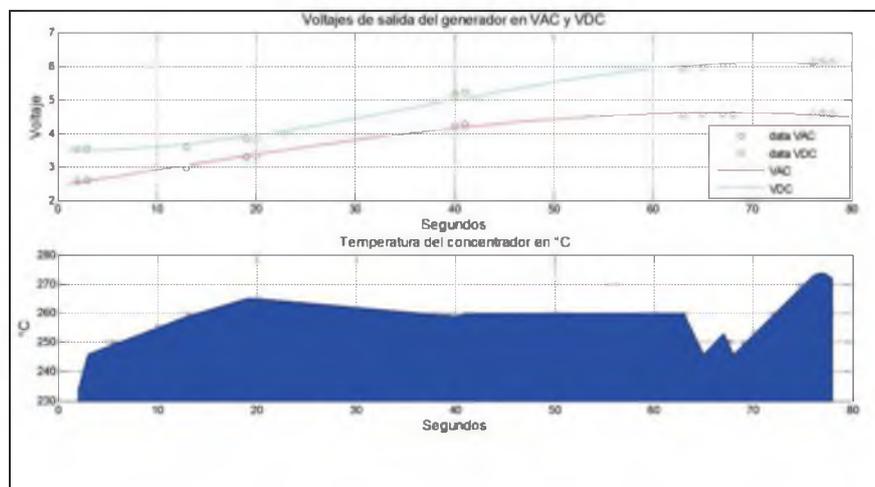


Figura N° 6: Voltajes VAC y VDC versus temperatura producida en el foco.

pistón del motor Stirling.

Consideraciones generales del generador eléctrico AC-DC

Un parámetro fundamental del motor Stirling es su potencia útil de $0,33406\text{ W}$, esto indica que el rotor del generador debe ser liviano para romper la inercia inicial, y mantener la estabilidad al subir las

Medición de datos de salida

Al realizar las pruebas se observan los voltajes obtenidos que a medida que el voltaje de corriente alterna se incrementa (VAC), el voltaje de corriente directa (VDC) se incrementó en función a este con una diferencia de $3,74$ en el valor máximo. La temperatura guarda una relación directamente proporcional con estos voltajes. En estas pruebas logramos tener un

voltaje 13,79 VDC por el generador como máximo (tabla 1), voltaje que podría usarse para cargar una batería estándar de 12 VDC.

En las pruebas realizadas entre agosto y setiembre (figura 6) se logra obtener un voltaje máximo de 4,5 VAC y de 6,11 VDC. Estos valores varían de los controladores climáticos, como fuertes vientos o días de soleados y cielos despejados (tabla 2). Se puede observar el efecto que tiene la variación de la temperatura en los parámetros de salida.

DISCUSIÓN

Al analizar los resultados se puede observar que para generar mayor energía eléctrica en condiciones ambientales del centro del Perú, no solo se requiere de altas temperaturas en el foco de concentración



Figura N° 7: Toma de datos en condiciones de trabajo.

(tabla 1), sino también disponer en el diseño un motor que desarrolle mayor potencia útil, con un sistema de refrigeración continuo diferente a disipadores económicos tipo aletas de aluminio.

En el proceso de construcción no se logró tener un área focal estable, sino una dispersión de aproximadamente 200 mm. Debido a la construcción de la parábola ya sea en el rolado de las planchas de acero inoxidable o a errores en la estructura de la parábola debido al proceso de soldadura y construcción.

Para lograr una mayor eficiencia del generador eléctrico desarrollado el punto focal debe estar lo más cerca posible al vértice de la parábola, resultaría eficaz el diseño que hace ingresar por la parte del vértice el pistón del motor Stirling.

Según Beltran Chacón R. en su estudio, el diseño del

enfriador tiene una gran influencia sobre la potencia y eficiencia del sistema, debido a que su máxima capacidad está limitada por la potencia requerida por el ventilador (14). Encontramos en la práctica que es una realidad lo indispensable de una buena refrigeración del motor Stirling. En los niveles de concentración de energía solar no se puede hacer una comparación idónea con resultados obtenidos en otros trabajos ya que establecen diferentes diseños de colectores, y los resultados dependerán de los procesos de construcción y condiciones climáticas (15).

La aplicación de un sistema Stirling para generar energía eléctrica óptima en Huancayo no solo dependerá de disponer de una menor desviación estándar anual de energía solar durante todo el año (5), será posible con diseños eficientes considerando los factores climáticos adversos de cada estación del año.

Con las características propias de la energía solar analizadas en la ciudad de Huancayo y usando la metodología de este trabajo será útil al calcular sistemas de generación eléctrica de mayor potencial, teniendo en cuenta las características de la energía solar (16, 17).

Algunas conclusiones a las cuales se arribaron son:

La energía solar nos da acceso a la aplicación de fuentes alternativas a energías convencionales, el análisis de la investigación determina a la ciudad de Huancayo como un lugar potencial para la implementación de tecnologías limpias, está ubicada sobre el llamado cinturón solar a 12° de la línea ecuatorial, en esta ubicación se puede seguir la trayectoria aparente del sol durante todo el día. Las bases de datos (6,7) disponibles con información permiten analizar y evaluar las zonas geográficas que pueden ser aptas para el uso de técnicas de la generación eléctrica a base de energía solar.

Los datos históricos y bibliográficos nos presenta a la región central del Perú con niveles constantes de radiación solar durante todo el año como concluye el SENAMHI (5). El análisis de la energía solar bajo las condiciones geográficas de estudio nos indica que es posible la implementación de sistemas de generación eléctrica de mayor capacidad, teniendo en cuenta que la aplicación de un sistema Stirling para generar energía eléctrica adecuada en Huancayo será posible bajo diseños apropiados.

Los datos obtenidos muestran que la generación de energía eléctrica están en función a la potencia útil del sistema, y estos datos de salida son propios a nuestro sistema de baja potencia. Estas características de salida pueden ser mejoradas bajo ciertas condiciones de trabajo del motor Stirling en el generador eléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. International Energy Agency. [Internet]. Inglaterra. WEO 2015 Special Report on Energy and Climate Change. [Actualizado 15 Junio; citado 31 julio 2015]. Energy and climate Change. Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/>
2. European Commission. Nuestro planeta, nuestro futuro – Juntos luchamos contra el cambio climático. Publicaciones del cambio climático general. Internet]. 2015 [citada octubre del 2015] [29 p.] Disponible en: http://ec.europa.eu/clima/citizens/youth/docs/youth_magazine_es.pdf
3. DW. Made for minds. Alemania: Rosa Muñoz [Actualizado 4 de abril 2012; citado 15 de julio 2015]. Energías renovables en América Latina: ¿una cuestión de incentivos?; [1 pantalla]. Disponible en: <http://www.dw.com/es/energ%C3%ADas-renovables-en-am%C3%A9rica-latina-una-cuesti%C3%B3n-de-incentivos/a-15859232>
4. Ministerio de Energía – Gobierno de Chile. [Internet]. Chile: Centro de energías Renovables - Ministerio de energía. 2011. [Actualizado 2011; citado julio 2015]. Energía solar. Disponible en: http://cifes.gob.cl/tecnologias/files/2011/12/libro_solar.pdf
5. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Medioambiente. [Internet]. Perú [Actualizado Junio del 2003; citado 10 Agosto 2015]. Atlas de energía solar del Perú. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20de_Radiacion_Solar.pdf
6. Atmospheric Science Data Center. [Internet]. USA .NASA [Data actualizado de julio 1983 a junio 2005; citado 28 julio 2015] NASA Surface meteorology and Solar Energy – Available Tables [1 pantalla]. Disponible en: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=106079&lat=-12&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=swvdowncook&p=clr_sky&p=daylight&p=T10M&p=srf_alb&step=2&lon=-75
7. Instituto Nacional de investigación espacial. [Internet]. Brasil. División de satélite y sistemas ambientales. Brasil. [Actualizado 31 Julio; citado 31 julio 2015]. Radiación solar y terrestre. Disponible en: <http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/>
8. Frank Kreith. Transmisión de calor por radiación: Primera Edición. Compañía Editorial Continental. México. 1965.
9. Francisco Arancibia Carocca. Diseño de un horno solar en sistema de concentrador solar parabólico tipo scheffler. Valparaíso. Universidad Técnica Federico Santa María -Departamento de Mecánica – Investigación Aplicada I. 2006
10. Luis Alberto Clementi. Física moderna y aplicaciones. Buenos Aires. Editora de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe. 2013
11. Edgar J. Kates, William E. Luck. Motores diesel y de gas de alta compresión. Segunda edición. Barcelona. Editorial Reverté, S.A. 2003
12. Wildi, Theodore. Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. Sexta edición. México. Pearson Educación. 2007.
13. William R. Martini. Stirling Engine Desing Manual. Segunda edición. USA. National Aeronautics and Space Administration – Lewis Research Center Under Grant NSG-3194. 1983. Disponible En: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19830022057.pdf>
14. R. Beltrán-Chacon, N. Velasquez- Limon, D. Saucedo-Carvajal. Análisis y Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Termosolar con Concentrador de Disco Parabólico y motor Stirling de 2.7 KW enfriado por aire. ISSN 1405-7743. 2012. Vol 13, No 1: 43-53.
15. Durán Medina Pino, Contreras Ernesto, Barbosa Saldaña Juan G., Jimenes Bernal José A., Sánchez Silva Florencio. Diseño de disco colector solar de Pequeña modularidad. En: Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la Somim. México: Laboratorio de Ingeniería Térmica e Hidráulica Aplicada Instituto Politécnico Nacional SEPI-ESIME-Zac. 2011.
16. Muneer. Solar Radiation and Daylight Models. Napier University, Edinburgh. 2ª ed. Elsevier Ltd. 2004.
17. Zekai Sen. Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. Atmosphere, Environment, Climate change and Renewable energy. London. Springer _ Verlag. 2008.

Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca del Canipaco, Huancayo

Carbon storage in natural pastures of the Canipaco subbasin, Huancayo

Christian Max Quispe Navarro¹
Universidad Continental
christmax1@hotmail.com

Fernando Quispe Contreras²
Universidad Nacional del Centro
del Perú

Raul Marino Yaranga Cano³
Universidad Nacional del Centro
del Perú

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la correlación de pesos de biomasa aérea y radicular de las especies *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis* y sus capacidades de almacenamiento de carbono. La recolección de datos se realizó en tres zonas representativas tomando en cuenta factores como la fisonomía vegetativa, fisiografía, topografía y exposición hacia los puntos cardinales, denominándolas zonas I, II y III, equivalentes a tres poblaciones diferentes, las que fueron evaluadas aplicando el método de muestreo simple con distribución sistemática. Las unidades muestrales fueron parcelas cuadradas de 4m². La extracción de muestras vegetativas fueron tomadas al azar desde las parcelas, luego lavadas y oreadas a temperatura ambiente bajo techo antes de su traslado a laboratorios para el secado final, pesajes de biomasa y análisis del contenido de carbono. El procesamiento de datos del inventario para la estimación de la Biomasa y correlaciones fue por especie y zonas, luego a partir de los resultados de biomasa y mediante el factor de conversión se calcularon el contenido de carbono almacenado. Entre los resultados podemos mencionar que los promedios de carbono almacenados son: *Calamagrostis vicunarium*: 0,754 tC/ha; *Festuca dolichophylla*: 1,638 tC/ha y *Muhlenbergia ligularis*: 0,743 tC/ha. En conclusión, por la significancia de la correlación, el peso de la biomasa aérea puede permitir la estimación del peso de la biomasa radicular. El promedio de carbono almacenado por las tres especies juntas alcanza a 3,14 tC/ha.

Palabras clave: Carbono, pastos naturales, biomasa, almacenamiento

ABSTRACT

The objective is to evaluate the correlation of aerial and root biomass weights of the *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla* and *Muhlenbergia ligularis* species and their carbon storage capacities. The data collection was realized in three representative areas taking into account factors such as vegetative physiognomy, physiography, topography and exposure to cardinal points, called them I, II and III zones, corresponding to three different towns, which were evaluated using the simple sampling with systematic distribution method. The sampling units were square plots of 4m². The vegetative samples removal were taken randomly from the plots, then washed and aired at environmental temperature in a closed room before being transferred to laboratories for the final drying, weighed biomass and carbon content analysis. The inventory data processing for the biomass estimating and correlations was by species and areas, then from the biomass results and by the conversion factor were calculated the stored carbon content. As results, we can note that the stored carbon average are: *Calamagrostis vicunarium*: 0,754 tC/ha; *Festuca dolichophylla*: 1,638 tC/ha and *Muhlenbergia ligularis*: 0,743 tC/ha. In conclusion, because of the correlation significance, the air biomass weight may allow root biomass weight estimation. The stored carbon average for these three species together reaches 3,14 tC/ha.

Keywords: Carbon, natural pastures, biomass, storage.

Historial del artículo:

Recibido: 22 de noviembre de 2014. Aprobado: 4 de setiembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Ingeniero Forestal y Ambiental, investigador de la Universidad Continental.

² Ingeniero Forestal, docente cesante de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

³ Ingeniero Zootecnista, docente de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

INTRODUCCIÓN

El carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo y subsuelo. Estos son considerados depósitos de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos. La atmósfera es el menor y el más dinámico de los reservorios del ciclo del carbono. Mientras tanto los cambios que sufren en este reservorio tienen una estrecha relación con los cambios del ciclo global de carbono y del clima.

Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en la forma de dióxido de carbono (CO₂), en menor proporción el carbono atmosférico se presenta en forma de metano (CH₄), todos estos son considerados gases de efecto invernadero, que contribuyen con el equilibrio térmico de la tierra. Cualquier actividad relacionada al suelo que modifique la cantidad de biomasa en la vegetación y en el suelo tiene el potencial de alterar la cantidad de carbono almacenado y emitido hacia la atmósfera, lo que influye directamente en la dinámica del clima de la tierra (1).

En los últimos años una serie de actividades humanas han producido la excesiva emisión de gases de efecto invernadero, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), que es responsable casi del 50 – 60 % del calentamiento global previsto para los próximos años. De esta manera, se ha sobrepasado la capacidad de absorción de la tierra; con lo que se eleva el calor retenido en la superficie terrestre y aumenta gradualmente la temperatura global del planeta (2). Es decir el mayor aporte humano a los gases de efecto invernadero es CO₂, el cual ha aumentado principalmente desde el inicio de uso masivo de los combustibles fósiles en los países industrializados. Actualmente se consume cien veces más carbón que a fines del siglo XVIII y el petróleo ha visto incrementado su consumo en más de doscientas veces sólo durante el siglo XX. (3). Por lo tanto las concentraciones de CO₂ han aumentado en un 40 % desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo (4).

Según los resultados del Grupo de Trabajo II del Cuarto Informe Científico AR4 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) el Perú como parte de la región andina tropical, es uno de los países que se verán más afectados por las consecuencias del cambio climático (5). El cambio climático tendrá impactos en las partes altas de las montañas. Las mediciones de campo en la cordillera central de los Andes indican una tasa de calentamiento que supera el promedio registrado en las partes bajas y las proyecciones futuras estiman que el calentamiento

de la superficie en los Andes podría ser el doble de lo que se observará en las tierras bajas de aquí al final del siglo (6).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) tiene como objetivo estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y evitar llegar a un nivel de interferencia antropogénica peligrosa. De esta manera el Perú como país en desarrollo ha asumido las responsabilidades descritas en el artículo 4, párrafo 1, de la Convención, en la que señala que se debe elaborar, actualizar y facilitar a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero (7, 8).

En el marco de la CMNUCC, la primera Conferencia de las Partes decidió elaborar un Protocolo de acciones para implementar compromisos asumidos en la Convención. Este se adoptó en Kioto, Japón, en el año 1997 (2). Este protocolo no sólo contempla las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. También considera el papel de los sumideros artificiales, no ha considerado el sumidero natural según sus artículos 3.3 y 3.4 (9).

La modalidad más importante que el Perú aplica a la mitigación es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), uno de los mecanismos del Protocolo de Kyoto que ayuda a cumplir con los objetivos de mitigación. El MDL permite además que países en desarrollo certifiquen sus reducciones de emisiones de GEI y puedan vender dichos certificados a los países industrializados con compromisos de reducción de emisiones. El Perú es parte de la CMNUCC desde 1993 y el protocolo de Kyoto desde el 2002. A través de su Segunda y Tercera Comunicación Nacional, el Perú cumple con su compromiso de informar a las Partes. Y según el inventario Nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero año 2000, el CO₂ es el principal GEI, representando el 73,8 % del inventario Nacional (7).

El departamento de Junín es una de las regiones del Perú más vulnerables al Cambio Climático (10), con respecto a las proyecciones del clima en la cuenca del Mantaro al 2030 se tendrá un progresivo incremento de las temperaturas máximas y mínimas en toda la cuenca, del orden de 0,9 °C en promedio respecto al periodo de referencia 1971 – 2000, mientras las proyecciones de la precipitación algunos modelos indican reducciones de hasta -30 % mientras otros proyectan incrementos de hasta +15 % (11, 12).

Conservar y fomentar los sumideros de carbono es luchar contra el cambio climático. Los sumideros de carbono pueden ser utilizados para el cumplimiento

de los compromisos de cada estado en la limitación de emisiones de GEI.

El departamento de Junín cuenta con una superficie de más de 1 000 000 de ha con praderas altoandinas, aproximadamente un cuarto de su superficie total; ecosistemas que retiran carbono de la atmósfera brindando el servicio ambiental de sumideros. Los sumideros almacenan carbono en compuestos orgánicos que conforman la biomasa y la materia orgánica de los suelos y constituyen una de las formas de mitigación del efecto invernadero, sin embargo existe desconocimiento del potencial que tiene este ecosistema para capturar y almacenar Carbono, razón por la cual las poblaciones vienen degradando estos pastizales a través del sobrepastoreo, excediendo su capacidad de carga permitida, no realizan manejo de pastizales, además de practicar la quema de pastizales provocando los incendios forestales y actualmente se viene dando el cambio de uso de tierras, es decir tierras que eran para pastoreo hoy se vienen convirtiendo en tierras con cultivos de maca, contribuyendo así a la emisión de GEI como el CO₂.

En el Perú, son escasos los estudios de captura y secuestro de carbono para los ecosistemas de pastizales, desconociéndose el valor potencial de los pastos naturales altoandinos como fijadores de carbono (13). Por esta razón se evaluó la correlación de pesos de biomasa aérea y radicular y el almacenamiento de Carbono fijado por las especies *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*.

La investigación contribuye a sentar una buena base de información técnico-científica incorporando el valor de este ecosistema y proveyendo información útil, que servirá a los tomadores de decisión local, regional y nacional en adoptar políticas sobre medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, así también contribuirá con el compromiso del estado peruano como miembro de las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas a proveer información sobre la absorción por los sumideros de carbono en pastizales altoandinos para la formulación de programas nacionales, regionales orientados a mitigar el cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

La subcuenca del Canipaco comprende una extensión de 127 238,69 ha ubicado en el departamento de Junín, en las provincias de Huancayo y Chupaca, abarcando los distritos de Chicche, Colca, Carhuacallanga, Huasicancha, Chacapampa, Chongos Alto y Yanacancha, a una altitud media de 4300 m s.n.m. (figura 1).

Las extensas llanuras de la subcuenca del Canipaco presentan de por sí variadas características en cuanto a su complejidad de amplitud física, topográfica, suelos, humedad, microclimas, cobertura vegetal, donde los pastizales significan ser base y soporte de múltiples servicios desde productivos, económicos y turísticos.

Dada su amplitud territorial se elige tres zonas representativas de estudio, donde con cierta regularidad se visualiza la presencia de la asociación Festucetum – Calamagrossetum. Cada zona de muestreo de 10 ha de superficie, con fines de muestreo se constituyen en poblaciones diferentes y cada una son divididas en 25 000 parcelas de menor tamaño. Estas zonas tienen como característica lo siguiente: Zona I, se encuentra a una altitud de 4 126 m s.n.m., con coordenadas UTM del punto inicial: 460794,8629447; exposición al Sur - Este, pendiente promedio de 15 %, suelo arcilloso muy oscuro con profundidad efectiva mayor de 60 cm. Zona II, se ubica a una altitud de 3 821 m s.n.m. Punto inicial con coordenadas UTM: 462430,8639337. Exposición al Norte, pendiente promedio de 17 %, suelos ligeramente oscuros de mediana profundidad: 40 cm. Zona III, Altitud de 3 996 m s.n.m. Punto inicial con coordenadas UTM: 467201,8642679. Exposición al Sur- Oeste. Pendiente de 18 %, suelo marrón oscuro de 35 cm, de profundidad las que fueron evaluadas aplicando el método de muestreo simple con distribución sistemática. Las unidades muestrales fueron parcelas cuadradas de 4 m². Se obtuvo un número de 10 muestras vegetativas por especie desde cada zona, extrayéndolos aleatoriamente a partir de las 25 unidades muestrales ya definidas.

Las muestras se han extraído previa medición de sus alturas además de su diámetro mayor y menor respectivamente. La extracción propiamente dicha fue escarbando con pico el entorno del individuo y desde una profundidad de 30 cm (caso de Festuca), esta muestra vegetativa se recogía con toda la porción de suelo cuya apariencia era de una torta gigante mientras que en el caso de Calamagrostis y Muhlenbergia, fueron tortas de tamaño medianas extraídas de profundidades menores en razón a la menor longitud de raíz que las caracteriza. Paralelamente se hace el conteo de todos los individuos por especie, en el caso de Festuca, dado su gran tamaño relativo, el conteo fue directo en cada unidad de muestreo y en el caso de las otras especies fue necesario emplear subparcelas de 47,14 cm x 47,14 cm, cuya ubicación estaba en el centro de las parcelas debido a sus menores portes y proporción mayor cuantitativa de individuos por unidad muestral. Luego lavadas y oreadas a temperatura ambiente bajo techo antes de su traslado a laboratorios para el secado final, pesadas de biomasa y análisis del contenido de carbono. El procesamiento de datos del inventario para la estimación de la biomasa y correlaciones fue por especie y por zonas, luego a partir de los resultados de biomasa y mediante

el factor de conversión se calcularon el contenido de carbono almacenado.

RESULTADOS

En la tabla 1 se observa que la correlación entre los

hojas y diámetro, promedio tanto en poblaciones I y III, además de que el peso de la biomasa aérea y la altura de hojas en zona I también muestra ser significativo a nivel de $P \leq 0,05$; en caso de *Muhlenbergia ligularis*, se observa una correlación significativa entre el peso de la biomasa aérea con altura de la planta y promedio de diámetro en población II y altamente significativa

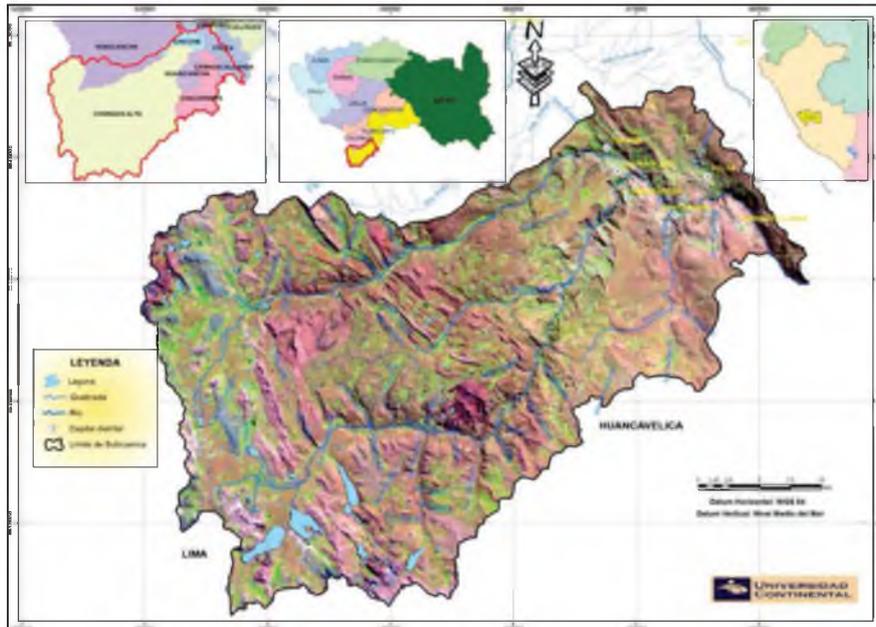


Figura N° 1: Ubicación de la subcuenca del Canipaco.



Figura N° 2: Pastizales naturales de la subcuenca del Canipaco.

ítems analizados son bajas. En caso de *Calamagrostis vicunarum* solo es significativa a nivel de $P \leq 0,05$ cuando se trata entre la altura promedio de hojas y el promedio de diámetro en poblaciones I y II; mientras tanto en el caso de *Festuca dolichophylla*, es más notoria la correlación entre la altura total de la planta y promedio de diámetro, entre la altura de

entre el peso de biomasa aérea y diámetro promedio en población III.

En la tabla 2 se observa la correlación entre los pesos de biomasa aérea y radicular de las tres especies: *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla*, y *Muhlenbergia ligularis*, tanto a nivel general como

Tabla N° 1: Correlación de peso y medidas Agronómicas de la biomasa aérea.

	Correlación	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia ligularis</i>
Zona I	Altura total de planta y promedio de diámetro	0,5520	0,7539*	
	Altura promedio de hojas y promedio de diámetro	0,6936*	0,7143*	
	Peso de Biomasa aérea y altura de hojas	0,5845	0,7026*	
	Peso de Biomasa aérea y diámetro promedio	0,6030	0,5888	
Zona II	Altura total de planta y promedio de diámetro	0,9222**	0,3626	0,6757
	Peso de Biomasa aérea y altura de hojas	0,9019**	-0,0023	0,8554*
	Peso de Biomasa aérea y diámetro promedio	0,9011**	0,2322	0,8800*
Zona III	Altura total de planta y promedio de diámetro	-0,2554	0,6956*	-0,2324
	Altura promedio de hojas y promedio de diámetro	-0,3364	0,6946*	0,0606
	Peso de Biomasa aérea y altura de hojas	0,4850	0,5543	-0,0067
	Peso de Biomasa aérea y diámetro promedio	-0,0840	0,4460	0,8087**

* Significativo ** Altamente Significativo

por cada zona de espacio estudiado. Se observa que en las especies de porte bajo como son las *Calamagrostis vicunarum* y *Muhlenbergia ligularis*, la correlación es significativa nivel de $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente, lo que significa que a un cambio en la raíz de 1 g, la variación del peso de la biomasa aérea de *Calamagrostis vicunarum* ocurre en 1,74 g, mientras tanto en *Muhlenbergia ligularis* el cambio de 1 g del peso de la raíz, la biomasa aérea cambia en

1,67 g. La correlación entre pesos de biomasa en la *Festuca dolichophylla* no es significativo.

Por otro lado en la figura 2 se observan que el promedio de peso de la biomasa aérea con respecto al peso de la biomasa radicular, no son coincidentes, las especies de crecimiento bajo muestran proporciones entre 60 y 70 % de biomasa aérea, mientras que en la *Festuca dolichophylla* bordea el 80 %.

Tabla N° 2: Correlación entre biomasa aérea y radicular de especies

Correlacion/ Regresion	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia ligularis</i>
Correlación general	0,7718*	0,3273	0,9066**
Correlación zona I	0,3530	0,5178	0,9885**
Correlación zona II	0,9494**	0,7513*	0,8494*
Correlación zona III	0,9301**	0,5146	0,2920
Regresión general	1,7409		1,6738
Regresión zona I			1,3643
Regresión zona II	2,7527	0,7513	1,7884
Regresión zona III	1,4846		

* Significativo ** Altamente Significativo

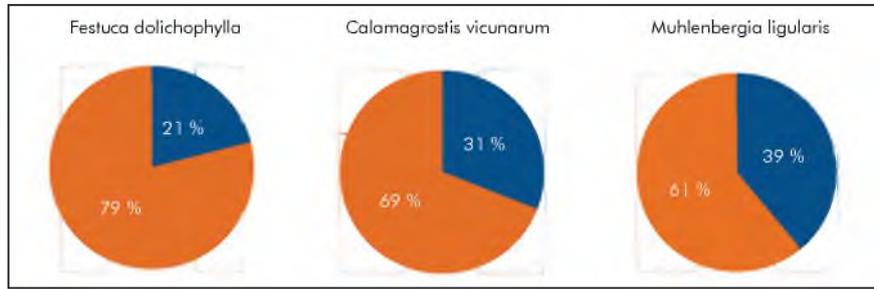


Figura N° 3: Proporción porcentual promedio entre pesos de biomasa aérea y radicular.

Las muestras vegetativas extraídas para determinar el peso promedio de Biomasa por planta o individuo de las especies estudiadas, fueron tomadas al azar desde las parcelas de muestreo, en dichas muestras se encuentran representados casi todos los tamaños de la población de individuos. La variabilidad de pesos de estas biomazas individuales son notorias en las tres zonas o poblaciones y están expresadas

Tabla N° 3: Muestras de Biomasa seca por planta (individuo) según especies (gr).

<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia ligularis</i>
20,35	128,07	9,12
15,3	13,6	3,82
16,3	20,36	2,19
10,32	85,79	7,77
12,85	94,78	3,98
10,07	98,44	2,77
5,68	169,43	2,08
12,66	153,21	3,93
9,2	74,36	6,92
7,86	266,67	20,3
2,91	120,79	5,91
4,12	121,55	9,65
5,84	171,48	5,87
5,6	133,91	9,42
9,49	237,9	9,4
14,89	147,63	18,16
5,92	52,52	11,8
29,12	171,36	25,3
5,01	242,75	11,91
5,01	108,21	11,96
2,7	204,03	1,89
3,39	84,16	2,6
3,48	74,67	2,13
2,01	157,65	2,13
14,13	103,74	4,11
6,2	168,43	2,95
3,92	84,54	2,1
4,1	137,63	3,97
4,41	27,68	5,67
5,06	26	1,45

por la magnitud del valor o nivel de precisión (tablas 3 y 4), lo que denota que las matas o plantas fueron de diferentes tamaños, siendo mayor aun en *Calamagrostis vicunarum* así como en *Muhlenbergia ligularis*, y relativamente menor variabilidad entre las muestras de *Festuca dolichophylla*.

En la zona I (tabla 5), se observa que el promedio de la cantidad de biomasa por parcela más alta corresponde a la especie *Festuca dolichophylla*, llega a 2,057 kg/parcela y en segundo lugar ocupa la especie *Calamagrostis vicunarum* con 0,965 kg/parcela y en tercer lugar *Muhlenbergia ligularis* alcanza un 0,867 kg/parcela, todos ellos con una confianza del 95 %. El promedio de la última especie es más precisa en relación a las otras, lo que significa que existe una presencia relativamente más homogénea dentro de la zona I.

En la zona II (tabla 6), la cantidad de biomasa acumulada es más baja en las tres especies, sin embargo lo resaltante es que siempre ocupa el primer lugar *Festuca dolichophylla* con 0,7169 kg/parcela y además presenta un menor error de muestreo es decir un promedio con una precisión ligeramente mayor frente a las otras especies.

En la tercera zona (tabla 7), se observa que los contenidos de biomasa de *Calamagrostis vicunarum* y *Muhlenbergia ligularis* bajan aún más en su contenido de biomasa, mientras que *Festuca dolichophylla* alcanza un valor de 1,006 kg/parcela con una precisión de la media relativamente más alta que las demás especies. Significa entonces que esta especie está distribuida en la población III con más regularidad que las otras dos especies.

Al observar los pesos por t de la especie *Festuca dolichophylla* en las zonas I, II y III (tablas 8, 9 y 10), se ve un comportamiento relevante y alcanza hasta 5,1425 t/ha, 1,7922 t/ha y 2,5155 t/ha. Siendo la especie la mayor aportante de biomasa en las tres zonas.

En estas mismas tablas 8, 9 y 10 al establecer los límites de confianza respectivos en la estimación del peso de la biomasa y en concordancia a los

Tabla N° 4: Análisis estadístico de Biomasa/planta* según especies.

Simbología	<i>Calamagrostis vicunarium</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia ligularis</i>
X ⁻	0,0085960	0,122711333	0,007042000
s ²	0,0000375	0,004267919	0,000034880
s	0,0061287	0,065329311	0,005905929
± e	±0,0022883	±0,024392631	± 0,002205171
e %	26,5500000	19,878059010	22,050000000

*Biomasa/unidad vegetativa o planta en kg.

Tabla N° 5: Biomasa por especies a nivel muestra de la zona I.

Especie	X ⁻	s ²	s	± e	e %
<i>Calamagrostis</i>	0,96550000	0,319768670	0,565480920	0,233430520	24,17
<i>Festuca</i>	2,05700000	0,898434500	0,947857850	0,391275740	19,01
<i>Muhlenbergia</i>	0,86701104	0,146853144	0,383214227	0,158190833	18,24

Tabla N° 6: Biomasa por especies a nivel muestra de la Zona II.

Especie	X ⁻	s ²	s	± e	e %
<i>Calamagrostis</i>	0,47656224	0,089618220	0,29930000	0,12350000	25,93
<i>Festuca</i>	0,71698264	0,145301006	0,38118369	0,15735000	21,94
<i>Muhlenbergia</i>	0,62870976	0,137212890	0,38118369	0,15291044	24,32

Tabla N° 7: Biomasa por especies a nivel muestra de la Zona III.

Especie	X ⁻	s ²	s	± e	e %
<i>Calamagrostis</i>	0,34659072	0,023003074	0,151667645	0,062600000	18,06
<i>Festuca</i>	1,00622200	0,160615937	0,400769182	0,165440000	16,44
<i>Muhlenbergia</i>	0,17914848	0,009120715	0,095502433	0,039582433	22,00

Tabla N° 8: Biomasa promedio por especies a nivel de población y ha Zona I.

Especie	X ⁻	N	B. kg	B. t/z	B.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	0,965	25000	24125	24,125	2,4125
<i>Festuca</i>	2,057	25000	51425	51,425	5,1425
<i>Muhlenbergia</i>	0,867	25000	21675	21,675	2,1675
Total	3,889	-----	97225	97,225	9,7225

Tabla N° 9: Biomasa promedio por especies a nivel de población y ha Zona II.

Especie	X ⁻	N	B. Kg/z	B. t/z	B.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	0,4765	25000	11912,5	11,9125	1,1912
<i>Festuca</i>	0,7169	25000	17922,5	17,9225	1,7922
<i>Muhlenbergia</i>	0,6287	25000	15717,5	15,7175	1,5717
Total	1,8221	-----	45552,5	45,5525	4,5551

descriptores estadísticos (tablas 5, 6 y 7) existe con una confiabilidad de 95 %, en zona I a nivel de población: *Calamagrostis vicunarium*: $2,4125 \pm 0,5825$ t/ha; *Festuca dolichophylla*: $5,1425 \pm 0,9577$ t/ha y en *Muhlenbergia ligularis*: $2,1675 \pm 0,395$ t/ha, En zona II, *Calamagrostis vicunarium*: $1,1912 \pm 0,307$

En la tabla 11, se muestran los valores de carbono almacenado por especies en la Zona I. Al fijarse en los contenidos de carbono para el promedio de las biomásas según la parte vegetativa aérea o radicular que se trate. La especie *Calamagrostis vicunarium* almacena una cantidad de 1,256 t, de carbono/ha,

Tabla N° 10: Biomasa promedio por especies a nivel de población y ha Zona III.

Especie	X ⁻	N	B. Kg/z	B. t/z	B.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	0,3465	25000	8662,5	8,6625	0,8662
<i>Festuca</i>	1,0062	25000	25155	25,155	2,5155
<i>Muhlenbergia</i>	0,1791	25000	4477,5	4,4775	0,4477
Total	1,5318	-----	38295	38,295	3,8294

Tabla N° 11: Promedios de biomasa y carbono según partes vegetativas, Zona I.

Especie	Parte vegetativa	Biomasa*	B.t/ha	Carbono**	C.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	A	0,6876	1,658835	0,5197	0,862
	R	0,3124	0,753665	0,5234	0,394
	Tot.	1,0000	2,412500	.....	1,256
<i>Festuca</i>	A	0,7858	4,0409765	0,5325	2,151
	R	0,2142	1,1015235	0,4992	0,549
	Tot.	1,0000	5,1425000	.....	2,700
<i>Muhlenbergia</i>	A	0,6087	1,31935725	0,5406	0,713
	R	0,3913	0,84814275	0,5239	0,444
	Tot.	1,0000	2,16750000	...	1,157

*Fracción de Biomasa Aérea y radicular.

**factor de conversión de carbono

Tabla N° 12: Promedios de biomasa y carbono según partes vegetativas, Zona II.

Especie	Parte vegetativa	Biomasa*	B.t/ha	Carbono**	C.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	A	0,6876	0,81906912	0,5023	0,411
	R	0,3124	0,37213088	0,4450	0,165
	Tot.	1,0000	1,19120000	.....	0,576
<i>Festuca</i>	A	0,7858	1,40831076	0,5196	0,731
	R	0,2142	0,38388924	0,4320	0,165
	Tot.	1,0000	1,79220000	.....	0,896
<i>Muhlenbergia</i>	A	0,6087	0,95669379	0,5264	0,503
	R	0,3913	0,61500621	0,5432	0,334
	Tot.	1,0000	1,57170000	.....	0,837

*Fracción de biomasa aérea y radicular.

**factor de conversión de carbono

t/ha, *Festuca dolichophylla*: $1,7922 \pm 0,392$ t/ha; *Muhlenbergia ligularis*: $1,5717 \pm 0,380$ t/ha y en la zona III, el resultado es como sigue: *Calamagrostis vicunarium* $0,8662 \pm 0,1565$ t/ha *Festuca dolichophylla*: $2,5155 \pm 0,4135$ t/ha y *Muhlenbergia ligularis*: $0,4477 \pm 0,0989$ t/ha.

de los cuales el 0,862 t, se encuentra en el tallo y/o follaje llamada en este caso parte Aérea y 0,394 t/ha de carbono se encuentra almacenado en las raíces. La especie *Festuca dolichophylla* almacena 2,7 t, siendo 2,151 t en aéreo y 0,549 t en la raíz; la especie *Muhlenbergia ligularis* almacena 1,157 t/ha de los

cuales 0,713 t es aéreo y 0,444 t es en raíz.

En la tabla 12, se muestran los valores de carbono almacenado por especies en la Zona II. La especie *Calamagrostis vicunarum* almacena una cantidad de 0,576 t, de carbono/ha, de los cuales el 0,411 t de carbono/ha, se encuentra en el tallo y/o follaje llamada en este caso parte aérea y 0,165 t de carbono/ha se encuentra almacenado en las raíces. La especie *Festuca dolichophylla* almacena 0,896 t, siendo 0,731 t en aéreo y 0,165 t en la raíz; la especie *Muhlenbergia ligularis* almacena 0,837 t/ha de los cuales 0,503 t es aéreo y 0,334 t es en raíz.

En la tabla 13, se muestran los valores de carbono almacenado por especies en la Zona III. La especie *Calamagrostis vicunarum* almacena una cantidad de 0,430 t, de carbono/ha, de los cuales el 0,292 t de carbono/ha, se encuentra en el tallo y/o follaje llamada en este caso parte aérea y 0,138 t de carbono/

ligularis la significancia se mantiene en poblaciones I y II; igualmente se observa una significancia de $P \leq 0,05$ en *Festuca dolichophylla* en población II. Estos resultados muestran el comportamiento de las especies según factores ambientales que diferencian a las tres poblaciones estudiadas (suelos, orientación del plano con respecto a los puntos cardinales, humedad del suelo). La alta correlación que existe entre los datos de la biomasa aérea y la biomasa radicular, en las especies *Calamagrostis vicunarum* y *Muhlenbergia ligularis*, otorgan una gran confiabilidad para asumir el peso de la raíz de manera indirecta con sólo saber el peso total de la biomasa aérea, los cuales amplían los resultados de Ramírez et al (14) quienes encontraron coeficiente de correlación entre 0,78 y 0,83, al estudiar *Brachiaria humidicola*. El porcentaje del peso de la raíz calculado con respecto al peso de la biomasa osciló entre 21 % y 39 %, sugieren inferir que no se puede atribuir un porcentaje único cuando se trata de pastos naturales altoandinos. Estos resultados, sugieren que

Tabla N° 13: Promedios de biomasa y carbono según partes vegetativas, Zona III.

Especie	Parte vegetativa	Biomasa*	B.t/ha	Carbono**	C.t/ha
<i>Calamagrostis</i>	A	0,6876	0,59559912	0,4915	0,292
	R	0,3124	0,27060088	0,5101	0,138
	Total	1,0000	0,8662	.....	0,430
<i>Festuca</i>	A	0,7858	1,9766799	0,5507	1,088
	R	0,2142	0,5388201	0,4205	0,226
	Total	1,0000	2,5155	.....	1,314
<i>Muhlenbergia</i>	A	0,6087	0,27251499	0,5526	0,150
	R	0,3913	0,17518501	0,4923	0,086
	Total	1,0000	0,4477	.....	0,236

*Fracción de biomasa aérea y radicular.

**factor de conversión de carbono

ha se encuentra almacenado en las raíces. La especie *Festuca dolichophylla* almacena 1,314 t, siendo 1,088 t en aéreo y 0,226 t en la raíz; la especie *Muhlenbergia ligularis* almacena 0,236 t/ha de los cuales 0,150 t es aéreo y 0,086 t es en raíz. El promedio de carbono acumulado por las tres especies juntas que resultan del estudio realizado alcanza a 3,13 t/ha.

DISCUSIÓN

En la correlación entre el peso de la biomasa aérea y algunas medidas agronómicas existe cierta correlación positiva y significativa en la *Festuca dolichophylla*, mientras que en las otras tiende a ser negativa. Estas correlaciones entre los pesos de biomasa aérea y radicular observadas en las tres poblaciones de espacio evaluado no se mantienen, en *Calamagrostis vicunarum* son significativos en poblaciones II y III, mientras que en *Muhlenbergia*

es necesario estudiar la diversidad de pastos naturales a fin de determinar las especies más abundantes para establecer los factores de corrección que permitan realizar cálculos indirectos de peso de la biomasa radicular.

Al observar los pesos por t de la especie *Calamagrostis vicunarum* en las zonas I, II y III (tablas 8, 9 y 10) se nota que en áreas con exposición Sur - Este, alcanza los más altos niveles y en aquellas áreas con orientación hacia el Sur - Oeste son más bajos, luego en aquellas áreas con orientación al Norte, ocupa un valor intermedio. La especie *Festuca dolichophylla*, tiene un comportamiento relevante y alcanza a 5,1425 t/ha en áreas con exposición al Sur - Este, mientras que con exposición al Sur - Oeste llega a 2,5155 t/ha, llegando a un valor intermedio en las áreas con exposición al Norte. En cuanto a *Muhlenbergia ligularis*, ésta llega a buenos niveles en áreas con exposición al Sur - Este y Norte, pero baja sensiblemente en aquellas áreas con

exposición al Sur- Oeste. En general la especie *Festuca dolichophylla*, es la mayor aportante de biomasa en las tres zonas, esto significa que la especie prospera y se mantiene con regularidad bajo cualquier exposición topográfica y sus diferencias de rendimiento en biomasa que figuran en las diferentes zonas son inherentes básicamente a la gradiente de fertilidad del factor suelo de cada lugar.

En la zona I se observa que el almacenamiento de carbono por ha es mayor para las tres especies en estudio respecto a las Zonas I y II. En la zona II se ve que el almacenamiento de carbono por ha es menor para las tres especies en estudio respecto a la zona I, esto puede explicarse que es debido a la exposición Norte que la caracteriza al área de muestreo y por cierto en razón a la menor profundidad efectiva del suelo que influye en la producción de biomasa. En la zona III los valores promedio de almacenamiento de carbono son aún más pequeños para las especies de *Calamagrostis vicunarum* y *Muhlenbergia ligularis*, lo cual puede obedecer a varios factores como: el aspecto edáfico que es más superficial en comparación con las otras áreas y también por la relevante exposición topográfica hacia el Sur-Oeste de la zona en referencia; sin embargo sobresale la especie *Festuca dolichophylla* con 1,314 t/ha. Reafirmando que ésta especie tiene más regularidad en su presencia y distribución espacial tanto en gradientes diferentes de suelos como en relación a la exposición topográfica variada de las áreas. El promedio de carbono acumulado por las tres especies alcanza a 3,13 t/ha. Equivalente a 11,49 t/ha de CO₂, si consideramos que una t de carbono equivale a 3,67 t de CO₂, obtenido en función de los pesos moleculares del carbono y del CO₂, de 12 / 44 (1). Basado en este resultado puede afirmarse la existencia probable de 296 180,85 t de carbono, equivalentes a 1 086 983,72 t de CO₂ almacenado en las 94 626,47 ha, de pastizales en el Canipaco.

Yaranga R, et al (13) investigaron sobre el almacenamiento de carbono en pastos naturales en el distrito de Huasichanca y Chicche en Huancayo y determinaron que la concentración de carbono en las cinco especies de pastos fue superior a 30,0 %. Así mismo Medrano R, et al (15) investigó sobre el almacenamiento de Carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha, concluyendo que los totorales y juncos brindan el mayor almacenamiento de carbono con 39,35 tC/ha, luego los pajonales con 15,43 tC/ha y en menor proporción los bofedales con 6,46 tC/ha; el almacenamiento de carbono en suelos se determinó en 774,76 tC/ha en pajonales y 684,58 tC/ha en bofedales. Asimismo el INIA investigó sobre determinación de reservas totales de Carbono en diferentes sistemas de uso en el Valle del Mantaro, y el resultado de Carbono total almacenado en el uso de tierra pastizal en la Subcuenca del Shullcas fue de 116,439 t/ha (16).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Manual para Evaluación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. Huancayo. 2011. 2,3
2. Ministerio del Ambiente. Guía para la Elaboración de Estrategias Regionales frente al Cambio Climático. 2011. 17,101
3. CONAM. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Comisión Nacional de Cambio Climático. 2002.46
4. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio Climático 2013. Bases físicas. IPCC 2013.34
5. IPCC, 2007b. Climate Change 2007: Impact and vulnerability, Summary for Policy Maker, Working Group 2 IPCC, Geneva, 2007
6. Stockholm Environment Institute. Evaluación de los impactos del cambio climático en la hidrología de montaña. 2012
7. Ministerio del Ambiente. Segunda comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 2010. 16,163
8. Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. 1992. 5,6
9. Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. 1988. 3,4-13
10. Gobierno Regional Junín. Estrategia Regional de Cambio Climático. 2010.6,7,13,28
11. PRAA Perú. Los cambios del clima y sus impactos en la disponibilidad hídrica y principales cultivos en la subcuenca del río Shullcas – Junín. 2012.7
12. PRAA Perú. Cambio Climático en la Cuenca del río Mantaro. Proyecciones para el año 2030. 2012. 30,47
13. Yaranga R, Custodio M. Almacenamiento de Carbono en Pastos Naturales Altoandinos. 2013. Disponible en <http://www.sci-agropecu.unitr.u.edu.pe>.
14. Ramírez B; H Ramírez y J Suárez. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Universidad de la Amazonia, 2010. 9
15. Medrano R, Chupan L, Vila M. Almacenamiento de Carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. 2012. Disponible en <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/viewFile/52/51>.
16. INIA. Determinación de las Reservas Totales de Carbono en diferentes Sistemas de Uso en el Valle del Mantaro. 2014.

Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín

Economic estimation of water and carbon storage in the Villa Junín rural community

Miguel Ángel Vila Balbin¹
Universidad Continental
MIK1007_3@hotmail.com

Liz Amelia Chupan Minaya²
Universidad Continental
liz_d7@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo ha sido estimar el valor económico que generan los bofedales en el almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín en el departamento de Junín, Perú. El proceso de recolección de datos a estado enfocado en datos meteorológicos (temperatura y precipitación), datos de la actividad económica predominante (ganadería), recolección de muestras de suelo para hallar el contenido de carbono y capacidad volumétrica; posteriormente se hizo la comparación del beneficio percibido por la actividad ganadera y el beneficio que se podría obtener por los servicios que brinda un bofedal (almacenamiento de agua y carbono). Entre los resultados respecto a la precipitación anual se ha determinado 22 367 664 m³/año, del cual un 42,56 % (9 294 933,67 m³/año) regresa a la atmósfera a través del proceso de la evapotranspiración, quedando una oferta hídrica disponible de 13 072 730,33 m³/año, que representa un 57,44 % de la oferta hídrica total; la productividad hídrica es de 0,01 S/./m³. El costo de oportunidad que tiene la ganadería es de 200,38 S/./ha /año; el valor económico de agua y carbono es de S/. 48 974 181,79 y S/. 44 305 010,31 respectivamente. Se concluye que el almacenamiento de agua y carbono brindan mayores ingresos económicos a la población que la actividad ganadera.

Palabras clave: Carbono, capacidad volumétrica, precipitación, evapotranspiración, productividad hídrica, costo de oportunidad.

ABSTRACT

The objective is to estimate the economic value that the wetlands generate in the water and carbon storage in the "Villa de Junín" rural community in the Junín department, Perú. The data collection process was based on the meteorological data (weather and rainfall), some data of the main economic activity (cattle industry), soil samples to find out the carbon content and volumetric capacity; later we have made the gotten benefit comparison from the cattle industry with the benefit that might be gotten through the wetland services (water and carbon storage). As a result, there is an annual rainfall of 22 367 664 m³/year, from which a 42,56 % (9 294 933,67 m³/year) goes back to the atmosphere through the evapotranspiration process, remaining an available hydrological offer of 13 072 730,33 m³/year, which represents a 57,44 % of the whole hydrological offer; the hydrological production of 0,01 S/. / m³. The opportunity cost of the cattle industry is 200,38 S/. /ha /year; the water and carbon economic value is of S/. 48 974 181,79 and S/. 44 305 010,31 respectively. It is concluded that the water and carbon storage provides better economical incomes to the population than the cattle industry.

Keywords: Carbon, volumetric capacity, rainfall, evapotranspiration, hydrological production, opportunity cost.

Historial del artículo:

Recibido: 27 de septiembre de 2014. Aprobado: 5 de febrero de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ingeniero en Ingeniería Forestal y Ambiental.

2 Ingeniera en Ingeniería Forestal y Ambiental.

INTRODUCCIÓN

Los bofedales son formaciones vegetales que se desarrollan en ambientes edáficos principalmente orgánicos conocidos como turberas naturales altoandinas (1). Este ecosistema tiene una importancia ecológica, económica y sociocultural (2); debido a esta importancia los bofedales proveen bienes y servicios como: almacenamiento y regulación del régimen hídrico, almacenamiento de carbono en la flora y suelo, refugio de flora y fauna endémica (3).

Pero estos bienes y servicios que ofrecen los bofedales u otro recurso natural no son valorados por el hombre debido al desconocimiento o poco interés que existe en asignarles valores cuantitativos expresados en valores monetarios de los bienes y servicios que ofrece un recurso natural, si se tuviera una valoración económica de los recursos naturales que poseemos nos permitiría medir y comparar los distintos beneficios que ofrecen y así servir como un instrumento eficaz de facilitación y mejoramiento del uso racional y manejo o gestión de los recursos naturales (4).

El lago Chinchaycocha (humedal de importancia internacional declarado por la convención internacional RAMSAR) está formado por tres tipos de flora: los bofedales, los pajonales y los totorales. De ellos los bofedales son utilizados por la población de varias comunidades campesinas que están alrededor por ejemplo la Comunidad Campesina Villa de Junín donde se encuentra la mayor extensión de bofedales se realiza actividades como: ganadería (sobrepastoreo), quema de pastos, extracción de pastos (recurso energético) que están alterando este tipo de ecosistema (debido a la compactación del suelo y disminución de la cobertura vegetal) y con ello los bienes y servicios que brinda (5).

En este estudio se ha planteado como objetivo la estimación del valor económico que generan los bofedales en la comunidad campesina Villa de Junín en el almacenamiento de agua y carbono, y ha permitido determinar que constituyen una fuente de ingreso económico importante para la población asentada en la mencionada comunidad mejor inclusive que la dedicación a otras actividades económicas como es el caso de la ganadería en la cual participa un alto porcentaje de los comuneros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La comunidad campesina Villa de Junín se ubica en el distrito de Junín a una altitud de 4 105 m s.n.m., posee una extensión de 2 673 ha de bofedales, posee

un clima húmedo-frígido. La temperatura máxima promedio es de 7 °C y la temperatura mínima es de 5 °C, la precipitación es irregular durante todo el año presentándose con mayor frecuencia en los meses de octubre a marzo y menos frecuente en los meses de mayo a agosto. Posee una zona de vida Paramo muy Húmedo – Subalpino Tropical. La pendiente del área de estudio es plana (6).

El área que ocupan los bofedales dentro de la comunidad campesina Villa de Junín es de 2 673 ha donde se delimitaron 5 parcelas de 1 ha, de cada parcela se extrajeron 30 muestras de suelo para determinar el carbono almacenado, éstas muestras fueron enviadas al laboratorio del Instituto Nacional

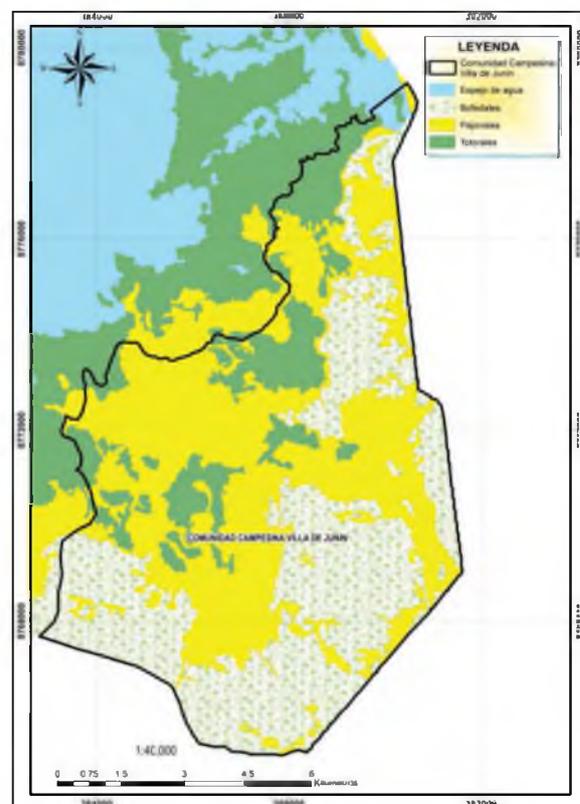


Figura N° 1: Mapa de ubicación de la comunidad campesina Villa de Junín.

de Investigación Agraria (INIA) para la determinación del carbono. De estas muestras también se determinó la capacidad volumétrica que tienen los suelos de los bofedales.

Dentro del área de estudio se encuentran a 150 jefes de familia que se dedican a la ganadería actividad principal que se realiza en el área de los bofedales, se realizó una encuesta a 108 jefes de familia para determinar el costo de oportunidad que tiene la ganadería (nivel de confianza de 95 % y error del 5 %).

Determinación del valor económico del almacenamiento de agua

Se utilizaron datos de temperatura y precipitación registrados durante los últimos 50 años en la estación meteorológica de Upamayo (7), también datos que se recolectaron de campo, como el nivel freático y costo de oportunidad.

a. Valor económico del almacenamiento de agua:

$$V_{(\text{almacenamiento agua})} = \vartheta * A * \rho * (0,01) * C_{(\text{unit represa})}$$

Donde:

V = Es el valor en dólares (\$) del servicio ambiental hídrico de almacenamiento de agua

ϑ = Es el porcentaje de almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales

A = Es la superficie de bofedales medida en ha dentro la zona de estudio

ρ = Es el nivel freático del suelo medido en cm para la zona de bofedales

C = Es el costo unitario en (\$/m³) para una represa.

b. Estimación del valor económico de la Productividad Hídrica

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \beta_i A_{bi}}{O_{di}}$$

Donde:

VP = Valor de productividad hídrica del bofedal secundario (\$/m³)

β_i = Costo de oportunidad de la ganadería (\$/ha/año)

A_{bi} = Área bajo cobertura de bofedal secundario en la zona de Estudio (ha)

O_{di} = Volumen de agua disponible captada por los bofedales (m³/año)

α_i = Índice de Protección Hidrológica

c. Estimación de la Oferta Total Hídrica

$$OT = \sum_{i=1}^n P_i \times A_i$$

Donde:

OT = Oferta total hídrica en el área de importancia

(m³/año)

P_i = Precipitación en el bofedal i (mm/año)

n = Número de bofedales

A_i = Área del bofedal i (m²)

Determinación del valor económico del almacenamiento de carbono en el suelo

Para la determinación del carbono, se necesitó el suelo ser medido hasta una profundidad de 30 cm, debido a que el cambio de uso de tierra tiene mayor efecto en los estratos superiores. La muestra llevada a laboratorio corresponde a un kg del suelo homogenizado a partir de la mezcla de todas las unidades muestrales tomadas para cada estrato.

a. Valor económico de almacenamiento de carbono en el suelo

$$V_{\text{carbono}} = \text{Contenido de C en bofedales} \left(\frac{\text{t CO}_2}{\text{ha}} \right) * \text{Costo social del C} \left(\frac{\$}{\text{t CO}_2} \right)$$

b. Carbono almacenado en el suelo

$$C = P_s \times M$$

Donde:

C = Carbono total capturado t C/ha

P_s = Peso del suelo

M = Carbono (expresado sin porcentaje)

c. Dióxido de carbono almacenado en el suelo

$$CO_2 = C \times K_r$$

Donde:

CO_2 = T de dióxido de carbono (t/ CO_2)

C = Carbono

K_r = 44/12 (Este factor proviene de la relación de estequiometría de pesos moleculares con la finalidad de conocer cuánto CO_2 puede originarse por la descomposición del carbono orgánico).

Determinación del costo de oportunidad

Se realizó a través de encuestas socioeconómicas, para ello la actividad predominante que compite con el suelo de los bofedales es la ganadería, con el costo de oportunidad se determina la rentabilidad que existe al renunciar a una actividad en este caso a la ganadería para conservar y mantener el uso del suelo como bofedal.

$$CO = \frac{\sum_{(i=1)}^n (Y_{tx} - C_{tx}) + \sum_{(i=1)}^n (Y_{ax} - C_{px})}{A}$$

Donde:

Y_{tx} = Ingreso total por la venta del producto i
 C_{tx} = Costos efectivos de producción de i para la venta
 Y_{ax} = Ahorro por autoconsumo del producto i
 C_{px} = Costo de producción de i para autoconsumo
 A = Superficie de pastoreo de la ganadería

RESULTADOS

Valor económico del almacenamiento de agua

Costo de oportunidad

El costo de oportunidad promedio que tiene la ganadería en la comunidad campesina Villa de Junín es de S/. 220,38 al año por ha. Este valor proviene de los jefes de familia que pastorean sus ganados en el área de los bofedales, el costo de oportunidad del ganado vacuno fue mayor que el costo de oportunidad para el ganado ovino, existiendo una distribución amplia de variabilidad (desviación estándar igual a 508,32 y 59,11 para ganado vacuno y ovino respectivamente) esto se debe a las variaciones en la posesión de animales (existe mayor posesión de ganado vacuno que de ganado ovino) que tiene cada jefe de familia. Según las encuestas realizadas los jefes de familia reciben mayores beneficios económicos del ganado vacuno (figura 2).

Oferta hídrica disponible

La precipitación anual promedio en la estación de Upamayo es de 836,8 mm al año para el periodo histórico 1965 – 2005, entonces en el área de estudio se precipita en promedio anual de 22 367 664 m³, del cual un 42,56 % (9 294 933,67 m³/año) regresa a la atmósfera a través del proceso de la evapotranspiración, quedando una oferta hídrica disponible de 13 072 730,33 m³/año que representa un 57,44 % de la oferta hídrica total.

Valor económico de la productividad hídrica

Conociendo el costo de oportunidad, el área de los bofedales y la oferta hídrica disponible se calculó el valor económico de la productividad hídrica que es igual a S/. 0,01 por metro cúbico, este valor es muy bajo debido a que el área está siendo alterado por la actividad ganadera que compacta y disminuye la cobertura vegetal y por consiguiente disminuye la

productividad hídrica.

Valor económico del almacenamiento de agua en suelos de los bofedales

Los suelos de los bofedales en el área de estudio tienen una capacidad de almacenar agua de 65,86 %, la napa freática se encuentra en promedio a 0,35 m de la superficie, el área total de los bofedales es de 2 673 ha y el dato de costo unitario para la construcción de una represa se tomó de la construcción de la represa de Yanaqocha cuyo valor es de S/. 7,95 por m³. Teniendo estos datos se tiene un valor económico de S/. 18 325,55 por ha, lo cual representa un valor total para toda el área de estudio de S/. 48 974 181,79.

Valor económico del almacenamiento de carbono en los suelos de los bofedales de la comunidad campesina Villa de Junín

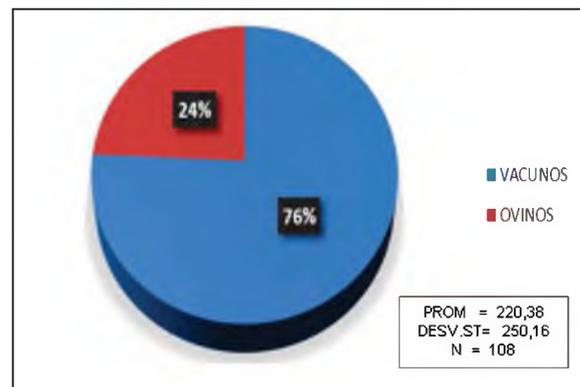


Figura N° 2: Costo de oportunidad de la ganadería.

El valor de la densidad para las muestras recogidas en campo es 0,39 gr/cm³. La profundidad a la cual se tomó las muestras fueron diferentes siendo los primeros 0,35 m de profundidad donde el almacenamiento es más alto. El contenido de carbono es de 25,22 % en promedio para las muestras recolectadas, el costo de carbono se estimó en función al costo social que cuesta en el mercado internacional que es de \$ 8 por cada t de dióxido de carbono no emitido o reducido. Con estos datos el servicio ambiental de almacenamiento de carbono para los suelos de los bofedales en la comunidad campesina Villa de Junín es de S/. 16 575,01 por ha, lo cual representa un total de S/. 44 305 010,31 para toda el área de estudio.

Integración del valor económico de los servicios ambientales de almacenamiento de agua y almacenamiento de carbono

En la figura 3 se observa los valores económicos del servicio ambiental en el almacenamiento de

agua y almacenamiento de carbono siendo mayor económicamente el valor del almacenamiento de agua. Para el servicio ambiental de almacenamiento de agua la cantidad disponible de recurso hídrico es un valor de uso directo ya que es utilizada en diversas actividades como riego, consumo directo, abrevaderos, etc. (4). En cambio los servicios ambientales de almacenamiento de agua y de carbono son considerados como valores de uso indirecto ya que no son directamente consumidos sino que derivan de la protección que se le da al bofedal (4).

Por lo tanto el almacenamiento de agua en los suelos de los bofedales ayuda a la regulación del régimen hídrico (dotando de agua en los meses secos y evitando excesivos caudales en periodos intensos de lluvia); el servicio ambiental de almacenamiento de carbono evita la liberación de CO₂ al ambiente el cual es considerado como servicio de regulación en el medio ambiente frente al calentamiento global (3). El servicio ambiental de almacenamiento de agua

que la oferta hídrica sea menor y por consecuente el valor económico del almacenamiento de agua. Aun mayor es la diferencia que existe entre la valoración económica de almacenamiento de agua en el área de estudio al compararlo con la valoración económica de almacenamiento de agua en el bofedal de Tungurahua que a pesar de presentar una precipitación promedio anual de 800 mm anual su valor económico se reduce a solo 2 258,4 \$/ha (6 391,27 S./ha), este bofedal está altamente intervenido por la actividad ganadera lo que ha provocado que el almacenamiento sea menor debido a la compactación y erosión que se produce aun cuando presenta una precipitación promedio anual alta. Esto demuestra que la capacidad de almacenamiento de agua que ofrecen los bofedales de la Comunidad Campesina Villa de Junín a pesar de estar siendo erosionados y compactados por la actividad ganadera no ha perdido la capacidad de ofrecer este servicio ambiental.

En relación al valor económico de la productividad hídrica, se estimó para los bofedales de Villa de Junín 0,01 S./m³, valor que es bajo en comparación a los bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y Tungurahua (8) que tienen valores de productividad hídrica de 0,03 \$/m³ (equivalente a 0,09 S./m³) y 0,02 \$/m³ (equivalente a 0,06 S./m³) respectivamente, esto se debe a que el valor de productividad hídrica esta en relación al costo de oportunidad, siendo este costo menor para la comunidad campesina Villa de Junín, lo cual reduce el valor de la productividad hídrica. Sin embargo al compararlo con el valor de productividad hídrica del bofedal de Jimbura (9) es un valor similar debido a que el costo oportunidad para esta zona es relativamente igual al costo de oportunidad para el área de estudio.

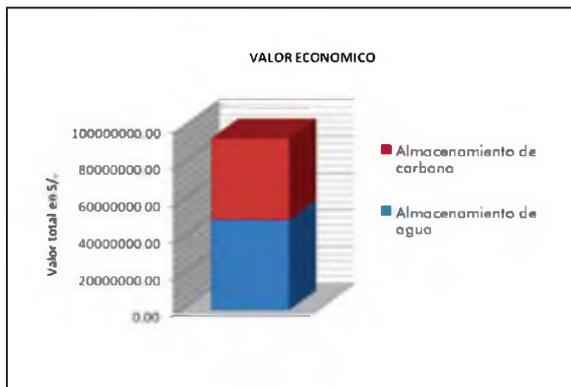


Figura N° 3: Valor económico del almacenamiento de agua y carbón en los bofedales.

y el servicio ambiental de carbono tienen una valor económico total para todo el área de estudio de S/. 93 279 192,10.

DISCUSIÓN

Los bofedales de la comunidad Villa de Junín son capaces de almacenar grandes cantidades de agua que expresadas en unidades monetarias equivale a 18 325,55 S./ha, este valor es alto en comparación al valor económico del almacenamiento de agua que ofrece el bofedal de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (bofedal no intervenido) cuyo valor es de 3 196,8 \$/ha (9 046,94 S./ha) (8), esto se debe a la ocurrencia de niveles altos de precipitación en la comunidad Villa de Junín llegando en promedio a 836,8 mm al año en comparación a Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi que a pesar de ser un bofedal no intervenido registra una precipitación anual de 505,1 mm, lo cual conlleva a

El costo estimado que se obtendría por el almacenamiento de carbono en la comunidad campesina Villa de Junín, considerando el precio de \$ 8 por t de carbono en el mercado internacional es de 16 575,01 S./ha, valor por debajo de los obtenidos en los bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y Tungurahua (8) quien estimo valores de 13 340,62 \$/ha (37 753,96 S./ha) y 7 787,26 \$/ha (22 037,95 S./ha) respectivamente. Esto sucede por la disminución del precio del CO₂, ya que en el año 2010 la t de CO₂/ha llegaba a costar 15 \$ pero para los últimos años este valor ha decrecido debido a la crisis económica mundial. Mayor diferencia se encuentra al compararlo con los valores obtenidos en la valoración económica de almacenamiento de carbono en los suelos de los bofedales de Mechahuasca y Paylacocho (10) donde refiere que estos tienen un valor de 1 562,18 \$/ha (4 420,97 S./ha) y 1 578,67 \$/ha (4 467,64 S./ha), justificando estos valores por el cambio de uso que se produjeron en estas áreas, lo cual ha disminuido este servicio ambiental. Cabe mencionar que el almacenamiento

de carbono en los suelos de los bofedales de Villa de Junín (732,11 t CO₂/ha) es menor a almacenamiento de carbono en los suelos de los bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (889,37 t CO₂/ha), esto se debe a la conservación y a la reducida intervención de las actividades humanas como la ganadería y la agricultura dentro de este último. Sin embargo el valor obtenido en el área estudiada es mayor al compararlo con el bofedal de Tungurahua donde los suelos de los bofedales llegan a almacenar 519,15 t CO₂/ha esta diferencia se debe a que Tungurahua es un bofedal que presenta mayor intervención humana que los bofedales de Villa de Junín.

El costo de oportunidad estimado para el área de estudio, referente a la actividad ganadera como principal actividad económica dentro del área es de 220,38 S./ha/año, valor inferior a los presentados para los bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y Tungurahua (8) quien estima un valor de 126,15 S./ha/año (357 S./ha/año), al mismo tiempo el valor obtenido para el costo oportunidad en el área de Villa de Junín es mayor al compararlo al valor estimado para el bofedal de Jimbura (9) que es de 58,03 S./ha/año (164,22 S./ha/año). Estas variaciones se deben principalmente a la tenencia de ganado, relacionado directamente con el número de familias dedicadas a la ganadería y a los beneficios económicos obtenidos por la venta de ganados y los subproductos derivados de estos.

Las principales conclusiones son:

El valor económico estimado para el servicio de almacenamiento de agua que ofrecen los bofedales de la comunidad campesina Villa de Junín es de S/.48 974 181,79 lo cual expresados en valor por hectárea es de 18 325,55 S./ha.

Los suelos de los bofedales de la comunidad campesina de Villa de Junín almacenan 732,11 t CO₂/ha que equivale a 16 575,01 S./ha, obteniendo un total de S/. 44 305 010,31 para toda el área estudiada.

La actividad ganadera es una fuente de ingresos para los pobladores de la comunidad campesina de Villa de Junín sin embargo al analizar el costo de oportunidad que determina la rentabilidad de esta actividad se percibe que los beneficios que obtienen los pobladores dedicados a la ganadería es en promedio el valor de 220,38 S./ha/año, que al contrastarlo con los beneficios económicos que se obtendrían por la conservación del bofedal resulta muy inferior, sabiendo que por el almacenamiento de agua y carbono se obtiene 34 900,56 S./ha/año resultando muy rentable la conservación de los bofedales y con ello los servicios ecosistémicos de almacenamiento de agua y carbono que ofrecen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carafa T. Evaluación ecológica de bofedales de la cuenca circundante al nevado Illimani. La Paz: Agua Sustentable; 2009. Informe final.
2. Alzérrecá H, Prieto G, Laura J, Luna D, Laguna S. Características y distribución de los bofedales en el ámbito Boliviano. La Paz. Informe de Consultoría. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA), Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), Gerencia del Proyecto de Biodiversidad; 2001.
3. Gil J. Bofedal: Humedal altoandino de importancia para el desarrollo de la región Cusco [Internet]. Cusco; 2011 [Citado: 10/04/13]. Disponible en: http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/Humedales_conservacion.pdf
4. Barbier E, Acreman M y Knowler D. Valoración Económica de los Humedales, guía para decisores y planificadores. Suiza: Oficina de la Convención de Ramsar; 1997.
5. Caro C. Extracción de pastos por actividad de "champeo" en la Reserva Nacional de Junín durante el año 2004 - 2005. Una perspectiva desde la teoría de la sucesión: estudio de caso en la comunidad campesina de Villa Junín (Tesis para optar el grado de doctor). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2010.
6. 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
7. Barrantes G y Vega M. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Savegre con fines de ordenamiento territorial. Costa Rica: Instituto de Políticas para la Sostenibilidad; 2001.
8. 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
9. Castro M. Valoración económica del agua de los bofedales de las lagunas Negras de Jimbura, Nudo de Sabanilla. Quito: EcoCiencia/ Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito: Integraf. 2009.
10. Villares E. Valoración Económica de agua y carbono almacenado en los bofedales de Mechahuasca y Paylacocha en la reserva Chimborazo (Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2012.

Percepción a la variabilidad y cambio climático en comunidades campesinas del Valle del Mantaro

Variability and climate change perception on the Mantaro Valley rural communities

Arturo Anco Arroyo¹
Universidad Continental
arturo.anco@yahoo.com

José Miguel Castañeda Cahuana²
Universidad Continental
jcastanedacahuana@gmail.com

Guillermo Miguel Carlos Gómez³
Universidad Continental
carlos.gomez.miguel@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la percepción a la variabilidad y cambio climático de las comunidades campesinas de Achipampa y Quichuay y comparar con las tendencias y cambios experimentados por la precipitación y temperatura registradas por estaciones meteorológicas cercanas. El análisis estadístico de los registros de precipitación (1964 - 2014) y temperatura (2009 - 2014) de las estaciones meteorológicas de Ingenio y Laive fue mediante el test de Mann-Kendall y pruebas de homogeneidad, y se contrastó con datos cualitativos colectados a través de una encuesta aplicada a 89 comuneros. Los resultados establecen que la precipitación no presenta tendencia de incremento o reducción en ambas comunidades; en tanto para la temperatura media, mínima y máxima, no existen tendencias claras, salvo el caso de la temperatura máxima en la estación de Laive que muestra una tendencia de disminución. Los comuneros encuestados en Achipampa y Quichuay percibieron que el clima cambió en los últimos cuatro años y que la precipitación y temperatura se incrementaron. La percepción de los comuneros y las estadísticas calculadas sobre las precipitaciones y temperaturas divergen, lo cual no significa que los comuneros estén equivocados, lo más probable es que sean efectos de otros factores meteorológicos y sociales no evaluados por esta investigación. En conclusión, las comunidades campesinas percibieron cambios en el clima mientras que los registros de precipitación y temperatura no presentaron tendencias claras de incremento, disminución o cambio significativo.

Palabras clave: Percepción, cambio climático, precipitación, temperatura.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the variability and climate change perception of Quichuay and Achipampa rural communities and to compare with trends and experienced changes by recorded precipitation and temperature by weather stations nearby. The statistical analysis of rainfall records (1964 - 2014) and temperature (2009 - 2014) from the Ingenio and Laive Weather Stations was performed by the Mann-Kendall and homogeneity tests, and contrasted with qualitative data collected through an 89 community members' survey. The results establishes no precipitation increasing or decreasing trends in both communities; while for the average, minimum and maximum temperature, there are no clear trends except in the case of the maximum temperature in the Laive station showing a decreasing trend. The Achipampa and Quichuay respondent commoners perceived that the climate changed in the past four years and that the precipitation and temperature increased. The commoners' perception and calculated statistics about precipitations and temperatures diverge, which does not mean that commoners are wrong, probably there are other meteorological and social factors effects don't evaluated by this research. In conclusion, the rural communities perceived changes in climate while precipitation and temperature records showed no clear increase, decrease or significant change trends.

Keywords: Perception, climate change, precipitation, temperature.

Historial del artículo:

Recibido: 11 de octubre de 2015. Aprobado: 17 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ingeniero forestal y ambiental, consultor forestal y ambiental.

2 Ingeniero forestal y ambiental, consultor en seguridad y medio ambiente.

3 Ingeniero forestal y ambiental, becario del programa Iniciativas de Conservación de la Amazonía Andina-ICAA.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación desarrolla el tema de las percepciones de las comunidades campesinas frente al cambio climático, que constituye uno de los principales desafíos ambientales de nuestro tiempo (1). Sus consecuencias adversas ya son evidentes a escala mundial, así se tienen: las modificaciones en los patrones de precipitación y temperatura, que vienen afectando significativamente la disponibilidad de agua para el consumo humano y la agricultura e incremento de frecuencia, duración e intensidad de diversos fenómenos naturales alrededor del mundo (2, 3).

El Perú, de acuerdo con los indicadores de riesgo climático desarrollados por el Centro Tyndall, es uno de los países más vulnerables frente al cambio climático, se encuentra entre los 10 países con mayor número de personas afectadas desde 1991 hasta el 2000, debido

propias concepciones, relaciones, percepciones sobre la naturaleza y sus territorios, al igual que sobre la historia de los cambios ambientales, incluidos los relacionados al clima (8).

La percepción implica y representa un proceso dialéctico de construcción de conocimiento local, a partir de la experiencia vivida. La relación entre el ser humano y su ambiente es, en parte, el reflejo de las percepciones en un contexto determinado, donde a la vez el hombre construye su espacio e implementa mecanismos de supervivencia (9).

En tal sentido, la percepción de los pobladores con respecto al cambio climático complementa a los registros meteorológicos históricos y permite entender comportamientos y grados de precaución que los individuos consideran para hacer frente a las modificaciones climáticas (10), sirviendo de base para

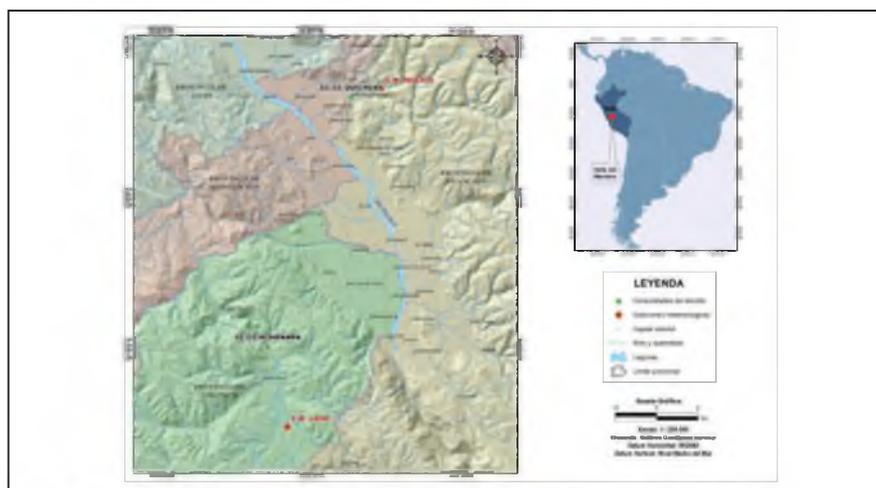


Figura N° 1: Ubicación de comunidades campesinas y estaciones meteorológicas.

al incremento en los eventos climáticos extremos, la alta dependencia del clima en actividades primarias como la agricultura y una reducida capacidad institucional para ejecutar medidas de adaptación (4).

El clima es variable y en muchas partes del mundo también extremo, situación que posibilitó el desarrollo socioeconómico en mayor o menor medida de diversas poblaciones rurales de agricultores, recolectores, pescadores y pastores, quienes ya vienen enfrentándose a los efectos del cambio climático por la alta vulnerabilidad de sus medios de vida sustentados principalmente en recursos naturales (5, 6).

Desde la perspectiva de las ciencias sociales, el clima es ante todo el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor (7). Es así que cada cultura tiene sus

diseñar estrategias de adaptación que contemplen tanto el registro sofisticado de información climática y la realidad local experimentada por la población.

El objetivo del estudio fue la evaluación de la percepción sobre variabilidad y cambio climático en dos comunidades campesinas del Valle del Mantaro y la comparación con las tendencias y cambios de precipitación y temperatura, con fines de evaluar las concordancias entre estas dos fuentes de información.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación tiene un diseño descriptivo-comparativo debido a que describe las percepciones de los comuneros sobre la variabilidad climática y compara con las tendencias y cambios que experimentó la precipitación y las temperaturas registradas por

dos estaciones meteorológicas cercanas a estas comunidades.

Área de estudio

El área de estudio se localiza en las comunidades campesinas de Achipampa y Quichuay, en los distritos de Yanacancha (provincia de Chupaca) y Quichuay (provincia de Huancayo), las mismas que se encuentran cercanas a las estaciones meteorológicas Laive (3 990 m s.n.m.) e Ingenio (3 422 m s.n.m.), administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (figura 1).

Análisis de tendencias de precipitación y temperatura

Se trabajó con datos de precipitación total mensual registrada para el período 1964 al 2014, y con registros mensuales de temperatura máxima, mínima

Percepción sobre la variabilidad y cambio climático

Se diseñó una encuesta basada en revisión de literatura sobre percepción de cambio climático (17, 18, 19), y ajustada a la realidad local de las comunidades estudiadas.

La encuesta aplicada fue estructurada en cinco módulos, 1) datos generales del encuestado; 2) cambios ocurridos en el tiempo y clima; 3) fenómenos meteorológicos comunes y eventos extremos; 4) efectos locales del cambio climático, y 5) conocimiento sobre cambio climático, organizados en un total de 31 preguntas.

Se encuestó un total de 89 comuneros: 45 en Achipampa (figura 2) y 44 en Quichuay, limitando la aplicación solo a comuneros activos con un mínimo de cinco años de residencia dada en estas comunidades



Figura N° 2: Pobladora encuestada en la comunidad de Achipampa.

y media, disponible para el período 2009 al 2014.

Para identificar las tendencias de la serie temporal tanto de precipitación como temperaturas, se empleó el test de Mann-Kendall, que es muy usado en climatología (11, 12). Las principales ventajas del uso de esta metodología es que es un método no-paramétrico y por lo tanto no requiere que los datos tengan distribución normal, y que tiene baja sensibilidad a los cambios bruscos debido a datos no homogéneos (12). De acuerdo con este método, la hipótesis nula H_0 asume que no hay tendencia y esta es analizada contra la hipótesis alternativa H_1 , la cual asume que sí existe tendencia (13, 14).

Para detectar puntos de cambio en la media de los valores de precipitación y temperatura, se utilizaron las pruebas de homogeneidad de Pettitt, homogeneidad normal estándar (SNHT) (15), y Buishand (16).

una alta presencia de población foránea con menos tiempo de residencia.

El encuestado se realizó durante marzo y abril, y tuvo una duración de 25 a 30 min. Luego se sistematizó las encuestas aplicadas y se analizaron mediante estadística descriptiva.

Finalmente, se elaboró una matriz de comparación, con el fin de analizar, comparar e identificar las coincidencias o divergencias entre los cambios percibidos por las comunidades respecto al clima con los resultados del análisis estadístico de series temporales para precipitación y temperatura.

RESULTADOS

Análisis de tendencias de precipitación y temperatura

El análisis gráfico de la serie temporal de precipitación total anual para el período 1964-2014, muestra la tendencia de incremento en el caso de la estación Laive y de disminución para la estación de Ingenio (figura 3). Sin embargo, estadísticamente empleando el test de Mann-Kendall, se evidencia que no existen tendencias de precipitación para ambas estaciones, puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel

De acuerdo con el análisis de tendencias mediante la prueba de Mann-Kendall para la temperatura máxima, mínima y media mensual para la serie temporal del 2009 al 2014, se encontró que solo la temperatura máxima registrada por la estación Laive presenta una tendencia de disminución, dado que el valor -p computado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$ para esta variable (tabla 3).

Las pruebas de homogeneidad a la serie temporal de temperaturas para ambas estaciones evidenciaron que solo la temperatura máxima mensual en la estación Laive e Ingenio, presentó un período de modificación de los valores medios, puesto que el valor -p

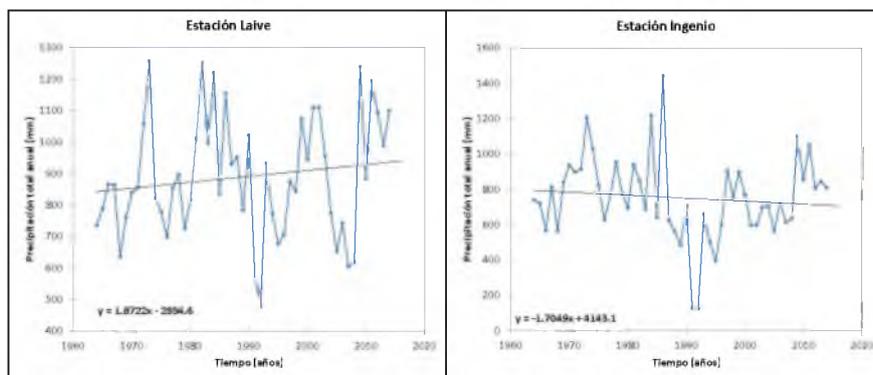


Figura N° 3: Precipitación total anual para las estaciones de Laive e Ingenio.

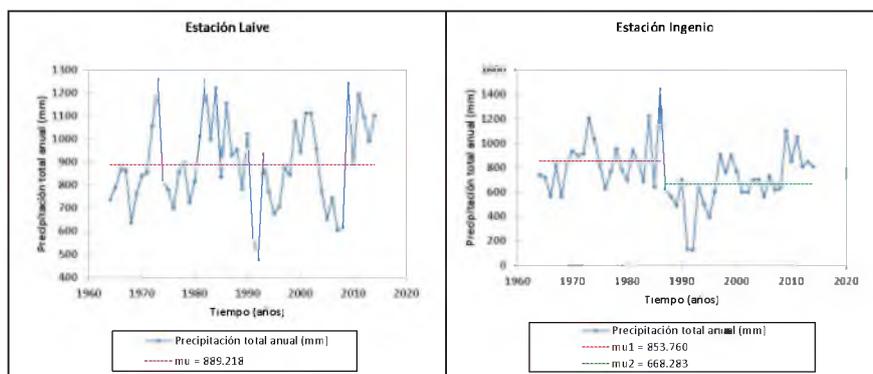


Figura N° 4: Cambios en la precipitación total mensual.

de significación $\alpha = 0,05$ (tabla 1).

Asimismo, las diferentes pruebas de homogeneidad aplicada a la serie temporal de precipitación total anual, muestran para el caso de la estación Laive que los datos son homogéneos y no existe una fecha en la que hay un cambio en los datos medios. Esta situación sí se presentó en el caso de la estación de Ingenio, puesto que el valor -p computado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$ (tabla 2), donde a partir del año 1987 se presentó una reducción en la media de la precipitación total anual, pasando de 853 mm a 668 mm al año (figura 4).

computado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$ (tabla 4), es decir, una fecha en la cual cambiaron los datos.

Para el caso de la estación Laive e Ingenio, la temperatura máxima media mensual cambió a partir de noviembre del 2010, experimentando disminuciones entre $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 5).

Características generales de las comunidades

La comunidad de Achipampa concentra una población

Tabla N° 1: Test de Mann-Kendall para precipitación total anual (período 1964-2014).

	Estación Laive	Estación Ingenio
Tau de Kendall	0,107	-0,067
S	136,000	-86,000
Var(S)	15157,333	15157,333
Valor -p (bilateral)	0,273	0,490
alfa	0,05	0,05

Tabla N° 2: Test de homogeneidad Mann-Kendall para precipitación total anual (período 1964-2014).

Prueba	Estación Laive (Valor -p)	Estación Ingenio (Valor -p)
Pettitt	0,3604	0,0279
Homogeneidad normal estándar (SNHT)	0,09	0,1055
Buishand	0,3428	0,0196

Tabla N° 3: Test de Mann-Kendall para temperatura máxima, mínima y media mensual.

	Estación Laive			Estación Ingenio		
	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima
Tau de Kendall	-0,288	0,013	0,094	-0,095	-0,068	0,009
S	-728,000	34,000	240,000	-184,000	-131,000	18,000
Var(S)	42233,333	42297,000	42295,333	28371,333	28393,667	28403,333
Valor -p (bilateral)	0,000	0,873	0,245	0,277	0,440	0,920
alfa	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050

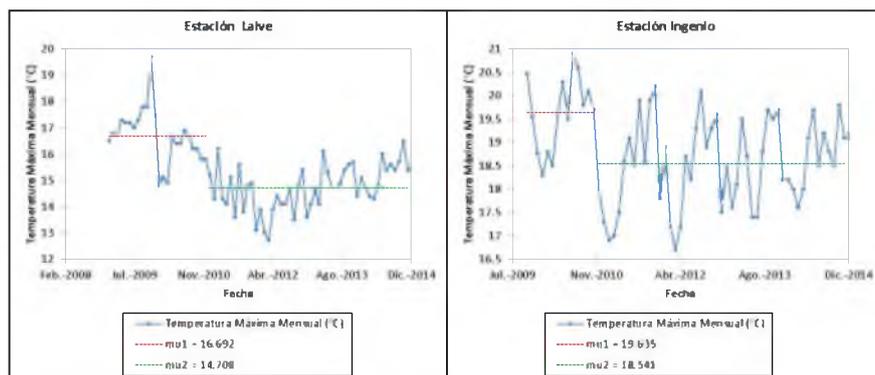


Figura N° 5: Cambios en la temperatura máxima mensual.

de 20 a 40 años (55 %); en tanto que Quichuay, de 51 a 60 años y de 71 a 80 años (40 %).

Las principales actividades económicas en la comunidad de Achipampa son la agricultura y la ganadería (79 %), y de Quichuay, la agricultura y el comercio (66 %).

El 91 % de los comuneros de Achipampa residen

más de 11 años en su comunidad, mientras que en Quichuay similar tiempo de residencia lo tiene el 84 %.

Percepción sobre la variabilidad y cambio climático

El 90 % de los encuestados en Achipampa afirman que el clima ha cambiado, en tanto en Quichuay afirman

Tabla N° 4: Test de homogeneidad para temperatura máxima, mínima y media mensual.

Prueba	Estación Laive			Estación Ingenio		
	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima
Pettitt	< 0,0001	0,4726	0,0973	0,0214	0,1862	0,4889
Homogeneidad normal estándar (SNHT)	< 0,0001	0,8224	0,0733	0,0038	0,065	0,3136
Buishand	< 0,0001	0,5197	0,1052	0,0126	0,2965	0,4562

lo mismo el 92 %. Los encuestados restantes, en cada caso, mencionaron no haber percibido cambio alguno.

En ambas comunidades se ha percibido modificaciones en precipitación y temperaturas en comparación con años anteriores. El 53 % de los comuneros encuestados en Achipampa aseguran que ahora llueve menos que en años pasados, mientras que en Quichuay el 77 % afirman que hoy llueve más (figura 6).

De manera similar se encontró para el caso de temperaturas máximas y mínimas, que en Achipampa y Quichuay el 86 % y 74 % respectivamente, afirmaron

En relación con el período sobre el cual cada una de las comunidades percibió los cambios en el clima y eventos extremos, se muestra en la tabla 6, que ambas comunidades coinciden en un período medio entre 4,4 y 4,6 años, sobre el que afirman que el clima ha cambiado y que entre el mismo período los eventos climáticos extremos se han vuelto más frecuentes e intensos.

La matriz de comparación (tabla 7) muestra que existen divergencias en las variables de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, mes con mayor temperatura, mes con temperaturas bajas y coincidencias en la duración

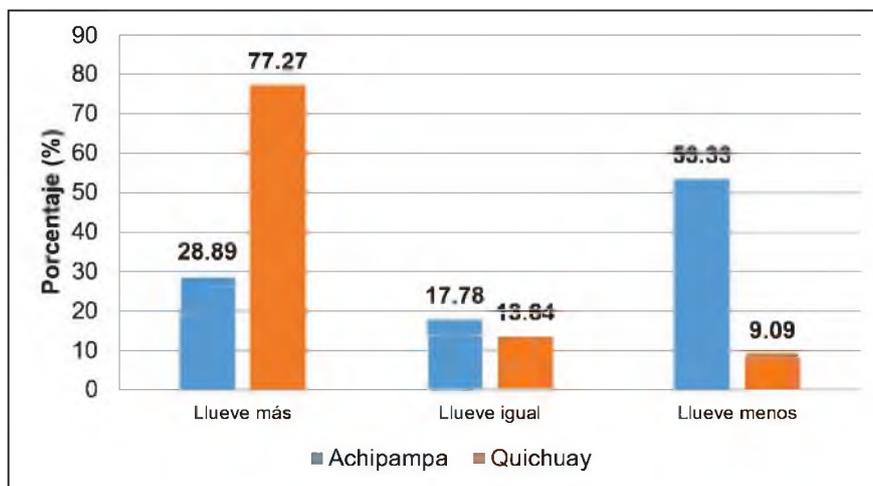


Figura N° 6: Variación percibida sobre precipitación.

Tabla N° 5: Intensidad de eventos climáticos.

Eventos climáticos	Achipampa			Quichuay		
	Baja intensidad	Igual Intensidad	Alta intensidad	Baja intensidad	Igual intensidad	Alta intensidad
Lluvias intensas	26,19 %	42,86 %	30,95 %	17,50 %	25,00 %	57,50 %
Heladas	11,63 %	39,53 %	48,84 %	7,69 %	41,03 %	51,28 %
Tormentas eléctricas	8,11 %	35,14 %	56,76 %	6,06 %	45,45 %	48,48 %

que las temperaturas máximas se incrementaron en comparación con años pasados. Asimismo, ambas comunidades percibieron que las temperaturas mínimas disminuyeron en relación con los años anteriores (66 % en Achipampa y 73 % en Quichuay).

El 75 % de los comuneros de Achipampa mencionaron que el evento climático que actualmente se ha vuelto más frecuente son las lluvias intensas y heladas; en tanto en Quichuay el 78 % tuvieron igual percepción sobre estos mismos eventos. Respecto a la intensidad de estos eventos en ambas comunidades, se observó que los más intensos son lluvias, heladas y tormentas eléctricas (tabla 5).

de la época seca y en el mes de mayor precipitación en la comunidad de Achipampa.

DISCUSIÓN

Según el test de Mann-Kendall, para el período evaluado entre los años 1964 - 2014 en las estaciones de Laive e Ingenio, la precipitación no presenta tendencia alguna, pese a que la aplicación de tendencia lineal para la serie anual indique un ligero incremento de 18 mm/década para Laive y una reducción de 17 mm/década para Ingenio, siendo la última la que más se asemeja a las tendencias reportadas para otras estaciones

como Huayao (3 308 m s.n.m.) y San Juan de Jarpa (3 726 m s.n.m.), las cuales indican disminución entre 27 y 51 mm/década, respectivamente (20). Ello refuerza lo planteado por Vuille, quien mencionó que en Los Andes existe poca coherencia espacial entre las tendencias de la precipitación y no existe un patrón claro de incremento o decrecimiento de la misma (21), por lo mismo que las comunidades pueden percibirlos en diferentes momentos, tal es así que en el presente estudio se encontró que los cambios percibidos por

con series temporales largas de otras estaciones del Valle del Mantaro, las cuales indican tendencias de incremento (22). Por lo tanto, es necesario profundizar este análisis con datos mensuales de una serie temporal más larga e integrando más estaciones meteorológicas.

En las comunidades de Achipampa y Quichuay el 90 % y el 92 % de los encuestados, respectivamente, percibieron que el clima cambió, lo cual concuerda

Tabla N° 6: Períodos en los que se percibieron cambios en el clima.

Comunidades	Estadístico	Tiempo en que percibió cambios en el clima (años)	Tiempo en que percibió cambios en eventos climáticos extremos (años)
Achipampa	Media	4,330	4,000
	Desv. estándar	3,022	2,651
Quichuay	Media	5,050	4,880
	Desv. estándar	4,032	4,767
Total	N	4,670	4,440
	Desv. estándar	3,541	3,858

Tabla N° 7: Matriz de comparación de percepción con registro de estaciones.

Variable	Estación Laive	Percepción Achipampa	Estación Ingenio	Percepción Quichuay
Precipitación	Igual	Disminuyó	Igual	Se incrementó
Duración de la época seca	5 meses (Abr-Sep)	5 meses (Abr-Sep)	5 meses (Abr-Sep)	5 meses (Abr-Sep)
Temperatura máxima	Disminuyó	Más calor que años anteriores	Disminuyó	Más calor que años anteriores
Temperatura mínima	Igual	Más frío que años anteriores	Igual	Más frío que años anteriores
Temperatura media	Igual	Se incrementó	Igual	Se incrementó
Mes con mayor temperatura	Noviembre	Agosto	Noviembre	Julio y agosto
Mes con menor temperatura	Julio	Agosto	Julio	Agosto
Mes con mayor precipitación	Febrero	Febrero	Enero	Febrero

Achipampa y Quichuay se dieron en los últimos 4,4 a 4,6 años, mientras que en otras comunidades rurales como en Ecuador estos cambios se han percibido en los últimos 8 años (18).

En tanto, para la temperatura media, mínima y máxima, no existen tendencias claras, salvo el caso de la temperatura máxima en la estación Laive que muestra una disminución. Sin embargo, dado que la serie temporal evaluada es corta, limitó la comparación

con casos similares reportados en otras zonas rurales del Perú como Piura, Ancash, Cusco y Apurímac (23, 24, 25, 26) y en otros países como Colombia, donde el 89 % de la población de Santander percibió (18), evidenciándose que el cambio climático está siendo percibida en diversas zonas a nivel nacional e internacional.

El 76 % de la población encuestada coincidió en afirmar que las transformaciones más evidentes en el clima han

sido el aumento de la precipitación y la temperatura. Estas opiniones sobre el aumento de la precipitación y la temperatura son comparables con otros estudios realizados en comunidades campesinas del Perú (23, 24, 25, 26), y en países cercanos como Ecuador, donde se encontró que el 75 % de los campesinos encuestados mencionaron que ahora hace más calor que antes y llueve más (27).

La percepción de los comuneros y las estadísticas calculadas sobre las precipitaciones y temperaturas divergen en su mayoría en ambos fenómenos, pero sí coinciden en el tiempo de la estación seca (tabla 7). Esto podría darse porque las comunidades necesitan mayor cantidad de lluvias de las que están disponibles y por otros factores ambientales que vienen ocasionando una menor disponibilidad de lluvias, así como un incremento de calor, sin que ello signifique que los comuneros estén equivocados. Por lo tanto, para futuras investigaciones debe realizarse un análisis más completo, considerando no solo precipitación y temperatura sino otras variables meteorológicas adicionales, así como información social más detallada, dado que existen diversos factores que influyen en la percepción social de las personas (24). Esto refuerza además lo planteado por Berkes y colaboradores, quienes afirman que el conocimiento rural basado en sus subjetividades, experiencias y por ende en sus percepciones conforma otro tipo de conocimiento científico (28), que al parecer es muy complejo para ser comparable con registros de variables meteorológicas específicas.

Finalmente, los comuneros encuestados creen que el cambio climático es un fenómeno que ha venido afectando paulatinamente su cotidianidad y que continúa ocurriendo a nivel global y local, por lo que podemos afirmar que en las comunidades de Achipampa y Quichuay no existe un buen entendimiento sobre dicho fenómeno, situación que influyó en la divergencia de la percepción sobre las variaciones en precipitación y temperatura con las series temporales de las estaciones meteorológicas de Laive e Ingenio.

En conclusión, la precipitación no presenta tendencia de incremento o reducción en ambas comunidades; y para la temperatura media, mínima y máxima, no existe tendencias. Los comuneros encuestados, por su parte, percibieron que el clima cambió en los últimos cuatro años y que la precipitación y temperatura se incrementaron. Las comunidades campesinas percibieron cambios en el clima mientras que los registros de precipitación y temperatura no presentaron tendencias claras de incremento, disminución o cambio significativo

Agradecimientos

A la Universidad Continental por el apoyo para la realización del estudio; también a los encuestadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Bank Group. Climate change. In Group WB. World Development Report 2015: Mind, society and behavior. Washington; 2015.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. In Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, et al., editors. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Cambridge: Cambridge University Press; 2014.
3. Trenberth KE, Dai A, Rasmussen RM, Parsons DB. The Changing character of precipitation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2003; 84: p. 1205-1217.
4. Brooks N, Adger N. Country level risk measures of climate-related natural disasters and implications for adaptation to climate change. UK: University of East Anglia, Centre for Climate Change Research; 2003.
5. Nakashima D, Galloway K, Thulstrup H, Ramos A, Rubis J. Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation París: UNESCO-UNU; 2012.
6. Ulloa A, Escobar EM, Donato LM, Escobar P. Mujeres indígenas y cambio climático, perspectivas latinoamericanas Bogotá: Fundación Natura. UNODC.UNAL; 2008.
7. Mariño N. Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas. In Ulloa A. Perspectivas culturales del clima. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2011. p. 575.
8. Heyd T. Climate Change, Individual Responsibilities and Cultural Frameworks. *Research in Human Ecology.* 2010; 17(2): p. 86-95.
9. Padilla y Sotelo S, Luna A. Percepción y conocimiento ambiental en la costa de Quintana Roo: una caracterización a través de encuestas. *Investigaciones Geográficas.* 2003;(52): p. 99-116.
10. Max-Neef M, Elizalde A, Hopenhayn M. Desarrollo a escala humana, opciones para el futuro. 2nd ed. Madrid: Biblioteca CF+S; 2010.
11. Chaouche K, Neppel L, Dieulin C, Pujol N, Ladouche B, Martin E, et al. Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *Geoscience.* 2010; 342(3): p. 234-243.

12. De La Mora C, Flores H, Ruíz J, Chávez Á, Figueroa A. Impacto del cambio climático en las tendencias de la evaporación en la presa La Vega, Teuchitlán, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2014;(10): p. 1993-2005.
13. Ehsanzadeh E, Saley H, Ouarda T, Burn D, Pietroniro A, Seidou O, et al. Analysis of changes in the Great Lakes hydro-climatic variables. *Journal of Great Lakes Research*. 2013; 39(3): p. 383-394.
14. Urrutia J, Palomino R, Salazar H. Metodología para la imputación de datos faltantes en meteorología. *Scientia et Technica*. 2010; 17(46): p. 44-49.
15. Alexandersson H, Moberg A. Homogenization of Swedish temperature data. *International Journal of Climatology*. 1997; 17(35-34): p. 25-34.
16. Buishand T. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*. 1982; 58: p. 11-27.
17. Velarde L. Evaluación de la percepción y los factores determinantes en la implementación de medidas de adaptación al cambio y variabilidad climática por los productores de leche de la cuenca del río La Villa, Panamá. Tesis de postgrado. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Escuela de Posgrado; 2012.
18. Pinilla M, Rueda A, Pinzón C, Sánchez J. Percepciones sobre los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático entre campesinos del centro de Santander, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*. 2012; 16(31): p. 25-37.
19. Vergara K. Variabilidad climática percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash. Tesis de pregrado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Letras y Ciencias Humanas; 2011.
20. Avalos G, Cubas F, Oria C, Díaz A, Quispe N, Rosas G, et al. Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI; 2010.
21. Vuille M, Bradley R, Werner M, Keimig F. 20th century climate change in the tropical Andes observations and model results. *Climate Change*. 2003;(59): p. 75-99.
22. Silva Y, Trasmonte G. Tendencias en las lluvias y temperaturas del valle del Mantaro. In Villaverde M, editor. *Eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) en el valle del Mantaro*. Lima: Instituto Geofísico del Perú; 2012. p. 60-62.
23. De La Torre C, Cruz M, Valdivia G. Los desafíos de la adaptación al cambio climático en comunidades rurales altoandinas Lima: Soluciones Prácticas - ITDG; 2012.
24. Gómez C, Prado G, Carrasco H, Ferradas P, Carbonel D, Monroe J. *Tecnologías frente a la variabilidad climática* Lima: Soluciones Prácticas - ITDG; 2011.
25. Torres J, Gómez A. Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes Torres J, Gómez A, editors. Lima: Soluciones Prácticas - ITDG; 2008.
26. Torres J, Gómez A, Berrú M. Gestión de cuencas para enfrentar el cambio climático y el Fenómeno El Niño Torres J, Gómez A, Berrú M, editors. Lima: Soluciones Prácticas - ITDG; 2008.
27. VanderMolen K. Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi. *Revista Ecuador Debate*. 2011;(82): p. 145-157.
28. Berkes F, Colding J, Folke C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*. 2000; 10(5): p. 1251-1262.

Diseño de una fuente conmutada y galvanómetro digital para calibración de respuesta angular de sensores de radiación solar

Switching power supply and digital galvanometer design for calibrating an angular response of solar radiation sensors

Nelson Díaz Spencer¹ Leonardo Fernández Castillo² Juan C. Antuña Sánchez³ Jorge Rosas Santana⁴
Albert Rodríguez Vega⁵ Frank García Parrado⁶ Iralmy Y. Platero Morejón⁷

Instituto de Meteorología, Cuba

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el factor de corrección por altura del sol, en los piranómetros - albedómetros empleados en las estaciones actinométricas de Cuba para las mediciones de irradiancia solar, se ha instalado en el Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey un Sistema de Calibración de Respuesta Angular para sensores de radiación solar. Las mediciones realizadas en estas estaciones tributan proveen datos al Servicio de Diagnóstico de Radiación Solar para Cuba. La instalación de este sistema, único de en su tipo en el país, ha sido posible a través de un proyecto de colaboración con el Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid. Para el empleo de este sistema ha sido necesario diseñar y construir tanto, la fuente conmutada de alimentación para la lámpara halógena empleada para las calibraciones, y un galvanómetro digital para registrar los datos generados. El objetivo del presente trabajo es por tanto el diseño, construcción y puesta a punto de funcionamiento de ambos dispositivos. En el caso de la fuente conmutada se estudiaron fuentes con similares prestaciones existentes en el mercado, a partir de la cuales se procedió al diseño electrónico y simulación de los circuitos correspondientes. Finalmente, tanto la fuente conmutada como el galvanómetro digital fueron construidos y actualmente se encuentran en fase de validación. Este último instrumento será replicado para sustituir a sus similares analógicos en el Servicio de Diagnóstico de Radiación Solar para Cuba.

Palabras clave: Calibración, respuesta angular, fuente conmutada, galvanómetro.

ABSTRACT

With the objective to determine the sun altitude correction factor, for the pyranometers - albedometers used in the Cuban actinometric stations for solar irradiance measurements, an Angular Response Calibration System for solar radiation sensors has been installed in the Atmospheric Optics Group of Camagüey. The performed measurements in these stations provide data to the Solar Radiation Diagnostic Service for Cuba. The installation of this system, unique of its kind in the country, has been possible through a collaboration project with the Atmospheric Optics Group of Valladolid University (GOA-UVA). For the usage of this system, it has been necessary to design and construct both, a switching power supply for the halogen lamp used in calibrations, as well as a digital galvanometer to collect the generated data. The objective of this research is the design, construction and operating tune of both devices. In the case of the switching power supply, power sources with similar features in the market were studied, from which we proceeded to the electronic design and simulation of the corresponding circuits. Finally, both the switching power supply and the digital galvanometer were built and nowadays are being validated. The last one device will be replicated in order to replace its analogic homologues in the Solar Radiation Diagnostic Service for Cuba.

Keywords: Calibration, angular response, switching power supply, galvanometer.

Historial del artículo:

Recibido: 14 de agosto de 2015. Aprobado: 19 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ing. Electricista, Ingeniero del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba. nelson@goac.cu

2 Ing. Electricista, Ingeniero del Centro Nacional de Radares, Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, INSMET, Cuba.

3 Ing. en Ciencias Informáticas, Ingeniero del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba.

4 Lic. en Meteorología, Especialista en Meteorología del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba.

5 Mag. en Ciencias Meteorológicas, Especialista en Meteorología del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba.

6 Lic. en Meteorología, Especialista en Meteorología del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba.

7 Lic. en Meteorología, Especialista en Meteorología del Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, INSMET, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Por más de 20 años el Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey (GOAC), Cuba, ha realizado investigaciones vinculadas con la óptica atmosférica y la radiación solar., entre otras (1). Para las mediciones de la radiación solar en superficie se han empleado las estaciones actinométricas manuales, de fabricación soviética, del tipo Yanishevski (2). Los datos generados a partir de estas mediciones han sido digitalizados a través de procesos de rescate de información (3) con el objetivo de ser empleados en las investigaciones que lleva a cabo el GOAC (4, 5, 6). Estas estaciones actinométricas están conformadas por los siguientes sensores:

1. Actinómetro: medición de la irradiancia directa.
2. Albedómetro (piranómetro): medición de la irradiancia global, difusa y reflejada por la superficie terrestre.

Radiación Solar para Cuba (SDRS) (9). En la estación de Casablanca aún no ha sido instalado el software correspondiente por lo que no tributa sus datos al SDRS.

De todos los sensores que conforman estas estaciones actinométricas el más crítico es el piranómetro, que por sus características constructivas, es el más frágil. Una gran cantidad de los existentes están fuera de servicio, ya sea por el deterioro de la superficie ajedrezada cuadrículada o por la rotura de la cúpula de cristal que protege al sensor. Su recuperación es por tanto de máxima prioridad y requiere la calibración angular del mismo debido a la heterogeneidad de la cúpula de cristal. Hasta el presente, la única calibración que se realiza a estos sensores en el país es por el método de comparación con un patrón homologado y bajo condiciones de cielo despejado. Estas calibraciones no incluyen la determinación del factor de calibración angular.

En Estados Unidos de América el Sistema Medio

Tabla N° 1: Estaciones actinométricas instaladas en Cuba, de éstas, sólo las cuatro primeras (verde) forman parte del SDRS para Cuba.

Código	Nombre	Provincia	Latitud	Longitud	Altitud (m)
321	Santa Fe	Isla de la Juventud	21,733	82,767	31,72
330	Jovellanos	Matanzas	22,420	81,167	25,23
342	Topes de Collantes	Sancti Spíritus	21,919	80,016	766,35
355	Camagüey	Camagüey	21,421	77,871	118,00
325	Casablanca	La Habana	23,143	82,342	50,80

3. Balanzómetro: medición del balance radiativo terrestre.

Todos estos sensores están conectados a uno o más instrumentos analógicos conocidos como galvanómetros, encargados de registrar los pequeños voltajes generados por los termopares de los sensores antes mencionados (7). Tanto los sensores como los instrumentos de medición que forman parte de estas estaciones, cuentan con más de 40 años de explotación (8), por lo que el sostenimiento de estas mediciones es una labor con grandes inconvenientes. Debido al alto costo, tanto de los sensores como de los registradores de las versiones más modernas de estos instrumentos, no ha sido posible la renovación de estos en las estaciones actinométricas del país.

En Cuba se cuenta con 5 estaciones actinométricas desplegadas en diferentes regiones del país para la medición de la radiación solar en superficie (tabla 1). De estas estaciones, solamente las cuatro primeras forman parte del Servicio de Diagnóstico de

Ambiental Yankee (YES, por sus siglas en inglés), ofrece servicios de calibración óptica para instrumentos de radiación solar, donde caracterizan la respuesta espectral, absoluta y angular de estos instrumentos (10), pero estos servicios, al tener un alto coste, no son accesibles para el país. El Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid, España (GOA-UVA), ha colaborado con el Observatorio Atmosférico de Izaña para la creación de un laboratorio de calibración óptica. Este laboratorio cuenta con 6 sistemas de calibración de instrumentos de medidas de radiación, dos de estos sistemas son empleados para medir la irradiancia absoluta tanto de forma vertical como horizontal (11).

A través del convenio de colaboración existente entre el GOAC y el GOA-UVA, se ha construido en las instalaciones de este último, un sistema de calibración horizontal de similares características al emplazado en Izaña. Este sistema ha sido instalado en el Laboratorio de Calibración de Respuesta Angular del GOAC y se empleará para la calibración angular de los

piranómetros – albedómetros que forman parte de las estaciones actinométricas de Cuba. El sistema, hasta donde se conoce, sería el primero y el único de su tipo en Centroamérica y el Caribe.

El elemento activo de este sistema de calibración está constituido por una lámpara halógena de alta estabilidad y precisión, la cual requiere de una fuente de alimentación que cumpla con las especificaciones de alta estabilidad y muy alta regulación de tensión (% ΔV). Las fuentes con estas características y para este fin tienen un alto costo en el mercado, oscilando entre los \$4,000 y \$12,000 USD. Tal es el caso de la fuente Oriol Digital Radiometric Power Supply modelo 69931. Pese a la falta de recursos existentes, el GOAC se propuso construir una con similares características y a un costo menor.

Para realizar las mediciones de los valores de intensidad relativa de la radiación, que registran los sensores sometidos al proceso de calibración, se emplearía un galvanómetro analógico, los mismos que son empleados en las estaciones actinométricas. Luego de un análisis de las características del mismo y de las condiciones en que se realizarán las calibraciones, se concluyó que debería emplearse un instrumento digital. Sin embargo, GOAC no cuenta con dicho instrumento, por lo que para dar solución a esta problemática se construyó un prototipo digital. Este prototipo garantizará una correcta toma de datos durante el proceso de la calibración, además, este mismo galvanómetro podrá ser replicado para que sea emplazado en las estaciones actinométricas y mejorar por tanto la calidad de las lecturas en las observaciones de radiación solar.

MATERIAL Y MÉTODOS

El primer paso para la construcción de la fuente fue encontrar el transformador adecuado, capaz de entregar la potencia exigida por la carga. Se colocaron dos autotransformadores con las mismas características en paralelo, el primario se alimentará con el voltaje de línea, entregado por el secundario de los transformadores 26 volt de corriente alterna (AC). Esto será en la etapa de reducción de AC. Para convertir AC en corriente continua (DC) pulsante se necesitaron 4 diodos de silicio colocados en forma de puente para realizar una rectificación de onda completa. Dado que la DC no es pura, es decir, contiene armónicos; ésta es filtrada con un capacitor de altos valores de capacitancia, 4000 $\mu\text{f}/50\text{V}$, con el fin de eliminar los armónicos de baja frecuencia que se encuentran por encima de la frecuencia de la línea.

Fuente conmutada variable para alimentar la lámpara del sistema de calibración

Tomando como referencia la Oriol Digital Radiometric Power Supply modelo 69931 y sus características, se diseñó y construyó una fuente conmutada con similares características. El diseño se realizó sobre la base de los elementos y dispositivos electrónicos disponibles, la mayor parte de ellos, recuperados de las partes útiles del LIDAR que operaba el GOAC y de partes discontinuadas de los radares meteorológicos digitalizados por el Centro Nacional de Radares de Cuba. En la figura 1 se representa el diagrama en bloques de la fuente regulada conmutada que tiene las siguientes características principales:

- Tensión de alimentación o línea (V_{in}): 198 – 240 VACrms.
- Tensión de salida (V_{out}): 24 VDC.
- Potencia de salida (P_{out}): 250 W.
- Regulación de tensión (% ΔV): 0,2 % .

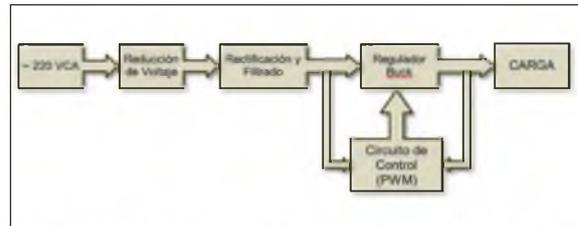


Figura N° 1: Diagrama en bloques de la Fuente Regulada Conmutada.

La regulación de tensión (% ΔV) es un requisito fundamental con el cual debe cumplir la fuente para garantizar la estabilidad del voltaje en la lámpara durante el proceso de calibración. La ecuación para determinar este parámetro está dada por la siguiente expresión:

$$\% \Delta V = \frac{(V_{sc} - V_c)}{V_c} \cdot 100\% \leq 10\%$$

Donde:

V_{sc} : Tensión a la salida sin carga

V_c : Tensión a la salida con carga

La lámpara, según el fabricante, debe ser alimentada con 24 VDC y demandará hasta 10A de corriente, parámetros con los que debe cumplir la fuente. Luego de realizar el diseño preliminar se buscaron los elementos y dispositivos para construir cada uno de los bloques de la fuente.

RESULTADOS

La figura 2 muestra el circuito eléctrico del regulador Buck (reductor de tensión, $V_{out} < V_{in}$), esta es la etapa que define a la fuente conmutada, este bloque está compuesto por el transistor de potencia, en este caso son 5 transistores en paralelo de 3A cada uno, un diodo de marcha libre D_m y el filtro L-C, compuesto por un inductor (L) en serie y un capacitor en derivación (C). El filtro L-C es el responsable de mantener alimentada la carga cuando los transistores no estén en conducción. Como se mencionó anteriormente respecto al origen de los componentes de la fuente, los transistores

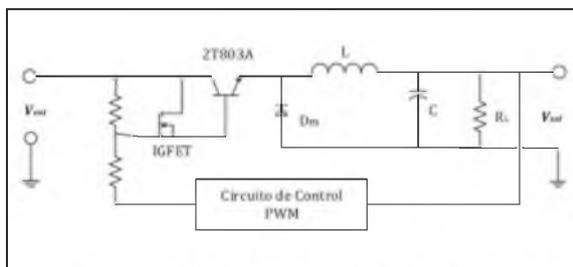


Figura N° 2: Regulador Conmutado Reductor controlado (Buck).

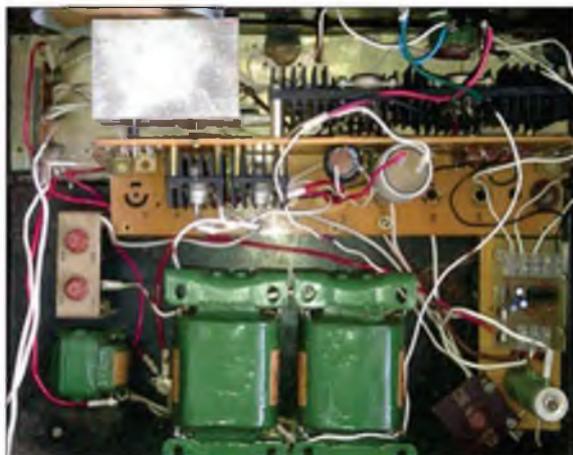


Figura N° 3: Fuente Conmutada Variable.

de potencia, modelo 2T803A, formaban parte de un bloque de los radares soviéticos que han sido modernizados. Esas mismas condiciones las cumplen el filtro L-C.

El circuito de control está conformado por el circuito integrado (CI) PWM SG3524, este CI reúne las características necesarias para la construcción de una fuente tipo Push – Pull. Este CI controla un transistor del tipo IGFET tipo N, el que a su vez, controla los transistores de potencia. Finalmente, para comprobar la fiabilidad, estabilidad y regulación de la tensión de la fuente, se utilizó un banco de resistencias como carga, con un valor similar a la carga correspondiente

a la lámpara a utilizar en el proceso de calibración. En la figura 3 se puede apreciar la fuente concluida con su estructura interna y componentes conectados.

Galvanómetro Digital

Para la construcción y diseño del galvanómetro digital, se tuvo en cuenta primeramente la amplificación de la señal proveniente del sensor, dada que ésta es muy pequeña, en el orden de 3 a 6 milivoltios (mV), alcanzando valores de hasta 10 mV. Estas son conocidas como señales de bajo modo común, por lo que se empleó un amplificador de instrumentación (AI) con un alto factor de rechazo de modo común (CMRR

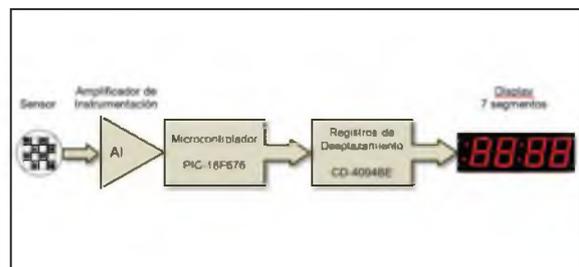


Figura N° 4: Diagrama en bloques del Galvanómetro Digital.

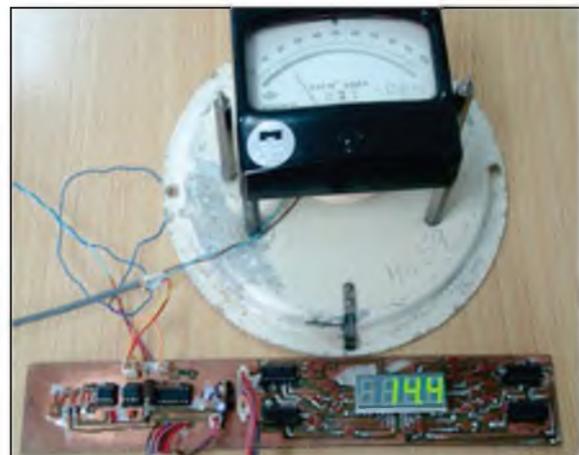


Figura N° 5: Prototipo del galvanómetro digital frente al galvanómetro analógico durante una medición de prueba.

– Common Mode Rejection Ratio). El AI utilizado fue AD623AN el cual cuenta con un muy buen CMRR, además, tiene la facilidad de alimentarlo con fuente simple, (una batería), disminuyendo así su costo.

La señal analógica amplificada va al microcontrolador PIC16F676 que cuenta internamente con un módulo convertidor Analógico – Digital (A/D) de 10 bit de resolución, 8 canales de entradas programables y una entrada de voltaje de referencia. La visualización de las mediciones se realiza a través de un display 7 segmentos de ánodo común de 4 dígitos que estará controlado

por 4 registros de desplazamiento CD4094BE. La transmisión de la información proveniente del PIC hacia los registros de desplazamientos se realiza en serie.

El galvanómetro cuenta con un rango de medición de -99 mV a 100 mV, siendo estos los valores mínimos y máximos respectivamente. Para la puesta a punto del galvanómetro se realizaron varias pruebas por separado, es decir, separando los diferentes bloques que lo componen. Primero la amplificación de la señal, luego la programación del PIC donde se garantiza la conversión A/D y la transmisión del dato para su visualización, se chequeó la correcta comunicación desde el PIC hacia los registros de desplazamientos y estos con el display 7 segmentos.

Para cerrar el ciclo se hacen varias series de mediciones con el prototipo digital y su par analógico conectados ambos al mismo sensor. Esto se realiza con el fin de ajustar el prototipo digital al patrón analógico que es utilizado actualmente para calibrar las estaciones actinométricas. La figura 4 muestra el prototipo del galvanómetro digital frente al galvanómetro analógico.

Fuente Conmutada Variable

Para tres valores distintos de cargas, la fuente arrojó tres valores distintos de tensiones medidos a la salida de la misma. La siguiente tabla muestra estas mediciones para cada una de las cargas.

Los resultados obtenidos (mostrados en la tabla anterior), demostraron que la fuente aun no cumplía con los requisitos planteados. Estos resultados se deben a que en la fuente existe una caída de tensión, de aproximadamente 4 V, entre la salida del secundario de los autotransformadores y el capacitor de filtrado de baja frecuencia, es decir, en el puente de diodos rectificador. Esto provoca que a menor valor de tensión la intensidad de corriente aumente y le exija más a los autotransformadores provocando como consecuencia, el calentamiento en los mismos. La solución más simple fue elevar el valor de la tensión de salida del secundario cambiando la posición de las derivaciones. La tensión de salida, que en principio era de 26 VAC, se elevó a 30 VAC, de esta forma se garantizó que a la salida de la fuente, independientemente del valor de la carga, la tensión de salida sea de 24 VDC.

DISCUSIÓN

Entre los principales requisitos con los que debía cumplir el galvanómetro digital se encontraban la estabilidad del valor medido en el display, así como, un buen ajuste con su par analógico. El próximo paso consistió en llevar el prototipo de galvanómetro digital junto al galvanómetro analógico que se encontraba operativo en la estación actinométrica de Camagüey.

Las mediciones realizadas en paralelo permitieron comprobar que el funcionamiento del galvanómetro digital es correcto. La estructura final donde quedará montado el prototipo de galvanómetro digital no se ha construido aún, pero con el prototipo actual se realizaron pruebas que arrojaron resultados satisfactorios.

En conclusión, a pesar de los pocos recursos con los que se contaba se pudieron construir la fuente de alimentación de la lámpara para la calibración angular de instrumentos de radiación solar y el galvanómetro digital para la medición de los valores de intensidad relativa de la radiación que registran los sensores sometidos a calibración. Considerando que en ambos casos quedan mejoras por realizar.

El prototipo desarrollado permitirá mejorar y replicar este instrumento para ser empleado en las estaciones actinométricas de Cuba. La construcción de este instrumento significará un considerable ahorro de divisas al país por concepto de importación de equipos con similares características. Las lecturas que se realizan durante las mediciones de irradiancia solar experimentarán un salto de calidad considerable, al

Tabla N° 2: Valores medidos a la salida de la fuente con carga.

No. de pruebas	Voltaje salida (V)	Corriente carga (A)	Carga (Ω)	% ΔV (%)
1	17,15	9,93	2,20	43,40
2	21,40	6,68	3,30	15,00
3	20,40	7,87	2,70	20,50

eliminar errores comunes en los procedimientos de medición como el error de paralaje y de redondeo, entre otros.

Agradecimientos

Al Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid por su apoyo en la construcción del sistema de calibración. Al Centro Nacional de Radares de Cuba por facilitar parte de los elementos y componentes empleados en la construcción de la fuente conmutada. Al Dr. Luis Vidal Ponce Cabrera, profesor de la Facultad de Física de la Universidad de la Habana, por donar los componentes utilizados en la construcción del galvanómetro digital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antuña JC, Estevan R, Barja B. Demonstrating the Potential for First-Class Research in Underdeveloped Countries: Research on Stratospheric Aerosols and

- Cirrus Clouds Optical Properties, and Radiative Effects in Cuba (1988–2010). *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2012; 93(7): 1017-1027.
2. Estevan R, Antuña JC, Barja B, Hernández CE, Hernández TA, Acea R. Servicio de diagnóstico de radiación solar para Cuba. Camagüey: Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey / Instituto de Meteorología; 2011.
 3. Antuña JC, Fonte A, Estevan R, Barja B, Acea R, Antuña Jr JC. Solar radiation data rescue at Camagüey, Cuba. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2008; 89(10): 1507-1511.
 4. Fonte A, Antuña JC. Caracterización del espesor óptico de banda ancha de los aerosoles troposféricos en Camagüey, Cuba. *Revista Cubana de Meteorología.* 2011; 17(1): 15-26.
 5. García F, Estevan R, Antuña-Marrero JC, Rosas J, Platero IY, et al. Determinación de la Línea Base del Espesor Óptico de Aerosoles de Banda Ancha y comparación con datos de fotómetro solar. *Opt. Pura Apl.* 2015; 48(4): 249-258.
 6. Iralmy IY, Estevan R, García F. Climatología del albedo de superficie en la Estación Actinométrica de Camagüey. *Opt. Pura Apl.* 2015; 48(4).
 7. Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey. Manual de procedimiento para Observadores Actinométricos. Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey, Instituto de Meteorología de Cuba; 2010.
 8. Antuña JC, Hernández CE, Estevan R, Barja B, Fonte A, et al. Camagüey's solar rescued dataset: Preliminary applications. *Opt. Pura Apl.* 2011; 44(1): 41-46.
 9. Servicio de Diagnóstico de Radiación Solar [Internet]. Camagüey: Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey c2010 [actualizado 1 de abril de 2015; citado el 29 de julio de 2015]. Disponible en: <http://www.goac.cu/actino/>.
 10. Yankee Environmental Systems [Internet]. Massachusetts: Yankee Environmental Systems, Inc.; c1998-2006 [actualizado el 11 de septiembre de 2006; citado el 29 de julio de 2015] Optical Calibration Services [1 pantalla]. Disponible en: <http://www.yesinc.com/support/optcal/optcal.html>.
 11. Guirado C, Ramos R, Frutos A de, Berjón A, Redonda A, et al. Optical calibration facility at the Izaña Atmospheric Research Center. *Opt. Pura Apl.* 2012; 45(1): 57-62.

Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo

Alnus acuminata dendrochronology in the San Pedro de Saño private forest, Huancayo

Edilson Jimmy Requena Rojas¹

Universidad Continental
edilson.requena@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo evaluamos el potencial de *Alnus acuminata* para su uso posterior en estudios dendroclimatológicos. Se analizó una cronología de ancho de anillos para un bosque de *A. acuminata* en San Pedro de Saño y se relacionó el crecimiento de los árboles con los registros instrumentales de temperatura media, máxima y mínima, precipitación y horas sol de las estaciones meteorológicas de Huayao (12° 02' 18.1" S - 75° 19' 22.2" O) y Santa Ana (12° 00' 15" S - 75° 13' 15" O). La cronología de ancho de anillos está compuesta por 33 series de 22 árboles y cubre el período 1968-2013. El crecimiento de los árboles estuvo relacionado negativamente con la temperatura mínima mensual del mes de abril del año corriente. Se observó una relación positiva y significativa entre la cronología de crecimiento y la precipitación de la estación de Santa Ana para los meses de marzo del año previo y diciembre del año actual de crecimiento. Las horas sol mensuales de abril del año corriente tienen una correlación significativa con el crecimiento radial. Existe influencia de las precipitaciones del verano previo y primavera del año corriente favoreciendo el crecimiento del árbol. El árbol entra en dormancia, posiblemente por las bajas temperaturas de otoño. El amplio rango de distribución y la utilización histórica de su madera en construcciones en el pasado, abre la posibilidad de extender temporalmente los registros dendrocronológicos, en los Andes centrales de Perú.

Palabras claves: Dendrocronología, anillos de árboles, San Pedro Saño.

ABSTRACT

The objective is to evaluate the *Alnus acuminata* potential for its later use in dendroclimatological studies. The research analyses the width tree-ring chronology for an *A* forest. "acuminate" in San Pedro de Saño and it was related the trees growth with the instrumental records of average, maximum and minimum temperature, precipitation and sunshine hours of the Huayao Weather Stations (12° 02' 18.1" S - 75° 19' 22.2" O) and Santa Ana (12° 00' 15" S - 75° 13' 15" O). The width ring chronology is composed of 33 sets of 22 trees and covered the 1968-2013 period. The trees growth was negatively related to the minimum monthly temperature of April this year. It was observed a positive and significant relationship between the growth timing and the Santa Ana station precipitation for March of the previous year and December of the current growth year. The April monthly sunshine hours of current year are significantly correlated with the radial growth. There is a precipitation influence of the previous summer and spring of the current year favoring the trees growth. The tree enters in dormancy, possibly due to the fall low temperatures. The wide range of distribution and the historic use of its wooden buildings in the past, opens the possibility to temporarily extend the dendrochronological records in the central Andes of Peru.

Keywords: Dendrochronology, tree-ring, San Pedro de Saño.

Historial del artículo:

Recibido: 1 de diciembre de 2014. Aprobado: 20 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Ingeniero Forestal y Ambiental, investigador de la Universidad Continental; profesor de Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

INTRODUCCIÓN

La dendrocronología es la ciencia que estudia los anillos de crecimiento de los árboles para reconstruir, con resolución anual, eventos climáticos y procesos ecológicos pasados; esta técnica se aplica en especies que presentan anillos anuales bien diferenciados y un crecimiento radial influenciado por las fluctuaciones climáticas (1). La Dendrocronología es una valiosa herramienta para extender la serie de variables hidroclimáticas, ya que las variaciones interanuales en el espesor de crecimiento de los árboles están relacionadas con las fluctuaciones climáticas (1); por lo tanto, esta disciplina puede generar registros con una precisión anual, continuos en el tiempo, y que pueden llegar a extenderse eventualmente por miles de años. La dendrocronología es aplicada a diferentes disciplinas como, ecología, climatología, geología, hidrología y química, brindando información relevante en corto tiempo comparado con otros métodos tradicionales. La presencia de anillos de crecimiento anuales visibles es propia de la mayoría de especies arbóreas y arbustivas que se desarrollan en regiones templadas y frías donde existe una fuerte estacionalidad climática responsable de causar un período de dormancia o reposo en el crecimiento. Contrariamente, las regiones tropicales y subtropicales han sido tradicionalmente consideradas como regiones poco adecuadas para aplicar las técnicas dendrocronológicas tradicionales, debido a que en muchos casos los anillos de crecimiento no son claramente distinguibles en comparación con las especies de climas templados (2).

Las regiones subtropicales áridas y semiáridas de América del Sur, como el caso de los Andes centrales del Perú han sido escasamente investigadas desde este punto de vista. Sin embargo, en estos ambientes, las variaciones estacionales de la temperatura resultarían suficientes como para inducir en algunas especies la formación de anillos de crecimiento (3), aunado a ello la fuerte variación estacional en las precipitaciones (4). La cuenca del río Mantaro presenta una marcada estacionalidad con precipitaciones que se concentran entre octubre y febrero disminuyendo sus valores mínimos en junio y julio, coincidentemente en los meses que se registra los menores valores de temperaturas (4).

En regiones tropicales y subtropicales de los Andes de América se distribuye *A. acuminata* entre 12° N a 28° S desde 600 – 3 000 m s.n.m. (5). Tratándose de una de las principales especies arbóreas que crece en los Andes Centrales de Perú, es importante identificar la respuesta de *A. acuminata* a los cambios climáticos a través del estudio de sus anillos de crecimiento, puesto que ya fue utilizado en otros estudios en otras latitudes (6). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de crecimiento *A. acuminata* para su uso posterior en estudios dendroclimáticos; para lo

cual se determina la correlación entre el crecimiento radial y las fluctuaciones climáticas de temperatura, precipitación y horas sol. La hipótesis involucrada es que *A. acuminata* presenta anillos distinguibles y una respuesta significativa a las variaciones climáticas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño descriptivo correlacional para conocer la asociación entre los índices de ancho de anillos con las variables climáticas de precipitación, temperatura media, temperatura máxima, temperatura

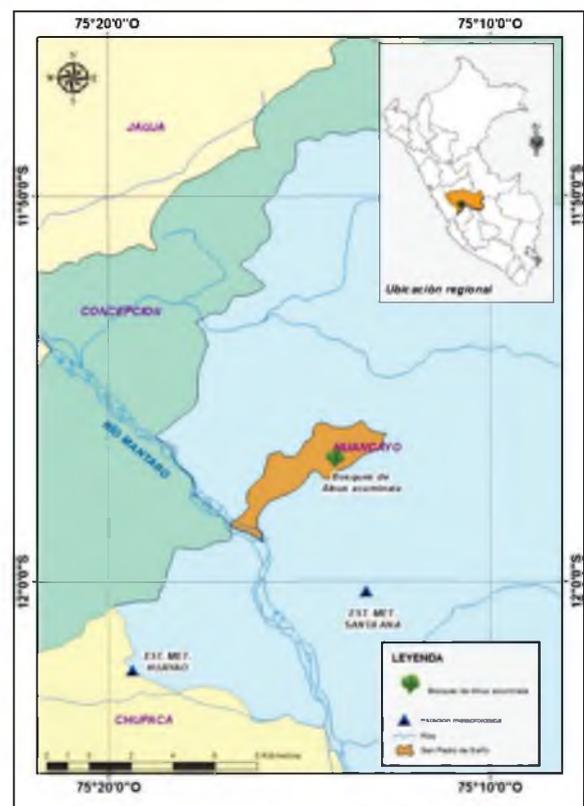


Figura N° 1: Ubicación del bosque *Alnus acuminata* en Ilish Bichacoto y estaciones meteorológicas de donde se obtuvieron los datos climáticos.

mínima y horas sol.

Las muestras para este estudio fueron recolectados en el bosque reservado Ilish Bichacoto ubicada en el distrito de San Pedro de Saño (11° 56' 50" S - 75° 14' 03" O) a 3 636 m s.n.m. en una extensión de 120 ha; ecológicamente pertenece al bosque Seco Montano Bajo Subtropical (bs-MBS). El relieve es inclinado, típico de las laderas que encierran a valles interandinos. La biotemperatura media anual máxima es de 16,5 °C y la media anual mínima de 10,9 °C. (7).

Toma de muestras: Los muestreos en la quebrada

llich Bichacoto fueron realizados entre setiembre y noviembre de 2014. Los 45 árboles seleccionados fueron aquellos dominantes y/o codominantes, de fuste cilíndrico y buen estado sanitario (8). Las muestras se tomaron con barrenos de incrementos, logrando secciones cilíndricas de 5 mm de diámetro y largo variable según el radio de cada muestra. De cada árbol se extrajeron y midieron dos radios.

Procesamiento de muestras: Se realizó el montaje y preparación de las muestras para proceder a su fechado en el laboratorio de dendrocronología de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Las muestras extraídas con el barreno se fijaron con cola sobre regletas de madera acanaladas de aproximadamente un cm de espesor por dos de ancho, teniendo la precaución de que los elementos axiales del leño mantuvieran su posición vertical una vez montados. Esto facilitó la visibilidad de los anillos de crecimiento. Las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente.

Determinación de la cronología de *Alnus acuminata*: Terminado el proceso de co-fechado, se midió el ancho de los anillos con un equipo velmex a una precisión de 0,001 mm, generándose series temporales para cada árbol. La calidad del fechado y de la medición fue controlada utilizando el programa Cofecha (12), que calcula índices de correlación entre las series individuales de anchos de anillos para identificar anillos ausentes y una evaluación de la fidelidad de los resultados, a partir de la utilización de ventanas de 35 años con una superposición de 17 años, con un coeficiente de correlación de 0,39 con 99 % de confiabilidad. Las series de ancho de anillos resultantes de la medición de las bandas de crecimiento, fueron estandarizadas para eliminar las tendencias biológicas propias del crecimiento y minimizar las variaciones en el crecimiento que no son comunes a todos los árboles y que no están relacionadas con las variaciones climáticas (1). Las series fueron estandarizadas y promediadas para obtener una cronología final de sitio muestreado empleando el programa Arstan (13). Este

Tabla N° 1: Estaciones meteorológicas empleadas en este estudio.

Estación	Variable	Periodo de registro	Latitud (°S)	Longitud (°O)	Fuente
Huayao	Precipitación	1968-2009	12° 02' 18.1"	875° 19' 22.2"	IGP
Santa Ana	Precipitación	1992-2013	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
Huayao	Temperatura medio	1978-2008	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
	Temperatura mínima	1972-2008	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
	Temperatura máxima	1972-2008	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
	Hora sol	1972-2008	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú, IGP: Instituto Geofísico del Perú, Observatorio de Huancayo.

Posteriormente se procedió al pulido de las mismas utilizando lijas de diferente granulometría de 120 a 1 000 progresivamente (9). Posteriormente los anillos de crecimiento fueron identificados y fechados bajo un estereoscopio marca Leica modelo S6E. Al anillo más joven recientemente formado se le asignó la fecha de acuerdo a Schulman (10) para el Hemisferio Sur, la que establece que la fecha del anillo más externo corresponde al año en que comenzó a formarse el anillo. Así, por ejemplo, la fecha del último anillo en las muestras tomadas en setiembre-noviembre de 2014, fue 2013, ya que se estima que ese anillo de crecimiento comenzó a formarse en octubre de 2013. Una vez asignada la fecha al anillo más externo, se continuó con el fechado hasta llegar al anillo más interno de la muestra. En cada muestra se marcó cada década con un punto, cada mitad de siglo con dos puntos. El co-fechado se realizó visualmente siguiendo las técnicas convencionales empleadas en dendrocronología (11), usando como referencia anillos más anchos y/o delgados.

programa genera cronologías combinando las series estandarizadas de ancho de anillos con una media doblemente ponderada (13). Las series estandarizadas fueron promediadas obteniéndose una cronología media del sitio estudiado, constituyendo una serie temporal que representa las variaciones anuales en el crecimiento radial de los árboles de *A. acuminata*.

Análisis entre el clima y el crecimiento radial: Con el objetivo de determinar las variables climáticas fuertemente relacionadas con el crecimiento de *A. acuminata* en San Pedro de Saño, las variaciones interanuales en el ancho de anillos fueron comparadas con los registros instrumentales (horas sol, temperatura media, máxima, mínima y precipitación). Un método simple de comparación entre anillos de crecimiento y variaciones climáticas es el de la función de correlación (14). Este método consiste en correlacionar las variaciones interanuales en el ancho de los anillos de crecimiento de una cronología con las fluctuaciones climáticas interanuales tomadas

mes por mes. La relación estadística entre el ancho de anillo y la variable climática es examinada sobre el período común entre la cronología y los datos instrumentales para cada variable; teniendo en cuenta que las condiciones climáticas durante la estación de crecimiento de un año dado influyen en el crecimiento cambial durante el siguiente ciclo vegetativo (1, 9), se

muestreo y Huayao por poseer los registros climáticos más extensos. En la tabla 1 se describe las variables tomadas y los rangos de años utilizados.

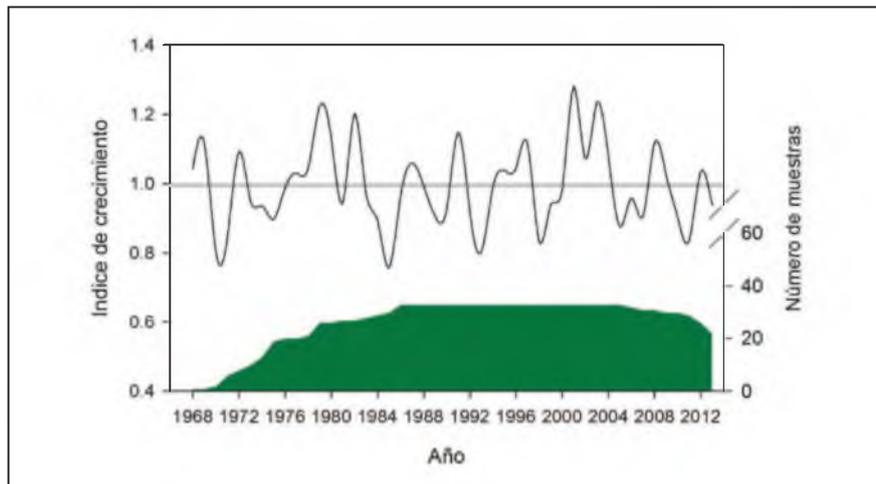


Figura N° 2: Cronología de ancho de anillos para *Alnus acuminata* para San Pedro de Saño. El área de color verde representa el número de muestras de la cronología.

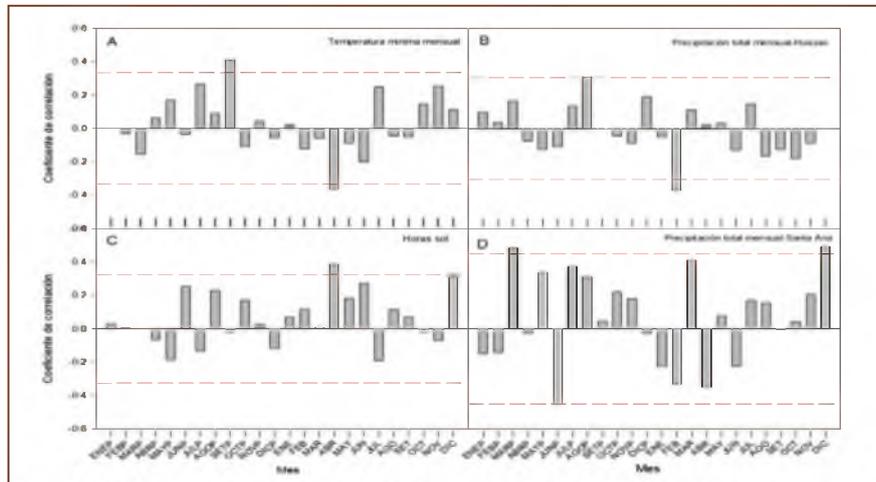


Figura N° 3: Funciones de correlación entre la cronología de ancho de anillos de *A. acuminata* con: temperatura máxima mensual (Fig. 3A), precipitación de la estación de Huayao (Fig. 3B), Horas sol total mensual (Fig. 3C) y precipitación mensual Santa Ana (Fig. 3D). Datos climáticos de la tabla 1. Las comparaciones de extienden desde enero del año previo (indicado como ENEP) hasta diciembre del año investigado. Las líneas horizontales entrecortadas rojas representan el límite de significancia estadística de las correlaciones.

utilizó un periodo de 24 meses. De esta forma, se puede incluir en la comparación dos estaciones de crecimiento completas, la previa (crecimiento en el año "x-1") y la actual (crecimiento en el año "x").

Las estaciones meteorológicas utilizadas fueron la de Santa Ana por ser la más cercana al área de

RESULTADOS

Características de la cronología: A partir de las muestras obtenidas en el bosque Ilish Bichacoto, se logró fechar un 49 % de los 45 árboles muestreados, obteniéndose una cronología de ancho de anillos de

A. acuminata con una extensión de 46 años (1968-2013). Los estadísticos usados (15) para establecer la calidad de la cronología (desviación estándar = 0,12, sensibilidad media = 0,12 y la correlación media entre muestras = 0,26), indican un alto porcentaje de señal común en las variaciones interanuales del crecimiento radial entre los individuos que conforman la cronología. La cronología está compuesta por 33 series de ancho de anillos correspondiente a 22 árboles. Con respecto al número de series por año, la cronología comienza en el año 1968 con una serie, aumenta a 8 en 1970 (figura 2, área color verde). Esto permite tener confiabilidad en los resultados a partir del año 1970, ya que existen 8 radios provenientes de 7 árboles diferentes. Las series de la cronología cuentan con un promedio de 38 años, con rangos que van entre un mínimo de 24 años y un máximo de 46 años.

cronología de ancho de anillo y la precipitación del mes de diciembre del año investigado, se presenta la figura 4. Donde se observa que algunos años como por ejemplo en 1997 y 2001 existen altos valores de precipitación y los árboles responden con un mayor crecimiento radial. Por lo que se puede decir que las precipitaciones que caen al inicio del período de crecimiento favorecen el crecimiento radial.

DISCUSIÓN

Se presenta la primera aproximación a una cronología de ancho de anillos de 46 años de extensión, desarrollada a partir de *Alnus acuminata* para un bosque sobre los 3 600 m s.n.m. en los andes centrales de Perú. Los resultados de este estudio indican que *A. acuminata* posee anillos de crecimiento anuales, pero

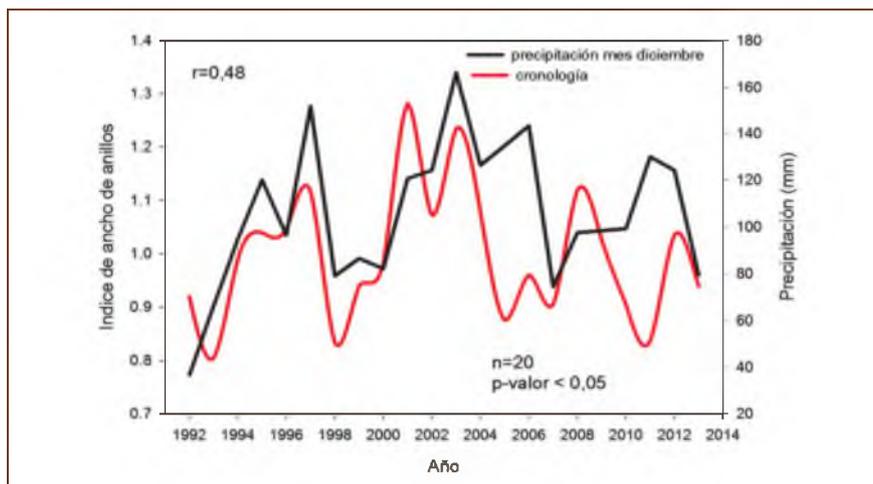


Figura N° 4: Correlación entre cronología de ancho de anillos de *A. acuminata* y la precipitación del mes de diciembre de la estación meteorológica de Santa Ana.

Relación clima-crecimiento radial: La función de correlación muestra que el crecimiento radial de *A. acuminata*, se encuentra relacionado con las condiciones climáticas de temperatura mínima mensual de setiembre del año previo al 95 % confianza ($r=0,41$ $p\text{-valor}<0,05$) y negativamente con las del mes de abril del año corriente ($r=-0,33$ $p\text{-valor}<0,05$) figura 3A. En cuanto a la temperatura media y máxima mensual no se encontraron correlaciones significativas. Se observa una relación positiva y significativa entre la cronología de crecimiento y la precipitación de la estación de Santa Ana para los meses de marzo del año previo ($r=0,48$ $p\text{-valor}<0,05$) y diciembre del año actual de crecimiento ($r=0,48$ $p<0,05$) figura 3D. Las horas sol mensuales de abril del año corriente tienen una correlación significativa con el crecimiento radial ($r=0,39$ $p\text{-valor}<0,05$) figura 3C.

Sobre la base de la correlación significativa entre la

las muestras extraídas con barreno no ayudan a definir si están claramente demarcados.

Debido al poco campo de amplitud visual (5 mm de diámetro) de las muestras extraídas con el barreno de incremento, no se pudieron delimitar bien los anillos de crecimiento. Por lo cual se sugiere para futuros estudios, utilizar secciones transversales de árboles (16, 17), porque brinda mayor campo de observación de la muestra y facilita la identificación de los anillos de crecimiento anuales.

Para desarrollar la cronología de ancho de anillos se utilizó el 49 % de los árboles muestreados (22 de un total de 45 árboles). El resto de las series medidas que no integraron la cronología, no pudieron ser datadas correctamente por el poco campo visual y debido a que podrían presentar anomalías en el crecimiento, tales como: presencia de lentes, anillos indiferenciados

y anillos falsos que no permitieron lograr la datación correcta de las muestras. Estos resultados del porcentaje de árboles empleados están por debajo de otros estudios previos de *A. acuminata* en Argentina (18) y otras especies desarrolladas en los Andes de Sudamérica (9, 19, 20).

La escala temporal de la cronología es corta en comparación con las cronologías mayores de 100 años obtenidos en la provincia biogeográfica de las

corriente favorecen al crecimiento del árbol, indicando que posiblemente la precipitación es uno de los factores que controla el crecimiento (figura 3D). Las correlaciones negativas con la temperatura mínima en otoño, estarían reflejando que en esta época el árbol entra en dormancia, formando madera tardía. No queda claro el mecanismo que explique, las relaciones positivas entre las horas sol de otoño del año corriente con el ancho de anillos. Una posible respuesta podría ser que, el otro factor que controla el crecimiento de

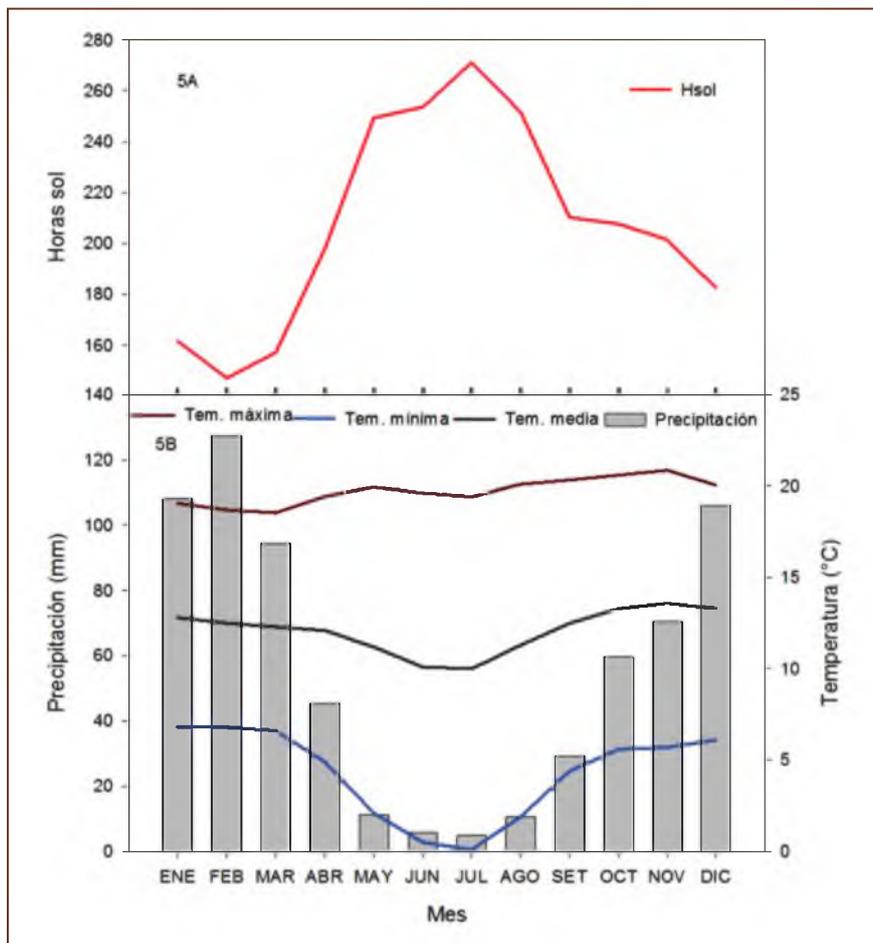


Figura N° 5: Horas sol mensual de la estación de Huayao (5A). Climatología de precipitación correspondiente a la estación meteorológica de Santa Ana y de temperatura a estación de Huayao (5B).

Yungas en el nor oeste de Argentina (18). A pesar de la corta escala temporal de la cronología de ancho de anillos para San Pedro de Saño, se puede aplicar la dendroecología para estudios de dinámica de bosques de *A. acuminata*.

Las funciones de correlación indican que el crecimiento de *A. acuminata* está regulado por las variaciones climáticas del valle del Mantaro. En general, las precipitaciones del verano previo y primavera del año

A. acuminata en estos lugares es la escorrentía, puesto que esta especie crece muy cercano a los cauces de riachuelos, donde la disponibilidad de agua está presente casi todo el año (1).

El amplio rango de distribución de la especie, la marcada estacionalidad de la precipitación, con más de tres meses seguidos de precipitación menor a 20 mm lo que coincide con los registros de las temperaturas bajas con alta radiación solar contribuyen a la

formación de leño tardío, formándose el límite de los anillos de crecimiento (figura 5) y la utilización histórica de su madera en construcciones en el pasado. Es así, que se abre la posibilidad de extender temporal y espacialmente los registros dendrocronológicos, en los andes centrales de Perú, cubriendo un amplio espacio, donde hasta la última década no existe registros de cronologías desarrolladas (figura 6).

La cronología desarrollada demuestra el potencial de esta especie para ser utilizada con fines dendroclimáticos porque presentan anillos diferenciados y están influenciados por variables climáticas de temperatura mínima y precipitación. Esta situación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fritts HC. Tree-ring and climate. London: Academic Press; 1976.
2. Worbes M. One hundred years of tree ring research in the tropics. - A brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 2002; 20(1-2): 217-231.
3. Villalba R, Grau HR, Bonisegna J, et al. Climatic variations in subtropical South America inferred from upper-elevation tree-ring records. *International Journal of Climatology*. 1998;



Figura N° 6: Cronologías de anillos de árboles en Sudamérica. Cada símbolo representa la ubicación aproximada de las cronologías. El número de cronologías compiladas para diferentes especies es indicado entre paréntesis. Fuente: (21).

más la posibilidad de extraer material de las antiguas construcciones como iglesias, casas; abre la posibilidad para el desarrollo de futuras cronologías y posteriores reconstrucciones climáticas.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo económico de fomento de investigación de la Universidad Continental. A los estudiantes del curso de Ecología, por el apoyo en la colecta de muestras. A Rosana Ordaya por las inagotables horas de muestreo.

- 18(13): 1463-1478.
4. Instituto Geofísico del Perú. Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire de la Cuenca del Río Mantaro. Lima: CONAM / IGP; 2005.
5. Killen TJ, Garcia E, Beck S. Guía de Árboles de Bolivia. Bolivia: Herbario de Bolivia and Missouri Botanical Garden; 1993.
6. Morales M, Villalba R, Grau R, et al. Rainfall-controlled tree growth in high elevation subtropical treelines. *Ecology*. 2004; 85(11): 3080-3089.
7. Administración Local de Agua - Mantaro. Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca río Mantaro. Lima; 2010. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/>

- publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf
8. Villanueva J, Cerano J, Constante V, et al. Muestreo Dendrocronológico: colecta, preparación y procesamiento de núcleos de crecimiento y secciones transversales. Durango: Grupo Colorama; 2009.
 9. Argollo M, Solíz C, Villalba R. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes centrales de Bolivia. *Ecología en Boliviana*. 2004; 39(1): 5-24.
 10. Schulman E. *Dendroclimatic changes in semiarid America*. Tucson: University of Arizona Press; 1956.
 11. Stokes MA, Smiley TL. *An introduction to tree-ring dating*. Chicago: University of Chicago Press; 1968.
 12. Holmes RL. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*. 1983; 43: 69-75.
 13. Cook ER. A time series analysis approach to tree-ring standardization. [Tesis doctoral]. Tucson: The University of Arizona; 1985.
 14. Blasing TJ, Solomón AM, Duvick DN. Response functions revisited. *Tree-Ring Bulletin*. 1984; 44: 1-15.
 15. Briffa KR. Interpreting High-Resolution Proxy Climate Data – The Example of Dendroclimatology. In: Storch V, Navarra HA, editors. *Analysis of Climate Variability, Applications of Statistical Techniques*. Berlin: Springer; 1995.
 16. López L, Villalba R. Climate Influences on the Radial Growth of *Centrolobium microchaete*, a valuable Timber Species from the Tropical Dry Forests in Bolivia. *Biotropica*. 2011; 43(1): 41-49.
 17. Pereyra M, Inga G, Morales M, et al. Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. *Biotropica*. 2014; 62(2): 783-793.
 18. Grau HR, Easlade TA, Paolini L. Subtropical dendroecology - dating disturbances and forest dynamics in northwestern Argentine montane ecosystems. *Forest Ecology Management*. 2003; 177: 131-143.
 19. Moya J. & Lara A. Cronologías de ancho de anillos de queñoa (*Polylepis tarapacana*) para los últimos 500 años en el Altiplano de la región de Arica y Parinacota, Chile. *Bosque*. 2011; 32(2): 165-173.
 20. Morales M, Christie DA, Villalba R, et al. Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300AD reconstructed by tree-rings. *Climate of the Past*. 2012; 8: 653-666.
 21. Boninsegna JA, Argollo J, Aravena JC, et al. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*. 2009; 281: 210-228.

Biodiversidad florística del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Ucayali

Floristic biodiversity in the Universidad Nacional de Ucayali Botanical Garden

Víctor Augusto Araujo Abanto¹
Universidad Nacional de Ucayali
victorunu@hotmail.com

Fernando Velásquez de la Cruz²
Universidad Nacional de Ucayali

RESUMEN

El objetivo fue la clasificación taxonómica y descripciones botánicas de 36 especies (23 familias y 33 géneros), árboles, arbustos, lianas y hierbas en el Jardín Botánico y Campus de la Universidad Nacional de Ucayali. De las 36 especies, 6 son ornamentales: *Sanchezia tigrina*, *Crinum augustum*, *Sansevieria trifasciata*, *Dracaena fragans*, *Costus guanaiensis* y *Vitex cymosa*; *Rhynchosia phaseoloides* cuyas semillas son cotizadas como artesanal; 7 podrían tener uso ornamental: *Tabernaemontana heteropylla*, *Sparattosperma leucanthum*, *Cayaponia ophthalmica*, *Gurania eriantha*, *Gurania spinulosa*, *Stigmaphyllon florosum* y *Capirona decorticans*; 3 son medicinales: *Euphorbia umbellata* (tratamiento del cáncer y otros males), *Uncaria guianensis* (refuerza el sistema inmunológico) y *Pilocarpus peruvianus* contiene Pilocarpina de uso oftalmológico; *Pourouma guianensis* tiene fuerte olor a mentol; 3 con frutos alimenticios *Tamarindus indica*, *Bunchosia armeniaca* y *Physalis angulata*, conteniendo este último alto contenido en pro vitamina A; 10 son maderables: *Dipteryx odorata*, *Vitex cymosa*, *Tectona grandis*, *Ocotea bofo*, *Perebea xanthochyma*, *Virola pavonis*, *Calycophyllum spruceanum*, *Capirona decorticans*, *Guazuma ulmifolia* y *Bambusa arundinacea*; *Pueraria phaseoloides* usado como forraje, en el Jardín Botánico está como maleza al igual que *Davilla nitida* y *Urena lobata*, que podría servir como ornamental, su corteza tiene propiedades similares al yute verdadero; *Cecropia membranacea*, *C. concolor*, *C. sciadophylla* y *Gouania lupuloides* que pueden servir como alimento de la fauna silvestre.

Palabras clave: Biodiversidad florística, taxonomía, botánica, árboles, arbustos, lianas, hierbas.

ABSTRACT

The objective was the taxonomy classification and botanical descriptions of 36 species (23 families and 33 genera), trees, shrubs, vines and herbs existing in the Universidad Nacional de Ucayali Botanical Garden and Campus. From the 36 species, 6 are ornamental: *Sanchezia tigrina*, *Crinum augustum*, *Sansevieria trifasciata*, *Dracaena fragans*, *Costus guanaiensis* and *Vitex cymosa*; *Rhynchosia phaseoloides* which seeds are highly valued as handmade products, 7 will have a future ornamental use: *Tabernaemontana heteropylla*, *Sparattosperma leucanthum*, *Cayaponia ophthalmica*, *Gurania eriantha*, *Gurania spinulosa*, *Stigmaphyllon florosum* y *Capirona decorticans*; 3 are medicinal: *Euphorbia umbellata* (cancer treatment and other illnesses), *Uncaria guianensis* (strengthen immunologic system) and the *Pilocarpus peruvianus* contains Pilocarpina used as ophthalmic; *Pourouma guianensis* also has a strong menthol smell; 3 with edible fruits *Tamarindus indica*, *Bunchosia armeniaca* and *Physalis angulata*, the last contains a high content of A vitamin, 10 are timber: *Dipteryx odorata*, *Vitex cymosa*, *Tectona grandis*, *Ocotea bofo*, *Perebea xanthochyma*, *Virola pavonis*, *Calycophyllum spruceanum*, *Capirona decorticans*, *Guazuma ulmifolia* and *Bambusa arundinacea*; *Pueraria phaseoloides* used as forage, in the Botanical Garden it is similar to weeds like the *Davilla nitida* y *Urena lobata*, which will serve as ornamental, its bark has similar properties to the true jute; *Cecropia membranacea*, *C. concolor*, *C. sciadophylla* y *Gouania lupuloides* which can serve as food for wildlife.

Keywords: Floristic biodiversity, taxonomy, botany, trees, shrubs, vines, herbs.

Historial del artículo:

Recibido: 2 de noviembre de 2015. Aprobado: 11 de diciembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Ms. en Botánica Tropical, con mención en Taxonomía y Sistemática Evolutiva; Doctor en Administración de la Educación. Profesor principal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali.

² Ms. en Manejo Forestal; Profesor principal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se ha realizado estudiando las características morfológicas de las plantas (tallos, hojas, flores y frutos), fotografiando toda su organografía reproductiva. Posterior a ello con las muestras botánicas herborizadas, los datos tomados en el campo se procedió a su determinación taxonómica mediante el uso de claves de identificación, por comparación con muestras botánicas existentes en otros Herbarios, para lo cual se visitó y consultó a expertos botánicos del Herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP); haciendo una descripción botánica completa de cada una de las especies estudiadas, la cual se presenta debidamente ilustrada con fotografías.

Antecedentes

El Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) tiene como finalidad la conservación del germoplasma de la flora existente en dicha área, con fines de investigación, enseñanza y ecoturismo. En 1992, dentro del Plan Director y desarrollo de la ciudad universitaria, se considera mantener la reserva boscosa para fines de enseñanza e investigación, reduciendo la superficie del bosque a 5 ha, bajo la denominación de Arboretum Natural. En ese mismo período al iniciarse la construcción de los pabellones de aulas de la UNU, nuevamente se secciona en sentido transversal dicha área con la construcción de una carretera de 10 m de ancho que divide al ARBORETUM, en dos parcelas de 2,5 ha cada una (1).

El área del Arboretum (hoy Jardín Botánico), ha sido perturbado permanentemente, extrayendo materiales para construcción y leña principalmente, sufriendo un incendio forestal de gran magnitud en el año 2005, habiéndose perdido aproximadamente una ha de especies forestales valiosas por efecto del fuego; aparte de ello muchas especies maderables valiosas que destacaban por su frondosidad y altura también se han perdido por efecto de los vientos huracanados que ocurren frecuentemente casi todos los años en las épocas de lluvias (2).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

Localización y ubicación

La zona de estudio se encuentra en el Campus Universitario y Jardín Botánico de la Universidad

Nacional de Ucayali, ubicada en el km 6 200 de la Carretera Federico Basadre, comprensión del departamento de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Manantay, cuya altura es de 150 m s.n.m., y sus límites geográficos están dados por los paralelos de 8° 23' 31" de latitud Sur y por los meridianos de 74° 34' 23" de longitud Oeste.

Clima y ecología

La precipitación se distribuye en dos épocas bien marcadas: la perhumada de octubre a marzo y la época húmeda de abril a septiembre, siendo la precipitación promedio anual de 1345 mm y la humedad relativa de 81 %, con una temperatura media anual de 25,5 °C. Según el Mapa Ecológico del Perú, el área de estudio comprende una zona de vida de bosque húmedo Tropical (bh-T).

Suelos

Los suelos son de permeabilidad lenta, drenaje moderado y sin pedregosidad; mediano a fuertemente ácidos, con bajo contenido de materia orgánica y fósforo, y alto contenido de potasio; capacidad de intercambio catiónico muy bajo; porcentaje de saturación de bases alto en el horizonte superior, y bajo en el inferior (3).

Composición florística

Entre las edificaciones del Campus Universitario, existen muchas especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de importancia económica por ser muchas de ellas ornamentales u medicinales; mucho más al interior al costado derecho de los pabellones de aulas se encuentra el Jardín Botánico, que es un bosque secundario maduro de aproximadamente 40 años, cuya área aproximada es de 5 ha (100 x 500 m), en el cual existen una gran variedad de especies arbóreas, arbustivas, palmeras, lianas y herbáceas también de mucha importancia económica por las mismas razones de las anteriores, pero aparte de ello son también de importancia maderable muchas de ellas, y se está continuamente enriqueciendo dicha área con especies propias del bosque primario.

Materiales de campo

Huinchas, tijera telescópica, tijera de podar manual, cámara fotográfica digital, prensas botánicas, cartón corrugado, papel periódico, soguillas, bolsas plásticas grandes, fichas dendrológicas, machete, libreta de campo, lápices, lapiceros, lupa manual de 10x. Material de laboratorio

Solución FAA: (25 % de formol, 25 % de alcohol de 96 ° y 50 % de agua), bandejas plásticas, secadora de plantas, estereoscopio, microscopio compuesto,

cartulinas dúplex, fichas, etiquetas, papelógrafo, reglas, bolígrafos, lápices, tijera, goma, aguja, hilo pabilo, brocha de 1", claves de identificación, bibliografía especializada, internet, estantes metálicos, etc.

Procedimientos

Trabajo de campo y de laboratorio

Para la realización del presente trabajo se observó permanentemente la vegetación en el área de estudio durante todo el año, tomando fotografías de las especies en floración y fructificación, así como la colección y herborización de las muestras botánicas en el laboratorio siguiendo los procedimientos establecidos por Lorea (4) y Lot (5).

El ejemplar que se escoge debe tener flores y/o frutos, de cada árbol o planta se toman en lo posible 3 a 5 muestras con estructuras reproductoras, dichas muestras se guardan en bolsas plásticas y se ordenan según el número que corresponda a los colectores, paralelamente en la libreta de notas se consignan fecha, lugar (país, departamento, provincia, distrito y localidad), lugar geográfico (río, cerro, quebrada, finca, hacienda, etc.), grado de abundancia y hábitat, dónde se hace la colección, altura y temperatura media, el número, el nombre vulgar del ejemplar si es posible, nombre científico o género, en caso de conocerse. Se hacen anotaciones fenológicas: si es árbol, arbusto o hierba, altura promedio, si tiene o no látex y color del mismo, composición de las hojas, estípulas, agrupación de estambres, color de las flores, si son dialipétalas, forma de la corola, forma y color del fruto. En general, se anotan todos aquellos caracteres que pueden perderse en el secado.

Al llegar al laboratorio, se debe prensar el material colectado lo antes posible, a las 3 o 5 muestras presentes en cada bolsa les corresponde un mismo número, por tratarse de una misma planta. Al ubicar la muestra en el pliego de periódico, ésta debe quedar con 1 o 2 hojas por el envés; si la muestra es grande, se dobla en V o en U, zig-zag, esto ocurre con especies latifoliadas y hojas compuestas. En caso de ser difícil mostrar más de una hoja, se cortan las restantes, dejando la base y el peciolo o pedicelo. En la margen de cada pliego se colocan con marcador las iniciales del colector y el respectivo número. Con el material prensado se organizan paquetes. Cada paquete debidamente amarrado con fibra se coloca dentro de una bolsa plástica, se procede a fumigar con alcohol puro o formol al 10 %, seguidamente se cierra la bolsa. Al llegar el material al Herbario, se somete a secado en un secador eléctrico o manual, durante 24 h. Para prensar el material que se va a tratar en el horno secador, se utilizaron prensas de madera, cartón corrugado y papel periódico, así:

entre un ejemplar y otro van dos láminas corrugadas acompañadas de dos pliegos de cartón absorbente y dos hojas de papel periódico del mismo tamaño de la prensa, lo cual favorece un rápido secado con una distribución equilibrada del calor en todo el paquete.

El material determinado pasa a la sección de montaje: aquí se usa cartulina de 30 x 40 cm, el color es elegido por el Herbario (se prefiere el color blanco), en caso de tener flores, semillas o frutos sueltos, estos se colocan en un sobre pequeño que se adhiere a la parte superior de la cartulina. El ejemplar se fija con tiras de cinta de papel o preferiblemente con puntadas de hilo. Posteriormente se elabora la etiqueta, la cual se coloca en el ángulo inferior derecho de la cartulina. Las plantas no determinadas se colocan en una sección del Herbario donde se organizan por familias con el nombre de "Material para determinar".

De los cinco ejemplares colectados se reservan dos para canje con otros Herbarios, para lo cual se destina una sección del Herbario. El material debidamente determinado por personal científico calificado, se introduce a la colección, teniendo en cuenta la familia y nombre científico.

Paralelamente la información de cada ejemplar se consigna en el fichero para especies y colectores.

Estudio taxonómico y descripciones botánicas

El proceso de identificación comienza realmente en el bosque, el colector toma nota de los aspectos más conspicuos de la planta, de aquellos que requieren para diferenciarlos de otros similares y de las características organolépticas que puedan ayudar en su reconocimiento. En el Herbario se hace primero una clasificación por familias y/o géneros; luego se realiza el estudio por taxón, comparando con el material determinado del Herbario, revisando el material bibliográfico, o dando el grupo de plantas al especialista. Debido a la falta de bibliografía especializada en nuestro medio, se concluyó el proceso de identificación en el Herbario de la UNMSM, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, y el Herbario Amazonense de la UNAP; comparando nuestras muestras botánicas con las ya existentes en dichos herbarios, así como la consulta por Internet o a especialistas, para luego hacer sus descripciones botánicas y clasificación taxonómica de acuerdo a Cronquist (6).

RESULTADOS

Sanchezia tigrina Leonard (Oreja de tigre): Pertenece a la familia de las *Acanthaceae*, es una especie ornamental que se encuentra en alguno de los Jardines del Campus de la UNU, tiene hojas variegadas con

inflorescencias en espigas y flores tubulares pequeñas de color anaranjado.

Crinum augustum Queen Emma (Lirio): Pertenece a la familia *Amarylidaceae*; son plantas ornamentales herbáceas perennes, crecen a partir de bulbos. Las hojas son planas, muy largas y arrosetadas. Flores actinomorfas, infundiliforme o rotado sumamente

turbinadas, frutos elipsoides de unos 5 cm recurvados de superficie muricada, al madurar el fruto se abre dejando ver una pulpa marrón rojiza con varias semillas; tiene abundante látex blanquecino pegajoso en toda la estructura de la planta.

Sansevieria trifasciata Prain (Lengua de tigre): De la familia *Asparagaceae*, son plantas acaulescentes;

Tabla N° 1: Estudio de la biodiversidad florística del Jardín Botánico y campus de La Universidad Nacional de Ucayali.

N°	Nombre vulgar	Familia	Nombre científico
1	Oreja de tigre	Acanthaceae	<i>Sanchezia tigrina</i> Leonard
2	Lirio	Amarylidaceae	<i>Crinum augustum</i> Queen Emma
3	Lobo sanango	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana heterophylla</i> M. Vahl
4	Lengua de tigre	Asparagaceae	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain
5	Planta fragante	Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl
6	Tahuari blanco	Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum
7	Cetico blanco	Cecropiaceae	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul
8	Cetico negro	Cecropiaceae	<i>Cecropia concolor</i> Willd.
9	Cetico colorado	Cecropiaceae	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.
10	Mentol caspi	Cecropiaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aublet
11	Sacha huiro	Costaceae	<i>Costus guanaiensis</i> var. <i>macrostrobilus</i>
12	Sacha zapallo	Cucurbitaceae	<i>Cayaponia ophthalmica</i> R. E. Schult
13	Zapallo masha	Cucurbitaceae	<i>Gurania eriantha</i> (Poepp. & Endl.) Cogn.
14	Zapallito de monte	Cucurbitaceae	<i>Gurania spinulosa</i> (Poepp. & Endl.) Cogn.
15	Caricia de suegra	Dilleniaceae	<i>Davilla nitida</i> (Vahl) Kubitzki
16	Planta de la vida	Euphorbiaceae	<i>Synadenium grantii</i> Hook
17	Shihuahuaco	Fabaceae	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.
18	Kudzu	Fabaceae	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth
19	Huayrurillo	Fabaceae	<i>Rhynchosia phaseoloides</i> (Sw.) DC.
20	Tamarindo	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.
21	Teca	Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i> L. f.
22	Pali perro	Lamiaceae	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.
23	Palta moena	Lauraceae	<i>Ocotea bofo</i> H.B.K.
24	Ciruelo de fraile	Malpighiaceae	<i>Bunchosia armeniaca</i> (Cav.) DC
25	Liana flor amarilla	Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon florosum</i> C. Anderson
26	Sacha yute	Malvaceae	<i>Urena lobata</i> L.
27	Chimicua	Moraceae	<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.
28	Cumala blanca	Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Sm.
29	Bambú gigante	Poaceae	<i>Bambusa arundinacea</i> (Retz.) Willd.
30	Chirapa sachá	Rhamnaceae	<i>Gouania lupuloides</i> (L.) Urb.
31	Capirona negra	Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth.
32	Capirona blanca	Rubiaceae	<i>Capirona decorticans</i> Spruce
33	Uña de gato blanco	Rubiaceae	<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F. Gmel.
34	Bolsa mullaca	Solanaceae	<i>Physalis angulata</i> L.
35	Anastecia caspi	Rutaceae	<i>Pilocarpus peruvianus</i> (Macbride) Kaastra
36	Bolaina negra	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.

vistosos. Las flores se hallan dispuestas en umbelas plurifloras en la extremidad de un largo escapo macizo y áfido. El fruto es una cápsula.

Tabernaemontana heterophylla M. Vahl (Lobo sanango): De la familia de las *Apocynaceae*, es un arbolito pequeño que se encuentra al final del Jardín Botánico, con hojas anisófilas, flores blanquecinas

hojas erectas linear-lanceoladas hasta 140 cm de largo y 4-10 cm de ancho, agudas, rígidas, con líneas verde oscuras transversales y bandas blanquecinas e irregulares más pálidas; los márgenes enteros, verdes o a veces amarillos. La inflorescencia racemosa de 50-80 cm de largo, flores de 3-8 en fascículos solitarios o agrupados, blanco verdosos, 15-30 mm de largo; tubo del perianto casi de 5 mm de largo, lobos lineares. EL

fruto es una baya anaranjada, con una semilla.

Dracaena fragrans (L.) Ker Gawl (Planta fragante): De la familia *Asparagaceae*, arbusto de crecimiento lento, las hojas pueden alcanzar hasta 1 m de largo por 10 cm de ancho, forman una roseta de color verde brillante con bandas rayadas de color verde claro y amarillo en el centro, pueden llegar a una altura de más de 6 m. Flores de color blanco y muy fragantes, de ahí el nombre específico de "fragrans". Son muy apreciadas por los insectos, y en el Neotrópico es visitado por unas pocas especies de colibrí como el "Amazilia lactea". Nativas de Tanzania y Zambia (7); en el pasadizo principal del Jardín Botánico de la UNU existen varios ejemplares.

Sparattosperma leucanthum (Vell) K. Schum (Tahuari blanco): Pertenece a la familia de las *Bignoniaceae*,

pedúnculo péndulo de 5-10 amentos, 30 cm de largo y 4-12 mm de grosor, subsésiles. Flores masculinas de pedúnculo corto con 40-50 amentos libres.

Cecropia concolor Willd. (Cetico negro): Es una especie pionera que se encuentra en abundancia en la parte del Jardín Botánico que se quemó hace algunos años, es muy parecida a *Cecropia engleriana* y algunos autores lo consideran que se trata de la misma especie; el cogollo de sus hojas son muy apetecidas por los perezosos.

Cecropia sciadophylla Mart. (Cetico colorado): Árbol de fuste cilíndrico y recto; ramificación simpodial hasta 25 m de alto, 30-50 cm de diámetro; anillos y aristas semicirculares a todo lo largo del fuste y ramas. Raíces zancos, hasta 1,5 m de alto. Corteza externa lenticelar; lenticelas circulares y abultadas, pardo rojizas.



Figura N° 1: De izquierda a derecha: *Sanchezia tigrina*; *Crinum augustum*; *Tabernaemontana heterophylla* (flor y fruto); Inferior izquierda (*Sansevieria trifasciata*); *Dracaena fragrans* (inflorescencia y flor); inferior derecha (*Sparattosperma leucanthum*).

árbol mediano de corteza rugosa y flores blanquecinas con un tenue color rosa hacia el interior de la garganta, podría servir como especie ornamental y también como melífera por atraer a las abejas.

Cecropia membranacea Trécul (Cetico blanco): Al igual que todas las especies del genero *Cecropia* es una planta dioica y pertenece a la familia de las *Cecropiaceae*, pero últimamente según el nuevo sistema de clasificación botánica en base al sistema APG3 lo están considerando como una *Urticaceae*; alcanza una altura de 15-20 m, fuste cilíndrico anillado de 20-50 cm de diámetro, raíces zancos hasta de 1 m de alto, ramificación simpodial, copa aparazolada muy abierta, corteza externa lenticelar. Hojas simples alternas helicoidales con 5-9 lóbulos desiguales, largamente pecioladas; estípula terminal verde brillante. Flores femeninas en fascículos de

Corteza interna fibrosa, al corte exuda ligeramente savia acuosa. Hojas simples, alternas, helicoidales, agrupadas en ramitas terminales; de 12-13 lóbulos, completamente sectados y peciolados; oblongo-alargados, anastomasados, haz verde oscuro, envés con tomento blanquecino; áspero, peltado, peciolo redondo, canaliculado tan largos como las hojas, *trichillum* ausente. Estípulas muy largas, cerca de 70 cm. Flores femeninas con 4-6 amentos subsésiles, de 8-12 cm de grosor. Inflorescencias masculinas de 8-13 amentos, de 8-12 cm de largo, perianto con indumento de pelos aracnoides blancos.

Pourouma guianensis Aublet (Mentol caspi): Esta especie posee una savia muy abundante y perfumada con un característico olor a mentol, por lo que sería recomendable hacer plantaciones de esta especie para la fabricación de ese producto.

Costus guanaiensis var. *macrostrobilus* (Caña agria o sachahuiro blanco): Pertenece a la familia de las *Costaceae*, es una especie ornamental por excelencia para jardines e interiores de casas, muy cotizada en el mercado internacional, posee unas flores blanquecinas con un ligero color rosado amarillento hacia su interior, se encuentra en abundancia en el

que en el futuro estas especies se podrían usar como ornamentales al igual que *Stigmaphyllon florosum* C. Anderson que también es una liana de flores amarillas muy atractivas, pero pertenece a la familia de las *Malpighiaceae*.

Euphorbia umbellata (Pax) Bruyns (planta de la vida



Figura N° 2: De izquierda a derecha: *Sparattosperma leucanthum* (frutos); *Cecropia membranacea* (hojas, centro inflorescencia masculina y derecha inflorescencia femenina); *Cecropia concolor* (tallo, hojas por el haz, estípula terminal y hojas por el envés e inflorescencia femenina).



Figura N° 3: De izquierda a derecha: *Cecropia sciadophylla*; Hojas e inflorescencias de *Pourouma guianensis*; parte inferior izquierda (*Costus guanaiensis*); *Cayaponia ophthalmica* (inflorescencia y frutos); último derecha (*Gurania eriantha*).

Jardín Botánico de la UNU.

Cayaponia ophthalmica R. E. Schult, *Gurania eriantha* (Poepp. & Endl.) Cogn., *Gurania spinulosa* (Poepp. & Endl.) Cogn.: Son lianas trepadoras y pertenecen a la familia de las *Cucurbitaceae*, tienen unas inflorescencias muy atractivas de color anaranjado

o lechero africano): Pertenece a la familia de las *Euphorbiaceae*, cuyo sinónimo es *Synadenium grantii* Hook.f. es una especie exótica de origen africano, tiene propiedades medicinales reconocidas desde hace mucho tiempo a nivel mundial que incluso puede curar ciertos tipos de cáncer (8). En los jardines de la UNU se lo cultiva como ornamental.

Uncaria guianensis (Aubl.) J.F. Gmel (Uña de gato blanco): Pertenece a la familia de las *Rubiaceae*, al igual que *Uncaria tomentosa* posee propiedades medicinales antiinflamatorias (9).

Pilocarpus peruvianus (Macbride) Kaastra (Anastecia

la UNU y también en el Bosque CICFOR Macuya que pertenece a la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el límite entre el departamento de Huánuco y el de Ucayali, entrando por el km 86 de la Carretera Federico Basadre y la Carretera Marginal de la Selva Fernando Belaunde Terry que va al Palcazú.



Figura N° 4: De izquierda a derecha: primera y segunda imagen (*Gurania spinulosa*); *Davilla nitida* (tercera figura); *Synadenium grantii* (arbusto lado derecho).



Figura N° 5: De izquierda a derecha: Arbolito en el Campus de la UNU y árbol centenario de *Dipteryx odorata* en el Bosque CICFOR Macuya; *Pueraria phaseoloides*; *Rhynchosia phaseoloides* (última imagen derecha).

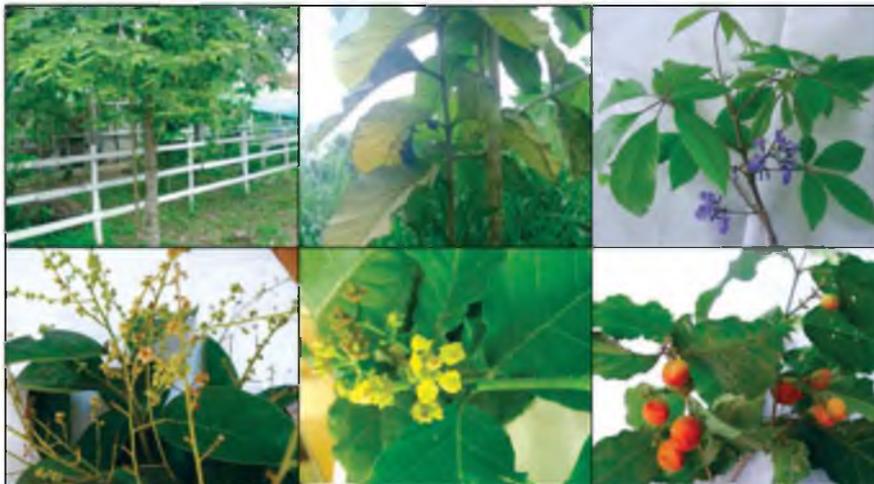


Figura N° 6: De izquierda a derecha parte superior: *Tamarindus indica*; *Tectona grandis*; *Vitex cymosa*; de izquierda a derecha parte inferior: *Ocotea bofo*; *Bunchosia armeniaca* flor amarilla y fruto rojo anaranjado lado derecho.

caspi): Pertenece a la familia de las *Rutaceae*, sus hojas y muy posiblemente también la corteza poseen un potente analgésico que al masticarlas adormece los labios y la lengua, contiene un alcaloide llamado *Pilocarpina* que se usa en oftalmología (Jan-Mar. 1991), es muy abundante en el Jardín Botánico de

Rhynchosia phaseoloides (Sw.) DC. (Huayrurillo): Pertenece a la familia de las *Fabaceae*, tiene unas semillas muy similares al del Huayruro (rojo con negro) y es muy utilizada como artesanía para hacer collares y brazaletes por las comunidades nativas que venden a los turistas.

Tamarindus indica L. (Tamarido), *Bunchosia armeniaca* (Cav.) DC (Ciruelo de fraile) y *Physalis angulata* L. (Bolsa mullaca): Sus frutos son comestibles y las especies son arbórea a excepción de la última que es herbácea, pero sus frutos que son unas pequeñas bayitas de sabor dulce poseen un alto contenido de pro vitamina A (10).

al estado natural; *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth (Kudzu) es una especie forrajera, pero en el Jardín botánico esta considerado como maleza al igual que *Urena lobata* L. y *Davilla nítida* (Vahl) Kubitzki.



Figura N° 7: Parte superior: *Stigmaphyllon floosum* (flores amarillas); *Urena lobata* flores rosadas; *Perebea xanthochyma* en fruto; *Virola pavonis* hojas; parte inferior izquierda: tronco de *Virola pavonis*; cañas de *Bambusa arundinacea*; *Calycophyllum spruceanum* de flores blancas, fuste liso verde petróleo.



Figura N° 8: Parte superior: *Gouania lupuloides*; *Capirona decorticans*; *Uncaria guianensis*; *Physalis angulata* en flor; parte inferior izquierda: *Physalis angulata* en fruto; *Pilocarpus peruvianus* en fruto; *Guazuma ulmifolia* en fruto.

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd., *Tectona grandis* L. f., *Vitex cymosa* Bertero ex Spreng., *Virola pavonis* (A. DC.) A. C. Sm., *Bambusa arundinacea* (Retz.) Willd. *Ocotea bofo* H.B.K., *Calycophyllum spruceanum* Benth., *Capirona decorticans* Spruce y *Guazuma ulmifolia* Lam.: Son especies maderables algunas de las cuales han sido reforestadas y otras han crecido

DISCUSIÓN

El Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) tiene aproximadamente 5 ha de un bosque secundario de más de 40 años, en la cual la mayor parte de sus especies son heliófitas tardías, pero existen muchos sectores en la cual ha sufrido serias

perturbaciones, ya sea causado por el fuego, caída de árboles maduros, por los vientos huracanados y también por la intervención humana, en cuyas áreas la vegetación aún es joven (especies heliófitas tempranas) y se encuentra en proceso de regeneración, y la mayor parte de sus especies son pioneras, compuestas por herbáceas, lianas, especies arbustivas y arbóreas aún jóvenes(1).

Dentro del área del Jardín Botánico, así como del Vivero Forestal y Campus de la UNU existen muchas especies vegetales que han sido plantadas ya sea por ser de importancia maderable, ornamental o medicinal, muchas de las cuales forman parte del presente estudio.

En el presente trabajo se han estudiado un total de 36 especies vegetales clasificadas en 23 familias y 33 géneros, de las cuales 5 son especies arbóreas aún muy jóvenes (5-10 años de edad) que han sido reforestadas y se encuentran en los jardines del Campus Universitario y son: *Dipteryx odorata*, *Tamarindus indica*, *Tectona grandis*, *Vitex cymosa* y *Calycophyllum spruceanum*; 3 son árboles maderables de unos 20 años de edad alguno de los cuales se encuentran en los jardines del Campus de la UNU (*Vitex cymosa*), *Capirona decorticans* (Vivero Forestal), *Guazuma ulmifolia* (costado de Hidroponía); 9 son especies arbóreas que se encuentran dentro del Jardín Botánico (*Tabernaemontana heterophylla*, *Sparattosperma leucanthum*, *Cecropia membranacea*, *C. concolor*, *C. scyadophylla*, *Pourouma guianensis*, *Ocotea bofo*, *Perebea xanthochyma* y *Virola pavonis*); 1 especie son cañas de bambú (*Bambusa arundinacea*), 3 son especies medicinales (*Euphorbia umbellata* (Pax) Bruyns, *Uncaria guianensis* y *Phyllocarpus peruvianus*); 5 son ornamentales (*Dracaena fragans*, *Sanchezia tigrina*, *Crinum augustum*, *Sansevieria trifasciata* y *Costus guanaiensis*); 3 sus frutos son comestibles (*Tamarindus indica*, *Bunchosia armeniaca* y *Physalis angulata*); 1 tienen potencial como medicinal (*Pourouma guianensis*); 2 son especies arbóreas y tienen potencial como ornamentales (*Tabernaemontana heterophylla* y *Sparattosperma leucanthum*); 4 son lianas y tienen potencial como ornamentales por sus hermosas inflorescencias (*Cayaponia ophthalmica*, *Gurania eriantha*, *Gurania spinulosa* y *Stigmaphyllon florosum*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araujo V, Velasquez F. Estudio Taxonómico de la Composición Florística del Jardín Botánico y Campus de la Universidad Nacional de Ucayali - III Etapa. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales; 2011.
2. Spichiger R, Méroz J, Loizeau P, Stutz L. Los árboles del Arboretum de Jenaro Herrera. Contribución a la Flora de la amazonia Peruana Genève: Conservatoire et jardin botaniques de Genève; 1990.
3. Castillo A. Estudio detallado de suelos de la Papelera Pucallpa S.A. Lima: Paramonga Ltda. S.A.; 1982.
4. Lorea F, Riba R. Guía para la recolección y preparación de ejemplares para Herbario de Pteridofitas México: Consejo Nacional de la Flora de México, A.C.; 1990.
5. Lot A, Chiang-Cabrera F. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos México: Consejo Nacional de la Flora de México; 1986.
6. Cronquist A. The evolution and classification of flowering plants. 2nd ed. New York: The New York Botanical Garden; 1988.
7. Wikipedia. [Online]; 2015 [cited 2015 septiembre 14]. *Dracaena fragans* [about 1 screen]. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Dracaena_fragans
8. Wikipedia. [Online]; 2015 [cited 2015 septiembre 14]. *Euphorbia umbellata* [about 1 screen]. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Euphorbia_umbellata
9. Buena Siembra. [Online]; 2011 [cited 2015 septiembre 15]. La uncaria tomentosa, sus principales propiedades [about 1 screen]. Available from: <http://buenasiembra.blogspot.pe/2011/09/la-uncaria-tomentosa-sus-principales.html>
10. Rengifo E, Vargas G. *Physalis angulata* L. (Bolsa Mullaca): Revisión de Usos Tradicionales, Química y Farmacología. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 2013; 12(5): p. 431-445.

Aprovechamiento de semillas de *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco) como producto alimenticio

Dipteryx odorata (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco) seeds as a food product

Aparicio Limache Alonzo¹
Universidad Nacional de Ucayali
apaforestal2011@hotmail.com

RESUMEN

Considerando la necesidad de contribuir a la diversificación de insumos alimenticios mediante el aprovechamiento masivo de las partes no maderables de las especies forestales tropicales con énfasis en la región Ucayali - Perú, se exploró la posibilidad de utilizar a las semillas o almendras del *Dipteryx odorata* como producto alimenticio de consumo humano. Para ello, se sometió a un análisis nutricional, determinación de contenido de minerales y se complementó con una investigación bibliográfica para identificar los antecedentes de uso y exigencias que implica su conversión en un bionegocio. Así, se determinaron la materia seca, extracto etéreo, fibra cruda y proteína cruda en 88,89 %, 19 %, 16,75 % y 1,51 % respectivamente. Al cuantificar los oligoelementos como el zinc, hierro, cobre, sodio, plomo, magnesio se encontraron valores de 39,29; 25,86; 12,36; 4,79; 3,04; 1,31 ppm respectivamente. La investigación bibliográfica, demostró que en áreas rurales dichas almendras son utilizadas en la dieta alimenticia de la población. En Europa, son consideradas gourmet básico para la coctelería e ideal para repostería exótica. Se concluye indicando que por su contenido nutricional y de minerales las almendras de shihuahuaco en cantidades pequeñas, son aptas para consumo humano. Como limitante para su aprovechamiento en bionegocio, es el contenido de plomo que requiere desarrollo de estudios previos para neutralizar su efecto nocivo que genera problemas gastrointestinales por exceso de consumo.

Palabras clave: Nutrientes, minerales, semilla de *Dipteryx odorata*.

ABSTRACT

Considering the need to extend the range of benefits of non-timber forest products from tropical species, especially, from the Ucayali region in Peru; this study aimed to explore the possibility of using *Dipteryx odorata* seeds as a food product for human consumption. Shihuahuaco seeds were subjected to nutritional and mineral content analysis, and research on the seeds' utilization, and on its requirements to transform the product into a "biobusiness", were performed. Thus, dry matter, ether extract, crude fiber and crude protein contents were 88,89 %, 19 %, 16,75 % and 1,51 % respectively. The trace elements quantification such as zinc, iron, copper, sodium, lead, magnesium reported values of 39,29; 25,86; 12,36; 4,79; 3,04; 1,31 ppm respectively. The literature search showed that in rural areas these seeds are used in the population diet. And in Europe, they are considered gourmet food ideal for exotic pastries and cocktails. It has been concluded that nutritional and mineral content of the shihuahuaco seeds make it suitable for human consumption in small quantities. The lead content is a limiting factor for the seeds' utilization as a "biobusiness", requiring further studies to neutralize its harmful effects for excess consumption which generates gastrointestinal problems.

Keywords: Nutrients, minerals, *Dipteryx odorata* seeds.

Historial del artículo:

Recibido: 3 de noviembre de 2015. Aprobado: 11 de diciembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Doctor en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible, docente asociado de la Universidad Nacional de Ucayali.

INTRODUCCIÓN

Las especies forestales de los bosques tropicales como el *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco) de la familia Fabaceae, entre otros se caracterizan por el contenido de una infinidad de compuestos bioquímicos apropiados para el aprovechamiento como insumo de productos alimenticios, industriales y medicinales tal como puntualiza Oliveros (1). Por experiencia personal, se sabe que en el área rural las almendras o semillas son utilizadas en la alimentación humana. Como tal representan un potencial económico desperdiciado por desconocimiento de su contenido de nutrientes y de minerales. Las características del fruto y de la semilla de *Dipteryx odorata*, se muestra en las figuras 1, 2 y 3.

Algunos antecedentes se reporta en Brasil, donde Fernandes motivado por el uso de las almendras en la gastronomía de los pobladores de la zona, analizó la composición química y determinó valores de lípidos entre 397 - 437 g/kg, proteínas entre 238 - 281 g/kg, aminoácidos entre 83 - 103 % (2). Indica que el almendro puede ser utilizado como fuente complementaria de proteínas y una excelente opción para dietas saludables. Fuchs confirma que en Europa la semilla del shihuahuaco (tonka), es considerado como esencia para la gastronomía, los países exportadores son Brasil y Venezuela (3).

Soares da Cruz caracterizó las propiedades moleculares de la semilla de shihuahuaco y encontró 244 g/kg de proteína sobre una base de peso seco. Las albúminas y globulinas representaron 14 y 3,3 % en peso respectivamente. La proteína total de la harina y la globulina mostró valores de digestibilidad in vitro de 85,59 % y 90,54 % con relación a la caseína. Reporta predominio de una fracción de proteína tipo legumina (4).

En relación a estudios sobre la importancia de los nutrientes, se tiene a Bugarín-Montoya que creó una metodología para estimar la acumulación diaria de materia seca en la biomasa aérea del tomate durante el período de crecimiento (5). Pérez evaluó la actividad antibacteriana de extractos metanólicos, clorofórmicos y extractos etéreos de las hojas de dos especies infestado con bacterias. Así, determinó que los etéreos no son antibacterianos (6).

De los oligoelementos, Rodríguez estudió la deficiencia de zinc y hierro en la dieta de una población de 292 menores de 15 años. Como resultado, encontró bajo consumo de dichos elementos y presencia de inhibidores de absorción (7). Bisbe afirma que el hierro intravenoso resultó útil para la mejoría de los pacientes por lo que representa una nueva terapéutica a valorar en medicina transfusional (8).



Figura N° 1: Fruto.



Figura N° 2: Semilla.



Figura N° 3: Semilla liberada del fruto.

De los gajos y corteza de la especie *Parahancornia amapa* (amapazeiro) y Apocynaceae, Henrique extrajo diclorometánico, β -sitosterol, estigmasterol, además de triterpenoides pentacíclicos, α -amirina, β -amirina, lupeol e friedelina. Del extracto metanólico de la corteza aisló el alcaloide indólico isositsiriquina (9).

En este contexto, el objetivo consistió en analizar la posibilidad de crear un bionegocio de productos alimenticios de consumo humano basado en el contenido de nutrientes y de oligoelementos de las semillas del shihuahuaco.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las semillas se recolectaron de árboles de regeneración natural localizada en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR – Macuya). En el mes de agosto se realizaron el análisis químico proximal de componentes nutricionales. Dicho trabajo fue efectuado en el Laboratorio de Productos Forestales No Maderables de la Universidad Nacional de Ucayali de la ciudad de Pucallpa.

Entre los meses de septiembre y octubre se determinó el contenido de minerales. Este trabajo se ejecutó con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú con sede en Huancayo.

El método utilizado fue la identificación, contrastación de la información. Se identificaron los elementos nutricionales más representativos y el contenido de minerales. En seguida, mediante una investigación bibliográfica, se contrastaron las funciones que cumplen cada componente en el organismo del ser humano. Finalmente, basado en los resultados, se hizo una propuesta de su utilización como insumo para

consumo alimenticio.

La investigación fue básica de tipo exploratoria no experimental, como tal no se trató de demostrar una hipótesis. Tampoco se adaptó a un Diseño Estadístico definido. Para garantizar la calidad de la información, los trabajos en Laboratorio se realizaron con tres repeticiones, de modo que los datos validados fueron los promedios.

El procedimiento consistió en seleccionar tres árboles con frutos diseminados al suelo, como tal, la recolección se hizo del suelo. Los frutos se trasladaron al laboratorio. En ésta, cada intervención fue efectuada a través de protocolos convencionales. Basado en los resultados se buscó información bibliográfica para determinar su importancia.

RESULTADOS

Componentes nutricionales de la semilla de *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd.

Como resultado del análisis químico proximal, la semilla del shihuahuaco registró alta concentración de materia seca (88,89 %), el extracto etéreo (19 %) y fibra cruda (16,75 %) alcanzaron concentración media y la proteína cruda (1,51 %) considerado como baja.

Contenido de oligoelementos

En la tabla 2, se aprecia los minerales representativos de la semilla del *Dipteryx odorata* al Zinc, Hierro y cobre con 0,39, 0,26 y 0,12 g respectivamente. Como elementos potenciales se visualiza al sodio, plomo y Magnesio con 0,05, 0,03 y 0,01 g respectivamente. El plomo se presenta como un elemento no apto para

Tabla N° 1: Componentes nutricionales de la semilla *Dipteryx odorata* (Datos expresados en %).

Muestras	Materia seca	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína cruda
I	90,20	19,51	16,67	0,94
II	88,24	18,75	16,83	1,79
III	88,24	18,75	16,76	1,79
Suma	266,67	57,01	50,26	4,52
Prom	88,89	19,00	16,75	1,51

Tabla N° 2: Oligoelementos de la semilla de *Dipteryx odorata* (Datos expresados ppm).

C	Zinc	Hierro	Cobre	Sodio	Plomo	Magnesio
I	39,81	27,01	12,38	4,81	2,94	1,72
II	39,09	25,35	12,35	4,77	3,11	1,13
III	38,99	25,23	12,35	4,81	3,07	1,06
Suma	117,88	77,59	37,07	14,38	9,11	3,92
Prom	39,29	25,86	12,36	4,79	3,04	1,31

consumo humano.

Resultados de la investigación bibliográfica

Al contrastar la relación de los componentes nutricionales de las semillas del shihuahuaco, con la información bibliográfica, se encontró antecedentes sorprendentes. Cada componente nutricional cumple una actividad especializada en el mantenimiento de la calidad de vida de los seres. En efecto, la presencia o ausencia de los nutrientes en el organismo está asociada con la vida saludable del individuo

Del mismo modo, los oligoelementos están mucho más relacionados con la salud. La deficiencia y exceso de estos elementos implica enfermedades que conduce a la muerte del individuo. El hierro, el zinc y el cobre, actúan en alianza estratégica para regular el sistema

completas y determinó el peso seco. Como resultado, notó que la planta acumuló 1003,4 g de materia seca, destinando 54 % hacia los frutos y 46 % hacia las hojas y tallos (10).

Rojas-Hernández, también demostró acumulación de materia seca en cuatro cultivares de *Brachiaria*, con base en su comportamiento agronómico a diferentes edades de corte. Como resultado obtuvo una producción de tallos de (457 kg ms ha⁻¹; P=0,05) y materia seca total (1,125 ms ha⁻¹; P=0,05). Concluye que los cultivares con mejor desempeño agronómico fueron *Brachiaria ruzizensis* X *B. brizantha*, sin diferencia en la producción de materia seca entre cultivares (11),

Por otro lado, el porcentaje de extracto etéreo del shihuahuaco fue 19 %, ésta cantidad está catalogado

Tabla N° 3: Resumen de la función de nutrientes y oligoelementos en el organismo.

Elementos	Funciones
Nutrientes	
Materia seca	Acumulación de materia seca durante el ciclo de crecimiento.
Extracto	
etéreo	Viabiliza intercambio de cationes o sustancias en el organismo.
Fibra cruda	Mejora la capacidad de absorción de moléculas orgánicas.
Proteína bruta	Interviene en la digestibilidad de los alimentos consumidos.

Tabla N° 4: Algunas funciones que cumplen los oligoelementos en el organismo.

Oligoelementos	Funciones
Zinc	Reduce la ansiedad y depresión de pacientes anoréxicos.
Hierro	Distribuye el oxígeno y evacua el CO ₂ de las células.
Cobre	Mantiene los vasos sanguíneos, los nervios, el sistema inmunitario.
Sodio	El exceso en la ingesta contribuye al desarrollo de la hipertensión.
Plomo	Produce alteraciones gastrointestinales como, náusea, vómito, diarrea.
Magnesio	Se usa en cardiología, cirugía cardíaca, anestesia, neumología y otros.

circulatorio de los individuos.

DISCUSIÓN

Contribución de los nutrientes del shihuahuaco a dietas saludables

En la tabla 1, se demuestra que el porcentaje de materia seca del shihuahuaco es 88,98 % catalogado como relativamente alto. Según Núñez, la materia seca cumple función de absorción, acumulación e intercambio o distribución de sustancias. Para demostrar su afirmación, analizó el ciclo de crecimiento del tomate midiendo semanalmente altura, número de hojas y el área foliar de la hoja madura. Cada tres semanas hizo muestreos de biomasa a plantas

como medio. En este estudio, no se determinó las sustancias que conforman dicho extracto etéreo, pero se supone que son numerosos. Por ejemplo, Abreu al estudiar el extracto etéreo de frutos de *Bromelia pinguin* L. (piña de ratón) mediante el sistema acoplado, detectó la presencia de los ácidos 2-pentenodioico, octanodioico, ftálico, cítrico, nonanodioico, 12-metiltetradecanoico, palmítico, oleico, linolénico, esteárico, 11, 14, 17-eicosatrienoico y 11, 14-eicosadienoico (12).

Bressani y Arroyave analizaron la humedad, nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda, hierro y fósforo, de 23 tipos de maíz de origen guatemalteco, mexicano y venezolano ajustando valores a una humedad promedio de 10 %. El promedio de nitrógeno fue de 1,52 % (s 0,22), el de extracto etéreo, 5,63 % (s 0,97), el de fibra cruda, 1,40 % (s 0,21), el de hierro 3,00 mg

por 100 gm (s. 0,92) y el de fósforo, 320 mg por 100 g (s 58). Se determinó que el ambiente y la genética son factores que influyen en el valor nutritivo y cantidad de elementos especialmente en cuanto al nitrógeno y al extracto etéreo (13).

También el porcentaje de fibra cruda del shihuahuaco se cataloga como medio porque según la tabla 1, llega a 16,75 %. Al igual que el extracto etéreo cumple una función importante en el organismo. Así, en un estudio sobre fracciones del tamaño de partícula de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum*, T1 (1,4 mm); T2 (1,0 mm); T3 (0,425 mm); T4 (0,180 mm). Villarreal obtuvo mejores respuestas de capacidad de absorción, retención de agua, absorción de moléculas orgánicas con el T3, con excepción de la capacidad de intercambio catiónico cuyo mejor resultado se presentó en T1 (14).

Canché-Escamilla, estudió la factibilidad de obtención de celulosa a partir de residuos agrícolas del banano (pseudo tallo y pinzote). El proceso consistió en cuatro etapas: hidrólisis ácida, cloración, extracción alcalina y blanqueo. Se obtuvo pesos moleculares de 90,000 y de 49,000 cuando se usó un pH de 9,2 y 8,4 en la etapa de cloración, respectivamente; se obtuvieron mejores rendimientos con las fibras de pinzote (15).

El porcentaje de proteína cruda del shihuahuaco, apenas llega a 1,51 %. Se sabe que este elemento es esencial para la formación de aminoácidos, coadyuva la digestibilidad y el metabolismo. Cabe indicar que el contenido de proteína bruta (PB) de los vegetales refleja su calidad como alimento saludable y ésta varía en alto grado de una especie a otra. En el caso específico del shihuahuaco, al notar escasa presencia se deduce que cumple una función limitada, por ende su calidad alimenticia también es limitada.

Al respecto, Cruz evaluó el efecto de 4 niveles de la relación proteína cruda / energía bruta (P/E = 50, 60, 70 o 80 mg prot./kcal, para niveles de proteína de = 20, 25, 30 o 35 %) y dos proporciones de proteína vegetal (soya y trigo)/ animal (pescado y camarón). Las dietas se evaluaron en camarones *L. vannamei* y *L. stylirostris*, en dos bioensayos de crecimiento de 28 días. Comprobaron que la digestibilidad de la proteína fue ligeramente inferior en *L. vannamei* comparado con *L. stylirostris* (88 vs 90 %), mientras la digestibilidad de materia seca fue mayor en *L. vannamei* que en *L. stylirostris* (70 - 79 % vs 69 - 75 %) (16).

Chirino encontró variación del contenido de proteína bruta de especies forrajeras comparadas entre un pastizal de verano con dominancia de *Digitaria californica*, otro de invierno como *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense*; el tercero con predominio de *Pappophorum caespitosum* en verano y con *Medicago minima* y *Erodium cicutarium* en invierno.

En la primera especie de verano obtuvo 14,4 % de proteína bruta (PB), en el segundo pastizal los valores fueron 8,5 % y 12,4 % de PB, respectivamente, en el tercero encontró valores de 9,8 % y 23,8 % de PB, respectivamente (17).

Función de los oligoelementos del shihuahuaco en las dietas saludables

En la tabla 2, se aprecia como minerales representativos de la semilla del *Dipteryx odorata* al zinc, hierro y cobre. Como elementos potenciales se visualiza al sodio, plomo y magnesio. Con excepción del plomo, los elementos citados son claves de las dietas saludables por ende en la salud de los comensales.

El zinc del shihuahuaco, según tabla 2 es 39,29 ppm, es el oligoelemento más representativo de mucho valor para la salud. En efecto, Rubio, afirma que el zinc tiene función cardio respiratoria y promoción de fuerza en personas sanas y en atletas, también interviene en la regulación de la presión sanguínea, actuando por lo tanto en ciertos tipos de hipertensión arterial. Una terapia con zinc aumenta la recuperación de pacientes que sufren anorexia nerviosa por incrementar la ganancia de peso y reducir la ansiedad y la depresión (18).

El hierro es otra contribución esencial de las semillas del shihuahuaco para la dieta saludable. Con los 25,86 ppm de concentración, se presenta inclusive como alternativa de una dieta medicinal cuya aplicación sería preventiva. Al respecto, Ortega, Boccio, y otros indican que el hierro es el componente de la hemoglobina que distribuye el oxígeno a las células y evacua el dióxido de carbono. Se encuentra formando dos grupos, uno es hémico y el otro no hémico, el hierro de tipo hémico, es el que forma parte de la hemoglobina, mioglobina, citocromos y muchas otras hemoproteínas. En cambio el no hémico corresponde al hierro que está formado por sales inorgánicas que contiene los alimentos de origen vegetal y en los preparados farmacéuticos (19) (20). Para Cardero la fuente de hierro son los cereales, raíces, tubérculos, carnes de aves, pescado, ácido ascórbico entre otros (21).

Al evaluar prevalencia de anemia en niños, de mujeres fértiles y gestantes, González encontró 26 % de prevalencia de anemia en niños de 1 a 6 años. El 56,2 % de los niños presentó algún grado de deficiencia de hierro (ferritina menor de 24 ng/dl). La prevalencia de anemia en la mujer en edad fértil fue de 18,9 % y en mujeres gestantes de 27,9 %. Sin embargo, según la definición de la OMS, un 58,5 % de las gestantes mostró algún grado de deficiencia (ferritina menor a 24 ng/dl) (1). Recomienda fortalecer la educación nutricional a la población, para consumir alimentos con fuentes de hierro (22).

El cobre es otro elemento importante para el organismo. El shihuahuaco según la tabla 2 contiene 12,36 ppm de Cu, valor relativamente alto por los múltiples aportes que brinda a una dieta saludable. En efecto, el cobre al igual que el hierro y el zinc, están presentes en todos los tejidos del cuerpo en especial en la sangre. Las fuentes de cobre son las ostras, los granos enteros, las legumbres, las nueces, las papas, vísceras, verduras de hoja oscura, las frutas deshidratadas, pimienta negra y otros. La deficiencia de cobre provoca osteoporosis y anemia. El exceso produce hepatitis, problemas renales, trastornos cerebrales y otros.

A fin de contar con información sobre la nutrición mineral de los bovinos para carne, la Asociación Americana de Dietética, extrajo 31 muestras de suelos, 311 de forrajes, 218 de sangre, 208 biopsias de hígado y 69 de pelo, clasificó las muestras de suelo como provenientes de dos tipos de campo "alto" y "bajo" y las de origen animal en vacas en lactancia y animales en crecimiento. Concluye que la deficiencia primaria de Cu observada corresponde a menos de 3 ppm, agravada en algunas áreas por elevados niveles de Mo y/o S (23).

También en el shihuahuaco se encontró sodio en 4,79 ppm y magnesio en 1,31 ppm. Las cantidades son aparentemente pequeñas pero la bibliografía consultada demuestra funciones de vital importancia para el organismo. En los últimos años gracias al adelanto alcanzado con los instrumentos de última generación se descubre que el consumo de ambos elementos definitivamente contribuye a una vida saludable.

Al respecto, Martínez-Ferrer investigó las concentraciones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^{+} en las aguas de consumo público y comparó con los objetivos nutricionales de estos minerales. Afirma que el agua contiene minerales, como el magnesio (mg^{2+}) y el sodio (Na^{+}), con efectos potenciales para la salud. El aumento de Na^{+} en la ingesta contribuye al desarrollo de hipertensión, mientras que el aumento del mg^{2+} se ha relacionado con una disminución de muerte súbita. Se deduce que el tipo de agua que se consume, es crucial para conservar la salud (24).

Por ejemplo, Alday da a conocer que el magnesio es empleado como fármaco con distintas indicaciones en reanimación, obstetricia, cardiología, cirugía cardíaca, tratamiento del dolor, anestesia, neumología y otros.

Finalmente el papel del magnesio en el organismo y sus propiedades farmacológicas siguen siendo objeto de estudio. Afirma que el conocimiento de sus características farmacológicas, clínicas y fisiológicas del magnesio, se ha vuelto imprescindible para el médico anestesiólogo (25).

Villegas estudió el efecto del magnesio en deportistas calificados. Se informó de un aumento de magnesio en el músculo durante el ejercicio prolongado, paralelo a su disminución en plasma, dicha disminución podría provocar convulsiones de tipo epiléptico en corredores; de hecho hubo un caso en el que fue el causante de un espasmo carpo-pedal en una tenista de 24 años durante un largo y disputado partido. Sin embargo, dosis altas de magnesio no han podido ser relacionadas con un aumento del rendimiento deportivo (26).

El plomo de las semillas del shihuahuaco, según la tabla 2 es 3,04 y según la tabla 4 tiene un efecto nocivo para la salud. Produce alteraciones gastrointestinales representadas por cólicos, diarrea, vómitos y afines. Así el plomo se visualiza como un elemento que limitaría el uso extensivo de dichas semillas en dietas saludables.

Al respecto, Ferrís afirma que la exposición crónica ocasiona alteraciones hematológicas, renales, cardiovasculares, retarda el crecimiento infantil y altera la presión sanguínea. Afecta la función reproductiva por la toxicidad testicular y de vesículas seminales, incrementa el riesgo de abortos y los lactantes presentan retraso físico y mental (27).

Análisis del contenido de nutrientes

Si se analiza la tabla 1, se verifica que las semillas del shihuahuaco en orden de importancia, concentra alta cantidad de materia seca que llega hasta 88,89 %, media de extracto etéreo 19,00 % y fibra cruda de 16,75 %, baja de proteína bruta que apenas llega a 1,5 %. Al respecto, Canché-Escamilla, Villarroel y otros confirman que los nutrientes están conformados por moléculas que absorben e intercambian diversidad de sustancias útiles para el organismo (15, 14).

Los trabajos de Abreu; Bressani y Arroyave; y Pérez confirman que los nutrientes contienen numerosos compuestos bioquímicos que coadyuvan los enlaces bioquímicos (12, 13, 6). Analizando, los trabajos reportados por Rojas-Hernández, Bugarín-Montoya y Núñez-Ramírez, se nota que los nutrientes acumulan biomasa especialmente en la etapa de crecimiento (11, 5, 10). La proteína bruta es un compuesto importante para una dieta saludable pero en la semilla del shihuahuaco no supero el 1,51 %, por tanto es insignificante.

Estos antecedentes, hace pensar que la semilla de shihuahuaco es una alternativa para utilizar como insumo de una dieta saludable para humanos. Mayor provecho se obtendría destinando a la dieta de niños en edad escolar. Ellos necesitan mayor consumo de nutrientes por encontrarse en pleno desarrollo.

Análisis del contenido de oligoelementos

En la tabla 2, se aprecia como minerales representativos de la semilla del *Dipteryx odorata* al zinc, hierro, cobre sodio, plomo y magnesio. Estos en conjunto regulan la presión sanguínea, reduce la ansiedad y la depresión de los pacientes. Por ejemplo Rubio comprobó que la prevalencia de anemia en niños presentó algún grado de deficiencia de hierro (18).

El cobre interviene en solución de problemas relacionados con el hueso. Cuando hay deficiencia provoca osteoporosis y anemia. Cuando hay exceso produce hepatitis, problemas renales, trastornos cerebrales y otros. Para Martínez-Ferrer el exceso de ingesta de sodio contribuye al desarrollo de hipertensión, mientras que el aumento del Mg^{2+} se ha relacionado con una disminución de muerte súbita (24).

Alday afirma que el magnesio es un fármaco útil para la cardiología, cirugía cardíaca, tratamiento del dolor, anestesia, neumología y otros (25). Villegas afirma que el aumento de magnesio en el organismo provoca convulsiones de tipo epiléptico (26). Todos los autores consultados coinciden en señalar que la deficiencia y el consumo en exceso siempre generan alteraciones.

Estos antecedentes confirman que el consumo de las semillas de shihuahuaco, constituye una alternativa de primer orden para consumo humano. Pues, se sabe que el consumo de oligoelementos tan importantes como el hierro, zinc y cobre, actuarán como preventivo para evitar enfermedades relacionadas con el sistema circulatorio.

Fuchs confirma que el haba tonka es la semilla del *Dipteryx odorata*, de la familia de las Fabaceae, originario del Orinoco. El nombre proviene de la lengua nativa de la Guayana francesa. Francia fue el primer país que importó estas semillas para utilizar como aromatizante del tabaco luego se convirtió en un ingrediente en repostería y cosmética. En 1868 se descubrió que contiene cumarina, un compuesto que en grandes dosis produce coagulación de la sangre. Por este motivo su uso alimentario está prohibido en EEUU, en cambio en Europa se consigue sin problemas en tiendas especializadas en especias (3).

Sin embargo, un pequeño problema es el plomo presente en las semillas del shihuahuaco, que en la tabla 2 es 3,04 ppm. Ésta en exceso produce alteraciones gastrointestinales. Por tanto, se convierte en una limitante para lanzar categóricamente a la citada semilla como insumo de dietas saludables especialmente en la Región Ucayali.

Opción de industrialización de las semillas

En resumen tanto por el contenido de nutrientes como por los oligoelementos presentes la alternativa de uso de las semillas del shihuahuaco como insumo alimenticio de humanos es una opción viable. Por el aspecto nutricional que refleja bajo contenido de proteína bruta su aporte al organismo no es contundente. Sin embargo por los oligoelementos como hierro, zinc y cobre, no cabe duda que es un buen insumo alimenticio, refuerza la propuesta de uso como alimento medicinal de tipo preventivo especialmente para personas de la tercera edad que son más propensos a enfermedades derivadas de un sistema circulatorio deficiente.

Del valor comprobado de las semillas del shihuahuaco como alimento apto para dieta alimenticia, a la industrialización o conversión de ésta en un bionegocio, existe un tramo largo que recorrer. En las condiciones de la Región Ucayali – Perú, destacan dos limitantes. La primera es el contenido de plomo y el segundo es la escasa disponibilidad de semillas en el bosque, ésta última se agrava por la estacionalidad de la cosecha.

La solución del primer limitante, es posible mediante aplicación de experimentos de descarte. Es más, a la fecha se cuenta con tecnología sofisticada para superar este problema. En cambio el segundo limitante se relaciona con la naturaleza de la especie.

En efecto, su fructificación es irregular. Al respecto, Moçambique dice que varía entre 3 a 7 años. Por árbol se cosecha entre 10 a 15 kg de semilla/año. El shihuahuaco en la actualidad es objeto de una tala indiscriminada. Su madera es objeto de exportación por ende la demanda es inusual. Cada año, los árboles de shihuahuaco en el bosque se reducen dramáticamente entre otros por tala ilegal (28).

Si se opta por una plantación forestal de shihuahuaco, su fructificación inicia mínimo a los 20 años. A nivel Perú no se cuenta con plantaciones de shihuahuaco. Lo contrario ocurrió en Venezuela y Brasil donde sus respectivos Gobiernos adoptaron en la década de 70 una política de repoblamiento de shihuahuaco. Hoy cosechan cientos de t de este producto y exportan a Europa como producto no tradicional, (3).

Por otro lado, estudios realizados en Bolivia por Gutiérrez y Silva demuestran que la densidad básica del shihuahuaco es 0,91 g/cm³, la topa en cambio tiene 0.13 g/cm³ (29). Por esta razón está catalogado como una especie de alta densidad. Según Limache, las especies de alta densidad básica, tienen alta capacidad de la captura de carbono (30).

Estas dos características visualizan la priorización

de un programa de repoblamiento agresivo de esta especie especialmente con fines de reducción de huella de carbono. Si a ello se agrega la posibilidad de aprovechamiento de sus semillas, no cabe duda que el shihuahuaco es una especie de uso múltiple que por su rápido crecimiento (3 m/año en los cinco años iniciales) podría generar riqueza inusitada.

Aporte científico del estudio

El aporte principal del estudio es redescubrir un producto nuevo para la alimentación y poner al servicio de la población por ahora de manera limitada. La propuesta se sustenta con una investigación de su contenido de nutrientes y oligoelementos. Si bien es cierto que existen antecedentes de uso, éstos se hicieron empíricamente.

Un sustento técnico complementario es la experiencia personal sobre consumo de las almendras de shihuahuaco por pobladores del área rural en la Región Ucayali, Perú. También se tiene el reporte de Fernandes, que pone en evidencia el uso de dichas almendras en la dieta alimenticia (2). Fuchs afirma que en Francia la semilla de shihuahuaco es un ingrediente gourmet básico para la coctelería y repostería exótica (3).

Determinación del contenido nutricional y de minerales de las semillas

Otro aporte del estudio es poner en evidencia el contenido de nutrientes para decidir el uso de las semillas. En efecto, sabiendo que tiene alto porcentaje de materia seca, medio de extracto etéreo y fibra cruda así como baja de proteína bruta, es posible decidir su uso. Esta constituye un fundamento para su futura industrialización.

De igual modo, sabiendo que tiene zinc, hierro y cobre en alta cantidad, ya es posible orientar el uso como alimento de personas de tercera edad que padecen de problemas en el sistema circulatorio. Sin embargo, queda establecido que no es posible industrializar las semillas sin antes controlar los efectos del plomo que es pequeña, pero dañina para la salud.

Las conclusiones respecto a este trabajo son:

Los oligoelementos de las semillas del shihuahuaco en orden de importancia son: Zinc, hierro, cobre, sodio, plomo y magnesio con 39,29, 25,86, 12,36, 4,79, 3,04, y 1,31 ppm respectivamente.

Las semillas del shihuahuaco registran 88,89 % de materia seca, 19 % de extracto etéreo, 16,75 % de fibra cruda y 1,51 % de proteína bruta.

La investigación bibliográfica demostró que tiene alto porcentaje de materia seca, media de extracto etéreo y fibra cruda pero baja en proteína. En estas condiciones su aporte a la salud es sólo para coadyuvar la absorción de moléculas orgánicas e intercambio de cationes.

Por la presencia en mayor grado del zinc, hierro y cobre, las semillas del shihuahuaco se presentan como una alternativa para insumo alimenticio de personas con problemas cardiovasculares en especial los adultos mayores.

El plomo aunque es 3,04 ppm representa un riesgo para la salud por sus antecedentes cancerígenos, antes de promover el consumo masivo de las semillas del shihuahuaco es recomendable desarrollar estudios de neutralización de este elemento.

La propuesta de uso como alimento para humanos se basa en antecedentes de uso en áreas rurales y en gastronomía de alta calidad utilizado en Europa y Estados Unidos.

El aporte principal del estudio es redescubrir un producto nuevo para la alimentación y poner al servicio de la población por su alto contenido de oligoelementos útiles para la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oliveros A, Cordero I, Paredes D, Buendía D, Domínguez F. Extracción y cuantificación de cumarina mediante HPLC-UV en extractos hidroetanólico de semillas de *Dipteryx odorata*. Revista latinoamericana de química. 2011; 39(1-2): p. 17-31.
2. Fernandes D, Freitas J, Czedera L, Naves M. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) almond from the Brazilian Savanna. J Sci Food Agric. 2010; 90(10): p. 1650 - 1655.
3. Fuchs L. Directo al paladar. [Online].; 2012 [cited 2015 Febrero 12]. Available from: <http://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/que-es-el-haba-tonka>.
4. Da Cruz KS, Da Silva MA, de Freitas O, Neves VA. Partial characterization of proteins from baru (*Dipteryx alata* Vog) seeds. J Sci Food Agric. 2011; 91(11): p. 2006 - 2012.
5. Bugarín-Montoya R, Galvis-Spinola A, Sánchez-García P, García-Paredes D. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. Terra. 2001; 20: p. 401 - 409.
6. Pérez E, Isaza G, Acosta M. Actividad antibacteriana de extractos de *Phenax rugosus* y *Tabebuia chrysantha*. Biosalud. 2007;(6): p. 59 -

- 68.
7. Rodríguez D, Papale J, Dellan G, Torres M, et al. Deficiencia de Zinc y Cobre en menores de 15 años una población rural de Venezuela. *Boletín Médico de Postgrado*. 2004; 20(2): p. 55 - 62.
 8. Bisbe E, Rodríguez C, Ruiz A, Sáez M, et al. Uso preoperatorio de hierro endovenoso. Una nueva terapéutica en medicina transfusional. *Rev. Esp. Anestesiol. Reanim*. 2005; 52(9): p. 536 - 540.
 9. Henrique , Nunomura R, Nunomura S, Silva S. Constituintes químicos aislados dos galhos e cascas de amapazeiro (*Parahancornia amapa*, Apocynaceae). *Acta amazônica*. 2014; 44(4): p. 533 - 538.
 10. Núñez-Ramírez F, Grijalva-Contreras RL, Macías-Duarte R, Robles-Contreras F, Ceceña-Duran C. Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en tomate de invernadero. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 2012; 14(3): p. 25 - 31.
 11. Rojas-Hernández S, Olivares-Pérez J, Jiménez-Guillén R, Gutiérrez-Segura I, Avilés-Nova F. Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el Tropicó. *Avances de Investigación Agropecuaria*. 2011; 15(1): p. 3 - 8.
 12. Abreu J, Miranda M, Lora J. Extracto etéreo de frutos de *Bromelia pinguin* L. (piña de ratón) por el sistema acoplado CG-EM. *Rev Cubana Farm*. 2001; 35(1): p. 25 - 30.
 13. Bressani R, Arroyave G, Scrimshaw N. EL Valor Nutritivo de las Variedades de maíz cultivadas en centro america: Nitrogeno, Extracto Etéreo, Fibra Cruda y minerales. Panamá: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá ; 2001.
 14. Villarreal M, Acevedo C, Yanez E, Biolley E. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2003; 53(4): p. 400-407.
 15. Canché-Escamilla G, De los Santos-Hernández JM, Andrade-Canto S, Gómez-Cruz R. Obtención de Celulosa a Partir de los Desechos Agrícolas del Banano. *Informacion Tecnologica*. 2005; 16(1): p. 83 - 88.
 16. Cruz-Suárez E, Antimo-Pérez J, Luna-Mendoza N, Tapia-Salazar M, Guajardo-Barbosa C, et al. Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal óptimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. Mérida: Universidad autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas; 2000.
 17. Chirino C, Norlader K, Robles M. Determinación de Proteína Bruta de algunas especies forrajeras de la Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 1988; 3(2): p. 57 - 74.
 18. Rubio C, González D, Martín-Izquierdo RE, Revert C, Rodríguez I, et al. El zinc: oligoelemento esencial. *Nutrición Hospitalaria*. 2007; 22(1): p. 101 - 107.
 19. Ortega M. Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. In *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*.; 2003; Michoacán: Secretaria de Desarrollo del Estado de Michoacán. p. 741 -748.
 20. Boccio J, Salgueiro J, Lysionek A, Zubillaga M, Goldman C, et al. Metabolismo del hierro: conceptos actuales sobre un micronutriente esencial. *ALAN*. 2003; 53(2).
 21. Cardero Y, Sarmiento R, Selva A. Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. *MEDISAN*. 2009; 13(6).
 22. González R. Biodisponibilidad del Hierro. *Revista Costarricense de Salud Pública*. 2005; 14(26): p. 11 - 22.
 23. Asociación Americana de Dietética. Postura de la Asociación Americana de Dietética y de la Asociación de Dietistas de Canada: Dietas vegetarianas. *J Am Diet Assoc*. 2009; 109: p. 1266 - 1282.
 24. Martínez-Ferrer A, Peris P, Reyes R, Guañabens N. Aporte de calcio, magnesio y sodio a través del agua embotellada y de las aguas de consumo público: implicaciones para la salud. *Medicina Clínica*. 2005; 131(17): p. 641 - 646.
 25. Alday E, Uña R, Redondo FJ, Criado A. Magnesio en Anestesia y Reanimación. *Rev. Esp. Anestesiol. Reanim*. 2005; 52: p. 222 - 234.
 26. Villegas JA, Zamora S. Necesidades nutricionales en deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte*. 1991; 8(30): p. 169 - 179.
 27. Ferris i J, García i J, López JA, García i F, Ortega JA, et al. Enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles. Aspectos pediátricos. *Rev Esp Pediatr*. 2001; 57(3): p. 213 - 225.
 28. Moçambique A, Morellato LP, Pereira A. Fenología reproductiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. *Acta Amaz*. 2008; 38(4): p. 643 - 650.
 29. Gutiérrez V, Silva J. Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia La Paz : FAO - PAFBOL; s/f.
 30. Limache A. Método no destructivo recomendable para determinar carbono almacenado por fustales en boques tropicales de la Región Ucayali - Perú. *Huancayo*; 2014.

Contaminación de alimentos marinos por cadmio en Lima, 2015

Seafood contamination by Cadmium in Lima, 2015

Gloria Marina Marín Vallejos¹

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

mmarinvallejos@yahoo.es

RESUMEN

Los objetivos fueron determinar las concentraciones de cadmio en ocho especies de alimentos marinos y comparar con los valores máximos permitidos según la Comisión de la Unión Europea en su Reglamento (CE) N° 1881/2006 y su modificatoria Reglamento (UE) N° 488/2014. La investigación fue de carácter descriptivo, transversal. Las muestras fueron de 100 g de cada ejemplar de pescado en tres oportunidades; los ejemplares fueron: jurel (*Trachurus picturatus murphyi*), langostinos (*Penaeus vannamei*), conchas abanico (*Argopecten purpuratus*), conchas blancas (*Semele sp*), choros (*Aulacomya ater*), almejas (*Gari solida*), machas (*Mesonesma donacium*) y pota (*Dosidicus gigas*) recolectadas al azar en el terminal pesquero de Villa María del Triunfo, provenientes del litoral de la región Lima, sub área 3: Chorrillos – Islas Pachacámac. El proceso de análisis se realizó por espectrofotometría de absorción atómica. Como resultados de los promedios de las concentraciones de cadmio tenemos: en pescados, jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) fue 0,35 mg/kg peso fresco; en crustáceos, langostino (*Penaeus vannamei*) fue 0,42 mg/kg peso fresco; en moluscos bivalvos tenemos conchas blancas (*Semele sp*), conchas abanico (*Argopecten purpuratus*), choros (*Aulacomya ater*), machas (*Mesonesma donacium*) y almejas (*Gari solida*) fueron 0,82 – 0,83 – 1,00 – 1,28 y 1,39 mg/kg peso fresco respectivamente. Con este estudio se concluyó que las concentraciones de cadmio en pescados, en moluscos bivalvos y cefalópodos superan los límites permitidos, pero en crustáceos no superan estos límites.

Palabras clave: Cadmio, alimentos marinos, contaminación.

ABSTRACT

The research aimed to assess cadmium levels in eight seafood species and compare them with the European Union Commission (EC) - N° 1881/2006 and its (EU) N° 488/2014 amending regulation cadmium maximum permissible limits. The study was descriptive and transversal. Samples were collected three times at the Villa María del Triunfo (Lima) fishing terminal from Pachacamac Island, Chorrillos - sub area 3 in Lima Coastal region. Seafood samples of 100 g each one consisted of: mackerel (*Trachurus picturatus murphyi*), king prawns (*Penaeus vannamei*), Peruvian scallops (*Argopecten purpuratus*), white shells (*Semele sp*), ribbed mussels (*Aulacomya ater*), clams (*Gari solida*), pink clams (*Mesonesma donacium*), Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) and were analyzed by atomic absorption spectrophotometry. As a result the cadmium average levels were; fish: mackerel (*Trachurus picturatus murphyi*) 0,35 mg / kg fresh weight; crustaceans: king prawns (*Penaeus vannamei*) 0,42 mg / kg fresh weight; bivalve molluscs: white shells (*Semele sp*), Peruvian scallops (*Argopecten purpuratus*), ribbed mussels (*Aulacomya ater*), pink clams (*Mesonesma donacium*) and clams (*Gari solida*) 0,82 – 0,83 – 1,00 – 1,28 and 1,39 mg / kg fresh weight respectively. The data shows that cadmium levels exceeded the maximum permissible limits in all samples - fish, bivalve molluscs and cephalopods, except for crustaceans.

Keywords: Cadmium, seafood, pollution.

Historial del artículo:

Recibido: 28 de agosto de 2015. Aprobado: 7 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Químico – Farmacéutica. Docente invitada de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Licenciada en Educación Secundaria, especialidad: Ciencias Biológicas y Química.

INTRODUCCIÓN

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos, se absorbe por las vías respiratoria y digestiva. Las intoxicaciones por cadmio resultan de la exposición ambiental e industrial. Además de hallarse en estas actividades profesionales, el cadmio se encuentra en algunos alimentos (especialmente bivalvos, en concentraciones del orden de 1 mg/kg), en el humo del tabaco y en el aire atmosférico de las aglomeraciones urbanas (1). El cadmio es tóxico para todos los sistemas y funciones humanas o animales. Tiende a ser almacenado en hígado, riñón y pulmones. Inhibe a las enzimas con grupos sulfhidrilo en el sitio activo (2).

La investigación se justifica porque es necesario realizar la cuantificación de cadmio en alimentos de origen marino, ya que este metal pesado es dañino y tóxico para los seres humanos, y que pueden afectar los riñones, los huesos y el sistema nervioso.

Se plantea como hipótesis de trabajo lo siguiente: los alimentos marinos exceden los límites permitidos de cadmio. Los objetivos fueron cuantificar cadmio en alimentos marinos y contrastar los resultados con los límites permitidos.

Existen diversas investigaciones con respecto al cadmio, así tenemos a Juárez (UNALM) en "Contaminación del Río Rimac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana" donde indica que los niveles de concentración anuales para cadmio son aceptables para el regadío de hortalizas; no existe impacto de contaminación por cadmio en ninguna parte de la cuenca (3). Ibárcena (UNJBG) en "Estudio de la contaminación por metales pesados en las costas de Tacna – Perú" indica que el nivel promedio de cadmio en agua de mar no representaba un riesgo para la salud y el valor en sedimentos marinos está por debajo de los límites permisibles (4). Pérez y colaboradores en "Estudio sobre el contenido de plomo, cromo y cadmio en moluscos comestibles del Golfo San Jorge (Argentina)", encuentran que los valores de cadmio y plomo hallados no superan los valores propuestos como límites máximos por la Secretaría Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (5). Frías-Espericueta y colaboradores publican un estudio denominado "Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios", señalan que se presentan concentraciones de cadmio y plomo relativamente altas, por lo cual es posible concluir que, aunque sin todavía alcanzar niveles críticos, existe un problema ambiental en esta zona del país (6). En Noruega, el Nasjonalt Institutt For Ernærings- og Sjømatforskning (NIFES) en una publicación denominada "Kadmium- og blyanalyser av kamskjell og oskjell" se analiza el

contenido de cadmio y plomo en ostiones y mejillones caballos cosechados en aguas noruegas; los análisis muestran que el contenido de cadmio excede los límites máximos de la UE (7). En España, la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria publica un estudio de "Contaminantes Químicos en dieta total en Cataluña" con la Universidad Rovira i Virgili y la Universidad de Barcelona; con este estudio se puso de manifiesto que el pescado y el marisco son los alimentos que contribuyen de forma más significativa a la ingesta de contaminantes a través de la dieta (8).

En marzo de 2011 se llevó a cabo la 73ª reunión del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), en su apéndice 1 se elimina la ISTP de 7 µg/kg de peso corporal. Para evaluar los riesgos para la salud a corto y largo plazo debido a la exposición al cadmio, la ingesta alimentaria debería evaluarse durante meses, y la ingesta tolerable debería evaluarse durante un período mínimo de 1 mes. Para fomentar este punto de vista, el Comité decide expresar la ingesta tolerable como un valor mensual en forma de una Ingesta Mensual Tolerable Provisional (IMTP). El comité establece una IMTP de 25 µg/kg de peso corporal (9). La Unión Europea mediante su reglamento (CE) Nº 1881/2006 (10) fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, en los que se incluyen pescados, como la especie jurel (*Trachurus species*), además de moluscos cefalópodos, moluscos bivalvos y crustáceos. Esta norma tuvo dos modificaciones: una en 2011 (11) y la última en 2014 mediante su modificatoria Reglamento (UE) Nº 488/2014 (12), en la cual se reduce el contenido máximo de cadmio en algunas especies de peces de 0,10 mg/kg a 0,05 mg/kg de peso fresco.

MATERIAL Y MÉTODOS

El tipo de investigación fue descriptivo y transversal.

Muestreo: Se tomaron 100 g de cada una de las muestras, en tres oportunidades diferentes; los ejemplares de pescado jurel (*Trachurus picturatus murphyi*), langostinos (*Penaeus vannamei*), conchas abanico (*Argopecten purpuratus*), conchas blancas (*Semele sp*), choros (*Aulacomya ater*), almejas (*Gari solida*), machas (*Mesonasma donacium*) y pota (*Dosidicus gigas*) fueron recolectados al azar en el terminal pesquero de Villa María del Triunfo, provenientes del litoral de la Región Lima, sub área 3: Chorrillos – Islas Pachacámac (13). Se envasaron en frascos de polietileno, y se trasladaron al laboratorio USAQ de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Método: Los análisis se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica (14).

RESULTADOS

El promedio de las concentraciones de cadmio en pescados: jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) fue 0,35 mg/kg peso fresco; en crustáceos: langostino

Comparando los límites permitidos con los valores obtenidos en las muestras tenemos los resultados que observamos en las siguientes figuras (la línea diferenciada es el contenido máximo permitido):

Con estos resultados se comprobó que la mayoría de

Tabla N° 1: Promedios de las concentraciones de cadmio en alimentos marinos.

Grupo	Especie	Promedio: mg/Kg peso fresco
Pescados	Pescado (jurel: <i>Trachurus picturatus murphyi</i>)	10,33
Crustáceos	Langostinos (<i>Penaeus vannamei</i>)	0,42
Moluscos	Conchas blancas (<i>Semele sp</i>)	0,82
bivalvos	Conchas de abanico (<i>Argopecten purpuratus</i>)	0,83
	Choros (<i>Aulacomya ater</i>)	1,00
	Machas (<i>Mesonesma donacium</i>)	1,28
	Almejas (<i>Gari solida</i>)	1,39
Moluscos cefalópodos	Pota (<i>Dosidicus gigas</i>)	1,11

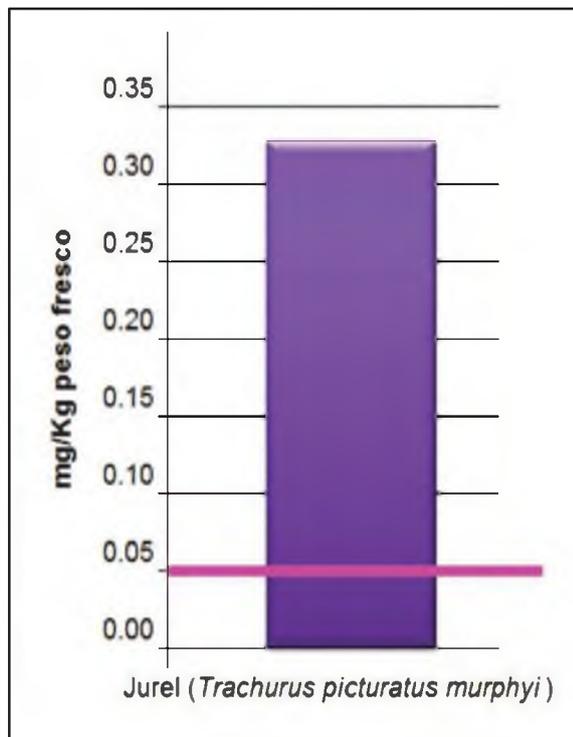


Figura N° 1: Promedio de las concentraciones de cadmio en pescados.

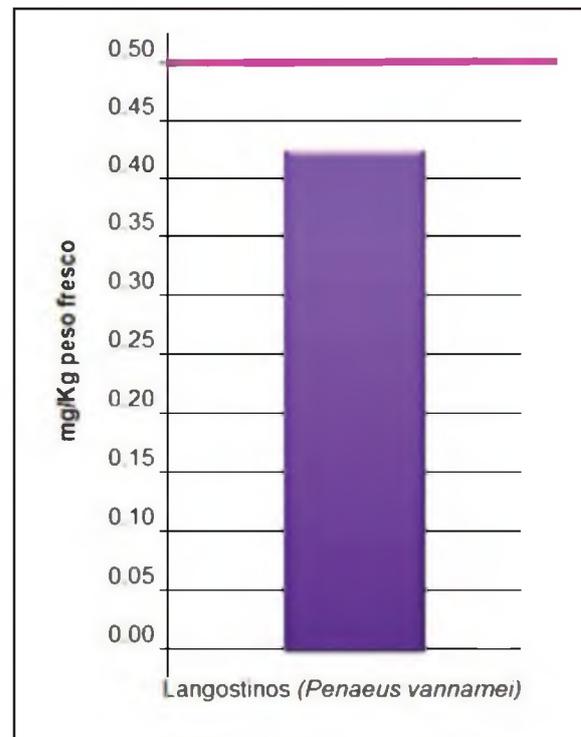


Figura N° 2: Promedio de las concentraciones de cadmio en crustáceos.

(*Penaeus vannamei*) fue 0,42 mg/kg peso fresco; en conchas blancas (*Semele sp*), conchas abanico (*Argopecten purpuratus*), choros (*Aulacomya ater*), machas (*Mesonesma donacium*) y almejas (*Gari solida*) fueron de 0,82 – 0,83 – 1,00 – 1,28 y 1,39 mg/kg peso fresco, respectivamente.

los alimentos marinos exceden los límites permitidos de cadmio.

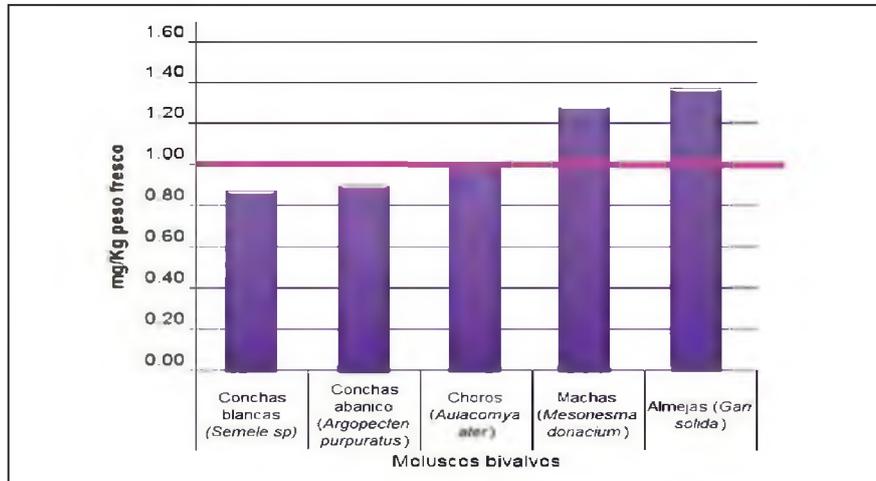


Figura N° 3: Promedio de las concentraciones de cadmio en moluscos bivalvos.

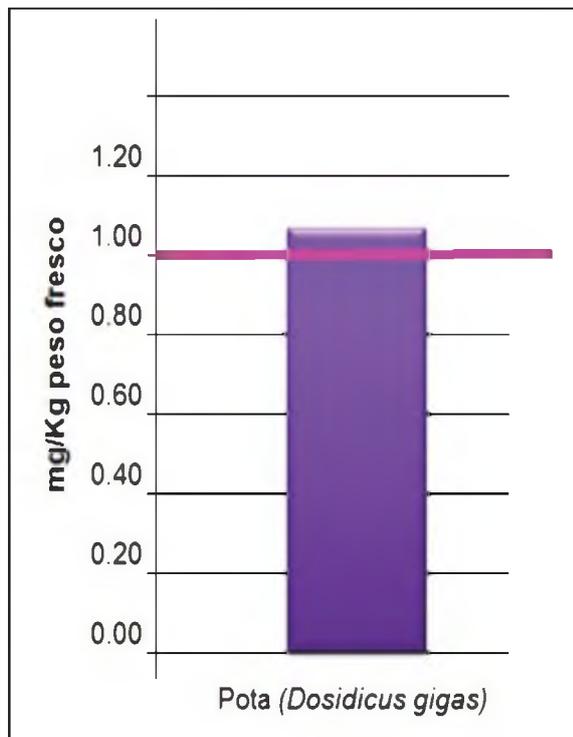


Figura N° 4: : Promedio de las concentraciones de cadmio en moluscos cefalópodos.

DISCUSIÓN

En pescados se tomó como especie de estudio al jurel (*Trachurus picturatus murphyi*), el promedio de las concentraciones de cadmio fue de 0,35 mg/kg peso fresco valor por encima de lo permitido por el Reglamento (UE) N° 488/2014 (12) que es de 0,05 mg/kg peso fresco.

En lo referente a crustáceos la especie seleccionada fue langostino (*Penaeus vannamei*). Los niveles de

cadmio fueron 0,42 mg/kg peso fresco siendo inferior al límite máximo permitido que es 0,50 mg/kg peso fresco (12).

Para moluscos bivalvos se tomaron cinco especies, pues según estudios anteriores, es en estos organismos que el cadmio se almacena en mayores concentraciones. El límite máximo es de 1,0 mg/kg peso fresco (12) y se encontraron concentraciones diferentes en especies distintas, así, en conchas blancas (*Semele sp*) y conchas abanico (*Argopecten purpuratus*) fueron 0,82 y 0,83 mg/kg peso fresco, respectivamente, valores que no superan los límites permitidos; los choros (*Aulacomya ater*) están en el límite con 1,00 mg/kg peso fresco; las machas (*Mesonesma donacium*) y almejas (*Gari solida*) con 1,28 y 1,39 mg/kg peso fresco, respectivamente, sí superaron los valores límites. Estos resultados aunque estando por encima de los límites permitidos son inferiores a los encontrados en Noruega (7) pero superiores a los de España (8).

Para contrastar moluscos cefalópodos se analizó pota (*Dosidicus gigas*) cuyo promedio fue 1,11 mg/kg peso fresco, siendo ligeramente mayor al límite permitido que es 1,00 mg/kg peso fresco (12).

Algunas conclusiones son:

Las concentraciones de cadmio en pescados superan los límites permitidos según la Comisión de la Unión Europea en su Reglamento (CE) N° 1881/2006 y modificatoria Reglamento (UE) N° 488/2014.

Las concentraciones de cadmio en crustáceos no superan los límites permitidos según la Comisión de la Unión Europea en su Reglamento (CE) N° 1881/2006 y modificatoria Reglamento (UE) N° 488/2014.

Las concentraciones de cadmio en moluscos bivalvos y moluscos cefalópodos superan ligeramente los límites

permitidos según la Comisión de la Unión Europea en su Reglamento (CE) N° 1881/2006 y modificatoria Reglamento (UE) N° 488/2014.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gisbert C. *Medicina Legal y Toxicología*. 6ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2004.
2. Valle P *Toxicología de alimentos*. México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2000.
3. Juárez H. Contaminación del Río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana. [Tesis de postgrado]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2006.
4. Ibárcena W. Estudio de la contaminación por metales pesados en las costas de Tacna - Perú. *Revista Ciencia & Desarrollo*. 2009; 11: 113-118.
5. Pérez A, Fajardo M, Strobl A, Pérez L, Piñeiro A, López C. Contenido de plomo, cromo y cadmio en moluscos comestibles del Golfo San Jorge - Argentina. *Acta Toxicol Argent*. 2005; 13(1): 20-25.
6. Frías-Espéricueta M, Osuna-López J, Izaguirre-Fierro G, Aguilar-Juárez M, Voltolina D. Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *Océánides*. 2010; 25(2): 27-39.
7. Nasjonaltinstitutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES). *Kadmium og bly i skjell – betydning for mattryggheten*. Nordes: Program for overvåkning; 2008.
8. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. *Contaminantes químicos en pescado y marisco consumido en Cataluña*. Barcelona: Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria; 2008.
9. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación & Organización Mundial de la Salud. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias del CODEX sobre los Contaminantes de los Alimentos: Documento de la 5ª reunión sobre cuestiones de interés planteadas por la FAO y la OMS y por la 73ª reunión del Comité Mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios (JECFA). La Haya: FAO/OMS; 2011. Serie de Informes Técnicos: 960.
10. Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea L364*, 20 de diciembre de 2006.
11. Unión Europea. Reglamento (UE) N° 420/2011 de la Comisión, de 29 de abril de 2011, que modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea L111*, 30 de abril de 2011.
12. Unión Europea. Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión, de 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea L138*, 13 de mayo de 2014.
13. Instituto del Mar del Perú. *Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en la región Lima entre Punta Litera – Playa Grande (Barranca y Huara de la Región Lima)*. Lima: Instituto del Mar del Perú; 2010.
14. Mauri A, Llobat M, Herráez R. *Laboratorio de análisis instrumental*. Valencia: Editorial Reverte; 2010.

Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú

Microbiological, chemical and physical parameters assessment of pressed fresh cheese produced in the Junin region, Perú

Leonor Jesús Guzmán Estremadoyro¹
Universidad Nacional del Centro del Perú
guzmanunpc@gmail.com

Noemí Amanda Mayorga Sánchez²
Universidad Nacional del Centro del Perú
namayorgas@gmail.com

Cristhian Fernando Mejía Munive³
Agroindustrias Victoria
nando_tk05@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca en la actividad lechera y la producción de derivados lácteos en la región Junín, por lo que se hace necesario que los productos tengan características adecuadas acorde a los estándares de calidad para su aceptación en el mercado nacional e internacional. Frente a la problemática de la empresa Agroindustrias Victoria de Huayao nos planteamos como objetivo general evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas del queso fresco prensado producido por Agroindustrias Victoria de Huayao - región Junín, Perú, para lo cual se tomaron muestras aleatorias del producto final, leche y agua empleada para la limpieza, así como de los utensilios y equipos. Se determinaron el pH (método electrométrico), la acidez (por titulación volumétrica), materia grasa (método de Gerber-Van Gulik), la humedad (por gravimetría), el número de coliformes totales (por el Número Más Probable), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo y *Salmonella spp.* (por recuento en placa). Los resultados obtenidos fueron: humedad 43,48 %, caracterizando al producto como queso semiduro, los valores promedios de pH (6,3) y de acidez (19,53) lo califican como de baja acidez y el contenido de materia grasa en el extracto seco 41,07 % define al producto como queso semigraso. Los resultados microbiológicos de numeración de coliformes totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo y *Salmonella spp.*, están dentro de los estándares nacionales e internacionales para el producto.

Palabras clave: Análisis microbiológico, pH, acidez, humedad, grasa, NMP, queso fresco prensado.

ABSTRACT

The present work is within the frame work of dairy activity production in Junin region, so it becomes necessary that the products have suitable characteristics according to the quality standards for acceptance in the national and international market. Addressing the Victoria of Huayao Agribusiness problem we raised as a general objective to evaluate the physical, chemical and microbiological pressed fresh cheese parameters elaborated by the Victoria of Huayao Agribusiness in Junin region, Peru. Therefore, random samples of cheese, milk, and cleaning water were taken, as well as utensils and equipment. Furthermore, pH test (electrometric method), acidity (volumetric titration), fat matter (Gerber-Van Gulik method), humidity (gravimetry), total coliforms (most probable number), *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulase positive and *Salmonella spp.* (plate count) were determined. Results obtained were: humidity 43,48 %, classifying the product as a semi-hard cheese, pH average values of (6,3) and acidity (19,53) indicated low acidity, and the fat content 41,07 % on the dry extract defined the product as a semi-fat cheese. The microbiological results of total coliforms, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulase positive and *Salmonella spp.*, found in the samples are within the National and International standards.

Keywords: Microbiology analysis, pH, acidity, humidity, fat, NMP, pressed fresh cheese.

Historial del artículo:

Recibido: 21 de septiembre de 2015. Aprobado: 2 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ing. Químico, Dra. en Ciencias de la Educación, docente de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

2 Mg. en salud pública, docente Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

3 Ing. Zootecnista.

INTRODUCCIÓN

El queso es un producto emblemático de la sierra del Perú y sus características y presentación final difieren en función del lugar donde se producen, la alimentación, razas de ganado bovino y métodos de crianza (1). A esto hay que añadir el nivel tecnológico de las plantas procesadoras y las características de maduración del producto.

Hay que resaltar que el incremento de la producción de leche a nivel regional y nacional que se viene dando en los últimos años guarda relación con el aumento de la producción de derivados lácteos como el queso, con el fin de dar un valor agregado a la leche producida. Las mayores exigencias del mercado hacen que estos productos tengan características adecuadas para cumplir con los estándares de calidad e inocuidad para su mayor aceptación.

Periago, et al (2) mencionan que la leche a utilizarse para producir quesos debe ser sometida a métodos analíticos en las plantas procesadoras, y determinar en pocos minutos su calidad de acuerdo a su composición química, sus características físicas, químicas, calidad higiénica y microbiológica, debiendo eliminar aquellas leches que no sean aptas para el tratamiento térmico.

Cristóbal y Maúrtua (3) en un estudio sobre la carga microbiana en muestras de queso fresco en un mercado de Lima, hallaron bacterias aerobias mesófilas $7,13 \times 10^6$ UFC/g; coliformes totales, $9,33 \times 10^2$ NMP/g; coliformes fecales, $8,33 \times 10^2$ NMP/g; *E. coli*, $2,63 \times 10^2$ NMP/g; *Staphylococcus aureus*, $3,13 \times 10^5$ UFC/g; *Enterococcus faecalis* $4,63 \times 10^2$ NMP/g; y *Lactobacillus spp.* $1,63 \times 10^5$ UFC/g. En general, la carga microbiana del 97,4 % de las muestras estuvo por encima de los valores máximos permitidos por las Normas Técnicas Peruanas para los diferentes microorganismos o grupos de microorganismos. Se encontró coliformes totales en el 74,2 % de las muestras, coliformes fecales (58,6 %), *E. coli* (28,1 %) y *Staphylococcus aureus* (87,2 %), concluyendo que la elevada carga microbiana en las muestras de queso analizadas refleja deficiencias higiénicas en la manipulación del queso fresco artesanal que se comercializa en los mercados estudiados.

Martínez, et al (4) al evaluar la calidad e inocuidad en quesos frescos artesanales en Cuba, encontraron un contenido de humedad por encima del 36 %, los valores de grasa y proteína fueron superiores al 30 % y 20 %, respectivamente, el conteo de coliformes totales fue superior a 5×10^3 UFC/g, el contenido de *Staphylococcus aureus coagulasa* positivo se encontró por encima de 1×10^3 UFC/g y el conteo de *Escherichia coli* mostró valores superiores a 1×10^3 UFC/g. En el 19 % de las muestras analizadas se detectó la presencia de *Salmonella spp.* y en el 14 % estaba presente

Escherichia coli O157. Las características físicas y químicas encontradas estaban en correspondencia con las normas de quesos frescos para Latinoamérica, y la contaminación microbiológica pudo estar asociada a problemas higiénicos sanitarios en su elaboración, que evidencia la deficiente calidad e inocuidad de los quesos frescos analizados.

Barrios (5) en un estudio en Guatemala sobre la calidad microbiológica de quesos frescos a base de leche no pasteurizada elaborado artesanalmente, obtuvo en el producto final >10 UFC/gr de coliformes fecales, >1 UFC/gr de *E. coli* y $>1,000$ UFC/gr de *Staphylococcus aureus*, por lo que el queso fresco fue reportado como no apto para el consumo humano según los parámetros sugeridos por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF) para coliformes fecales (<10 UFC/gr) y *E. coli* (<1 UFC/gr) y por la Normas Técnicas de Guatemala para *Staphylococcus aureus* (<100 UFC/gr).

La empresa Agroindustrias Victoria de Huayao viene trabajando en la elaboración de un queso fresco de sabor sui generis y de buena calidad, para que puedan ser distribuidos en los mercados cada vez más exigentes. Con esta finalidad, la empresa se encuentra abocada en desarrollar una fórmula quesera que le permita mejorar la calidad de su producto y está procurando estandarizar sus parámetros de calidad de procesos, ya que dentro de sus metas mediatas está la exportación de uno de sus principales productos, el queso fresco prensado. Es por ello que establece contactos con la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú, para que a través de sus laboratorios especializados se investigue y sistematice la información sobre las características físicas, químicas y microbiológicas de su producto y evaluar si cumplen los estándares establecidos, en tal sentido el problema de investigación planteado fue: ¿las características físicas, químicas y microbiológicas de los quesos frescos prensados producidos en Agroindustrias Victoria de Huayao - región Junín, se encuentran dentro de los estándares establecidos por la normatividad técnica?

El objetivo principal fue evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas del queso fresco prensado producido por Agroindustrias Victoria de Huayao - región Junín, Perú y la hipótesis de investigación formulada fue que las características físicas, químicas y microbiológicas del queso fresco prensado producido por Agroindustrias Victoria de Huayao no están dentro de los estándares establecidos en las normas técnicas.

El trabajo se justifica en el sentido de establecer y estandarizar los protocolos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas para un producto específico, en este caso el queso fresco

prensado, en base a la metodología existente, y que servirán para productos similares, bajo las condiciones de trabajo de los laboratorios de la Facultad de Zootecnia; representando el aporte principal de los autores del presente trabajo de investigación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La planta procesadora de Agroindustrias Victoria se ubica en el distrito de Huayao, provincia de Chupaca, Región Junín, realizándose los análisis en los laboratorios de Nutrición Animal y de Microbiología de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancaayo. El trabajo se realizó de marzo del 2014 a junio del 2015.

Equipos e insumos utilizados

- Para los análisis físicos y químicos: Sistema

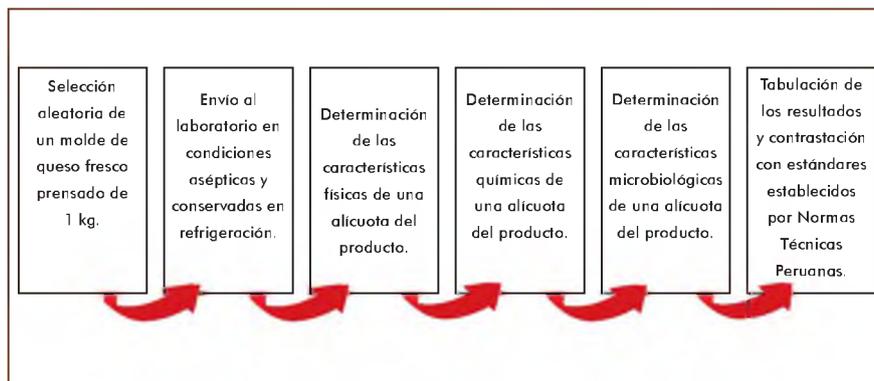


Figura N° 1: Diseño empleado para cada etapa de muestreo.

extractor Soxhlet, balanza analítica, papel filtro o dedal de celulosa, baño maría termostático, tamiz de malla de 1 mm, manto calefactor o rotavapor, material usual de laboratorio, cápsula de porcelana de 6 a 8 cm de diámetro, varilla de vidrio, estufa con ventilación y regulador de temperatura ajustada a $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, desecador con cloruro de calcio anhidro u otra sustancia deshidratante adecuada, rallador, éter etílico P.E. 40-60 $^\circ\text{C}$, NaOH 0,1 N.

- Para los análisis microbiológicos: Tubos de ensayo, campanas de Durham, pipetas, gradillas, matraces, pizetas, placas de Petri, incubadora, autoclave, microscopio, licuadora, contador de colonias tipo Quebec, balanza, colorantes y reactivos para las coloraciones microscópicas, medios de cultivo para los diferentes microorganismos.

Población, muestras y técnicas de recolección

La población fue la existencia de moldes de queso fresco prensado que se obtuvieron en un solo proceso de fabricación, es decir todos elaborados en igualdad de condiciones (60 moldes de 1 kg) en el momento de cada muestreo realizado (6). El tipo de muestreo fue proporcional y se determinó el tamaño de la muestra empleando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{2\alpha}^2 PQN}{\varepsilon^2 (N - 1) + Z^2 PQ}$$

Donde:

n = tamaño necesario de la muestra

Z = 95% de margen de confiabilidad (1,96)

P = probabilidad de la calidad del queso no esté en buenas condiciones (0,01)

Q = probabilidad de la calidad del queso este en buenas condiciones (0,99)

ε = error de estimación (0,01)

N = tamaño de la población (60)

Considerando que la población de 60 moldes de quesos producidos en cada uno de los seis muestreos realizados, fueron el resultado de un lote de fabricación, procesado conjuntamente en una tina quesera, con materia prima estandarizada y bajo las mismas condiciones de procesamiento, entonces para tener un muestreo rápido y económico, se tuvo en consideración un error de estimación de 10 %, por lo que el tamaño muestral para cada muestreo realizado fue 1 molde, el que fue elegido aleatoriamente en cada fecha de muestreo, para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Diseño de la investigación

El tipo de investigación es longitudinal de tendencia (6)

y el diseño empleado para cada etapa de muestreo (figura 1).

Metodología

a) Ensayos físicos y químicos: Para obtener la alícuota del queso, se realizó un corte desde la corteza hasta el centro de la pieza del queso, posteriormente se midió el pH [$\log (1/H+)$] por el método electrométrico, la acidez ($^{\circ}D$) por titulación volumétrica, la materia grasa (%) por el método de Gerber-Van Gulik y el contenido de humedad (%) por gravimetría.

b) Ensayos microbiológicos del queso: Las muestras

y Numeración de coliformes totales (NMP/100mL).

d) Ensayos microbiológicos del agua, utensilios y equipos de la planta procesadora: Las muestras de agua se tomaron en frascos de vidrio estériles y refrigeradas a 40 °C, para los utensilios y los equipos de la planta procesadora se hicieron hisopados en forma aséptica y colocadas en tubos de ensayo conteniendo medios de transporte y en cajas térmicas fueron transportadas al Laboratorio para la numeración de bacterias aerobias mesófilas viables (UFC/mL) y numeración de coliformes totales (NMP/100mL).

Los resultados fueron contrastados con estándares de las Normas Técnicas Peruanas y Normas Técnicas

Tabla N° 1: Características físico químicas del queso fresco prensado por muestreo.

Ensayo	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	Media	Desv. típ.
pH	6,48	6,27	6,27	6,32	6,20	6,25000	6,3117	0,09786
Acidez $^{\circ}D$	20,00	19,50	19,50	19,70	19,53	0,37771	19,8000	19,7000
% grasa (extracto seco)	41,00	41,50	41,50	40,80	41,00	40,90000	41,0660	0,25033
% humedad	43,00	450	450	42,80	43,00	43,10000	43,4800	0,85421

Tabla N° 2: Análisis microbiológico de muestras de queso fresco prensado.

No. Muestra	Fecha	Coliformes totales NMP/g	E.coli UFC/g	Staphylococcus aureus coagulasa(+) UFC/g	Num. de Salmonella/25g
1	Oct	210	(-)	(-)	(-)
2	Nov	>1100	(-)	(-)	(-)
3	Dic	210	(-)	(-)	(-)
4	Ene	>1100	(-)	(-)	(-)
5	Feb	210	(-)	(-)	(-)
6	Mar	240	(-)	(-)	(-)

fueron tomadas asépticamente en bolsas de polipropileno estériles transportadas en cajas térmicas con refrigerante al Laboratorio para su análisis. Los ensayos microbiológicos realizados fueron: Numeración de Coliformes totales (NMP/g), Numeración de Escherichia coli (UFC/g), Numeración de Staphylococcus aureus coagulosa positivo (UFC/g) y detección de Salmonella (UFC/25 g).

c) Ensayos microbiológicos de la leche: Las muestras fueron tomadas en frascos de vidrio estériles y llevadas a refrigeración a 40 °C para luego ser analizadas en el Laboratorio. Se aplicaron los siguientes ensayos microbiológicos: Numeración de bacterias aerobias mesófilas viables (UFC/mL)

Internacionales.

Análisis de datos

Se utilizó estadística descriptiva (promedios, desviación estándar, varianza) para el análisis de los resultados obtenidos así como histogramas, gráficos de barras y correlación de Pearson.

RESULTADOS

Los resultados de las características físicas y químicas del queso fresco prensado se resumen en la tabla 1.

El valor del pH en las muestras de queso, dio un promedio de 6,3117; que está dentro del rango establecido (de 5,9 a 6,7) para el tipo de queso Minas Frescal, según las normas del Ministerio de Agricultura de Brasil (7), que es el queso más semejante al queso fresco prensado. El valor promedio de 19,53 de la acidez del queso fresco, se encuentra dentro del rango de los estándares establecidos por las NTP El promedio

Los resultados del análisis microbiológico de queso fresco prensado se resumen en la siguiente tabla:

a) Coliformes totales

Los resultados obtenidos para coliformes totales en queso fresco presentan mucha variabilidad y se encuentran comprendidos dentro del rango (210 a >1100 NMP/g), las muestras 1, 3, 5 y 6 se

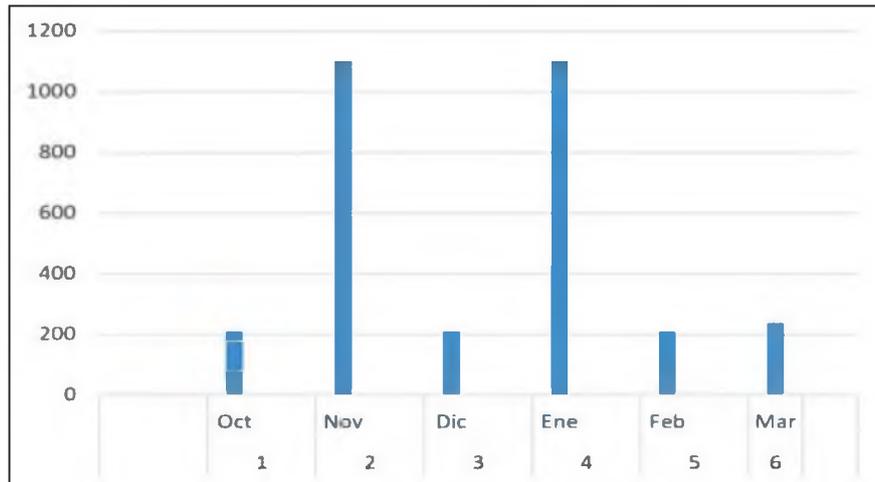


Figura N° 2: Numeración de coliformes totales NMP/g.

Tabla N° 3: Pruebas microbiológicas en leche pasteurizada, agua para la limpieza, tina de procesamiento, mesa de trabajo, utensilios y materiales de trabajo.

Nombre	Muestra	Microorganismos aerobios mesófilos viables UFC/ml	Coliformes totales NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml
Leche pasteurizada	1	23×10^2	< 3	
	2	$3,7 \times 10^2$	< 3	
	3	21×10^2	< 3	
Agua para limpieza	1		150	< 3
	2		93	< 3
Tina de procesamiento	1	(-)	< 3	
Mesa de trabajo	1	328×10^3	< 3	
Utensilios y materiales de trabajo	1	311×10^3	< 3	

del porcentaje de grasa en base seca de las muestras de queso fresco es 41,07; que está dentro del rango establecido por la NTP 202,195 (8) considerando al producto como queso semigraso. El porcentaje de humedad en las muestras de queso es ligeramente inferior al establecido en la NTP 202,195 (8) que es de ($36 \leq a < 46$) %, que caracteriza al producto como un queso semiduro.

encuentran dentro de los estándares establecidos por las Normas Técnicas Peruanas NTP 202.087 (9), mientras que las muestras 2 y 4 están por encima del límite máximo permisible. Los resultados más elevados son en los meses de noviembre y enero, debido a la falta de higiene en los utensilios de trabajo así como en la mesa de trabajo, según el resultado de los análisis realizados para cada caso,

que se aprecia en la figura 1.

b) Numeración de *Escherichia coli*

Las seis muestras de queso, resultaron negativas para *E. coli*, lo que indica que no existe contaminación fecal, por lo que se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas NTP-202,087 (9).

c) Numeración de *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo

En todas las muestras de queso procesadas no hay presencia de *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo, por lo que se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTP 202,087 (9) entonces el queso está libre de este patógeno.

d) Numeración de *Salmonella*/25g

Los resultados de las muestras procesadas para este ensayo no muestran presencia de *Salmonella*, lo que nos indica que está dentro del rango establecido en la NTP 202.087 (9), por lo que este producto está libre de este patógeno.

Los resultados del análisis microbiológico de leche pasteurizada, agua para la limpieza, tina de procesamiento, mesa de trabajo, utensilios y materiales de trabajo, se resumen en la tabla 3.

De acuerdo a los resultados y tomando en cuenta las normas establecidas para la leche pasteurizada, las tres muestras de leche se encuentran dentro de los estándares establecidos para microorganismos aerobios mesófilos viables, así como para coliformes totales.

Las muestras de agua para coliformes totales y coliformes fecales cumplen con los parámetros establecidos por las normas para aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento aprobado por el Ministerio del Ambiente.

El resultado para el análisis microbiológico de la tina de procesamiento de queso, muestra ausencia de microorganismos aerobios mesófilos viables y de coliformes totales, lo que indica que están dentro del rango establecido por las normas.

El resultado para el análisis microbiológico de la mesa de trabajo, muestra ausencia de coliformes totales, lo que indica que se encuentra dentro de los estándares establecidos para este índice; pero para los microorganismos aerobios mesófilos viables sobrepasa los límites establecidos.

Para los análisis microbiológicos de utensilios y materiales de trabajo en coliformes totales, se encuentran dentro de los límites permisibles; pero para el caso de microorganismos aerobios mesófilos viables, sobrepasan los límites permisibles.

DISCUSIÓN

Por los resultados físicos y químicos y acorde a las Normas Técnicas Peruanas el producto evaluado es un queso semigraso con una media de 41,0661 % de grasa en extracto seco. De acuerdo a la clasificación para quesos frescos hecha por el Ministerio de Agricultura de Brasil, es semejante al queso fresco Colonial que especifica un máximo de 36 % de grasa (7) aunque este autor reporta en su estudio de la composición físico-química del queso Colonial (Brasil) hasta un 58 % de grasa en extracto seco, clasificándolo como un queso graso.

Respecto a la humedad, los resultados obtenidos en Agroindustrias Victoria, están acordes a las Normas Técnicas Peruanas (10) que caracterizan al queso fresco como un queso semiduro con una humedad promedio de 43,48 %. Otras normas técnicas como la de Ecuador establecen como requisito 55 % de humedad máxima para clasificar como queso fresco semiduro, el Ministerio de Agricultura de Brasil considera valores comprendidos entre (47 - 52) % para el queso fresco Colonial (7) aunque este autor determinó una humedad entre 46 y 54,9 % para el queso Colonial producido en Brasil; Vásquez y Durán (11) evaluando el queso blanco a nivel de distribuidores en Venezuela, encontraron una gran variabilidad con una humedad entre 36,99 % - 46,37 % y lo clasifican como quesos duros.

Respecto a la acidez el valor promedio encontrado en las muestras de queso fresco prensado producido en Agroindustrias Victoria fue de 19,5333 °D y el valor promedio de pH fue 6,3117, un valor de 6,6 similar al obtenido por González (12). Los valores de pH entre 4,7 y 5,5 que se encuentran en la mayoría de los quesos pueden condicionar el desarrollo microbiano (13). Vásquez et al. (11) encontraron valores de pH entre 5,5 y 5,8 para quesos blancos en Venezuela mientras Pianta (7) para el queso tipo Colonial obtuvo un promedio de 5,82, ligeramente superior a los de otras variedades brasileñas, salvo el Minas Frescal que con un pH promedio de 6,3. Cristóbal y Maúrtua (3) determinaron el pH de las muestras de quesos frescos artesanales comercializados en Lima, Perú dentro de límites aceptables (de 4,9 a 6,5).

Para los análisis microbiológicos, las Normas Técnicas Peruanas NTP 202.087 (9), consideran los valores límites en queso fresco: coliformes de 102 a 103 NMP/g; *E. coli*, de 10 hasta 102 NMP/g; *Staphylococcus aureus* coagulasa positivos de 10 hasta 102 UFC/g y ausencia de *Salmonella* spp. en 25 g. Los resultados para coliformes totales estuvieron en el rango de 210 - >1100 NMP/g, lo que muestra una gran variabilidad de estos valores, las muestras 1, 3, 5 y 6 se encuentran dentro de los estándares, mientras que las muestras 2 y 4 están por encima de ellas.

Para *E. coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivos y para *Salmonella spp*, se tuvieron resultados negativos, por lo que se encuentran dentro de los estándares y aptos para el consumo, resultados que difieren de los obtenidos por Vásquez et al. (11), que encontraron una calidad microbiológica deficiente en las muestras de queso blanco, evidenciada por la cuantificación elevada de coliformes totales (104 UFC /g), fecales (460 x 103 UFC/g), *E. coli* (1,3 x 104 UFC/g), y *Staphylococcus aureus* (119 x 102 UFC/g), valores por encima de los estándares recomendados.

Cristóbal y Maúrtua (3) hallaron valores promedio de carga microbiana para coliformes totales 9,33 x 102 NMP/g; *E. coli* 2,63 x 102 NMP/g; *Staphylococcus aureus* 3,13 x 105 UFC/g valores por encima de lo permitido por la Norma Técnica Peruana 202.087(9) y que puede interpretarse porque el proceso de producción es menos exigente debido a su origen artesanal.

En cuanto al resultado para el análisis microbiológico de las muestras de leche, agua empleada en la limpieza, la fina de procesamiento de queso, mesas de trabajo y de los utensilios y materiales empleados en el proceso productivo, hay ausencia de coliformes totales, indicativo de un proceso productivo que cumple con las normas sanitarias. Solo para el caso de microorganismos aerobios mesófilos viables, se encontraron valores que sobrepasan los límites permitidos por las Normas Técnicas Peruanas en los casos de las mesas, utensilios y materiales de trabajo, lo cual puede representar que existe cierto nivel de contaminación debido a fallas en la desinfección del material inerte de la planta.

Nuestras conclusiones son que el queso fresco prensado producido por Agroindustrias Victoria de Huayao, Región Junín, presenta como características físicas y químicas que es un producto semiduro y semigraso, con un valor promedio de pH de 6.31 y una acidez titulable de 19,53 °D; microbiológicamente la mayor parte de las muestras tuvieron una numeración de coliformes totales dentro del rango exigido por las Normas Técnicas Peruanas y no se encontró presencia de *E. coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivos y *Salmonella spp*, siendo considerado como aptos para el consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sierra Exportadora. [Online]; 2015 [cited 2015 agosto 15]. Available from: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/quesos/variedades-del-queso/>.
2. Periago CM, Ros BG, Martínez GC, Santaella PM, Pérez CD, et al. Higiene, inspección y control alimentario. Murcia: Universidad de Murcia, Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología; 2010.
3. Cristóbal R, Maúrtua D. Evaluación bacteriológica de quesos frescos artesanales comercializados en Lima, Perú, y la supuesta acción bactericida de *Lactobacillus spp*. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health. 2003; 14(3): p. 158-164.
4. Martínez A, Villoch A, Ribot A, Ponce P Evaluación de la calidad e inocuidad de quesos frescos artesanales de tres regiones de una provincia de Cuba. Rev Salud Anim. 2013; 35(3).
5. Barrios HX. Evaluación y mejoramiento de la calidad microbiológica de queso fresco a. Tesis de pregrado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; 2006.
6. Hernández R, Fernández C, Baptista P Metodología de la Investigación. 5th ed. México: McGraw - Hill; 2010.
7. Pianta C, López-Díaz TM, García-Fernández MC. Composición físico-química del queso Colonial (Brasil). An. Vet. 2004; 20: p. 113-122.
8. INDECOPI. Norma Técnica Peruana (NTP 202.195:2004). Leche y Productos Lácteos. Queso fresco. 2004.
9. INDECOPI. Norma Técnica Peruana (NTP-202.087). Leche y Productos Lácteos Queso Fresco - 2da. edición. 2010.
10. INDECOPI. Norma Técnica Peruana (NTP 202.193:2010). Leche y Productos Lácteos. Queso. Identificación, clasificación y requisitos. 2010.
11. Vásquez N, Duran L, Sánchez C, Acevedo I. Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas. Zootecnia Trop. 2012; 30(3): p. 217-223.
12. González E. Caracterización de la composición físico química del. Tesis de pregrado. México: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2010.
13. González M. Tecnología para la elaboración de queso blanco, amarillo y yogurt. Veraguas: Secretaria Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación., Ciencia y Tecnologías de alimentos; 2002.

Aplicación del método de diseño de mezclas en la formulación de un alimento para perros

Dog food formulation applying the mixing design method

Carlos Elías Peñafiel¹
Universidad Nacional Agraria La Molina
celiasp@lamolina.edu.pe

Eliana G. Contreras López²
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
econtrerasl@unmsm.edu.pe

Antonio Obregón La Rosa³
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Ricardo Angel Yuli Posadas⁴
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue formular un alimento para perros similar a uno presente en el mercado. El alimento del mercado tomado como base declaró en su etiqueta los siguientes ingredientes: harina de pollo (mayor a 27 %), harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar y grasa de pollo. El análisis de los componentes declarado en la etiqueta del alimento base fue: 27,0 % de proteína, 10,0 % de lípidos, 3,0 % de fibra y 22,0 % de humedad. Estos componentes se usaron como restricciones en la formulación del alimento nuevo. El programa estadístico utilizado fue el Design-Expert® versión 7.0, Stat-Ease, Inc. Se utilizó un diseño de mezclas látice simplex con siete ingredientes y se analizó cuatro respuestas: proteínas, lípidos, fibra y humedad. La fórmula deducida presentó los siguientes porcentajes de los ingredientes: 27,2 % de harina de pollo, 15,2 % de harina de trigo, 13,7 % de harina de soya, 18,7 % de harina de maíz, 1,9 % azúcar, 5,0 % grasa de pollo y 14,3 % de agua. La formulación deducida alcanzó la siguiente composición: 27,0 % de proteínas, 10,0 % de lípidos, 2,2 % de fibra y 21,9 % de humedad. La harina de pollo en la fórmula deducida alcanzó un 27,16 % (satisfiriendo el requerimiento de que sea mayor a 27 %) y sobrepasó el mínimo de proteínas (18 %) recomendado por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO).

Palabras clave: Alimento para perros, diseño de mezclas, optimización.

ABSTRACT

The aim of this work was to formulate a dog food similar to a known dog food brand currently offered in the market. The ingredients labeled on the based product are: chicken meal (over 27 %), wheat flour, soy flour, cornmeal, sugar and chicken fat. A components' analysis performed to this dog food showed: 27,0 % protein, 10,0 % fat, 3,0 % fiber and 22,0 % moisture. These constituents were used as constraints in the formulation of the new dog food. Data was analyzed using the Design-Expert 7.0, Stat-Ease, Inc. statistical program. A simplex lattice mixing design with seven ingredients was used and four responses were analyzed; proteins, lipids, fiber and moisture. The deduced formulation presented the following ingredients percentages: 27,2 % chicken meal, 15,2 % wheat flour, 13,7 % soybeans, 18,7 % corn flour, 1,9 % sugar, 5,0 % chicken fat and 14,3 % water. The developed formula reached the following composition: 27,0 % protein, 10,0 % fat, 2,2 % fiber and 21,9 % moisture. Chicken meal deduced in the formula reached 27,2 % (satisfying the requirement to be over 27 %) and exceeded the minimum protein content (18 %) recommended by the Association of American Feed Control Officials (AAFCO).

Keywords: Dog food, mixture design, optimization.

Historial del artículo:

Recibido: 1 de agosto de 2015. Aprobado: 25 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ing. en Industrias Alimentarias, Mg. en Tecnología de Alimentos, Profesor principal del Dpto. de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

2 Ing. en Industrias Alimentarias, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Ing. en Industrias Alimentarias, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4 Ing. Químico, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

INTRODUCCIÓN

El potencial de crecimiento del mercado de alimentos para perros en nuestro país es alto debido a la creciente clase media con tendencia a tener mascotas (1). Hoy en el mercado encontramos una amplia variedad de marcas, desde las más económicas hasta las más costosas, tanto nacionales como importadas con diferentes tipos de insumos y calidades proteicas. Los animales pueden regular su ingesta energética en función de sus necesidades calóricas diarias, si se les permite acceder a una dieta equilibrada y moderadamente palatable, la mayoría de perros consumirán alimentos suficientes para cubrir sus necesidades energéticas diarias, sin superarlas (2).

La alimentación del perro doméstico (*Canis familiaris*) se elabora con una gran variedad de insumos, según Hodgkinson et al (3) existe una alta variación en la composición de un alimento pues son formulados utilizando muchas materias primas, existiendo grandes variaciones en la calidad de estos ingredientes,

que esto es factible aplicando el Método de Diseño de Mezclas. El alimento del mercado tomado como base declaró en su etiqueta los siguientes ingredientes: harina de pollo (mayor a 27%), harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar y grasa de pollo y el análisis de los componentes declarados en la etiqueta del alimento base fue: 27,0% de proteína, 10,0% de lípidos, 3,0% de fibra y 22,0% de humedad.

El diseño experimental de mezclas permite aplicar el criterio que la suma de las proporciones de los componentes es el 100% y la modificación de un porcentaje afecta los otros, en consecuencia, los factores experimentales son los componentes de la mezcla; y los resultados son funciones de tales proporciones y pueden optimizarse mediante la técnica del diseño de mezclas (5). López-Torres et al (6) sostiene que los puntos de un diseño lártice simplex están distribuidos uniformemente sobre toda la región simplex. Un lártice simplex para q componentes está asociado a un modelo polinomial de grado m , éste se denota como un diseño lártice simplex $\{q, m\}$. Las

Tabla N° 1: Composición de los componentes principales.

	1	2	3	4	5	6	7
Componentes	Humedad g	Prot. g	Lípidos g	Carboh. g	Fibra g	Cenizas g	Almidón g
Harina de pollo	9,0	63,0	15,0	3,0	2,5	7,5	0,0
Harina de trigo	10,0	10,5	2,0	75,6	1,5	0,4	75,6
Harina de soya	8,0	47,0	1,8	38,9	4,3	0,0	38,9
Harina de maíz	10,6	8,7	6,0	69,1	3,9	1,7	69,1
Azúcar refinada	0,6	0,0	0,0	99,2	0,0	0,2	0,0
Tejido graso	12,0	3,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agua	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

especialmente en términos de los contenidos de energía y proteína y las formulaciones de muchos alimentos para perros se basan en lograr un bajo costo, por lo cual pueden modificarse los ingredientes o sus porcentajes de participación en las mezclas cuando existen cambios en los precios de estas materias primas. Dentro de los insumos proteicos de origen animal empleados en la alimentación comercial de perros están la carne bovina, ovina y de pollo (4). La harina de pollo está compuesta de restos de aves no consumibles por el hombre, además de plumas, uñas, buche, intestinos y huesos. Las plumas tienen un 87% de proteínas, pero son de baja digestibilidad, aunque la calidad puede ser mejorada por medios físicos o químicos (4).

Para el desarrollo de nuestra investigación, se tomaron los datos de la composición de un alimento comercial para perros informado en la etiqueta con el objetivo de determinar los porcentajes de los ingredientes de la fórmula que cumplan con aportar los niveles nutricionales requeridos, partiendo de la hipótesis de

proporciones para cada uno de los q componentes son los $(m+1)$ valores igualmente espaciados de 0 a 1 definidos como:

$$X_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 ; i = 1, 2, \dots, q$$

Todas las posibles combinaciones de las proporciones que sumen la unidad definen las mezclas o los puntos utilizados en el diseño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Software: Programa Design-Expert 7.0, Stat-Ease, Inc. para el diseño de mezclas.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño de mezclas lártice simplex, para ello se evaluaron siete ingredientes (harina de pollo, harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar, tejido graso, agua), los mismos

que representaron las variables independientes (componentes), siendo las variables dependientes (respuesta): proteínas, lípidos, fibra y humedad.

Tabla de composición de alimentos: se elaboró la tabla 1, en la que se puede observar la composición de los componentes principales (7).

RESULTADOS

Componentes principales y secundarios: Los

componentes de la formulación a definir se dividieron en componentes principales y componentes secundarios. En la tabla 1 se observa la composición de cada componente principal del alimento, los mismos que sirvieron para elaborar la tabla 2 que determina el aporte de cada una de las cuarenta y un formulaciones que arrojó el programa con el modelo látxe simplex de siete componentes. Los componentes secundarios fueron definidos en función de los límites recomendados y atendiendo lo especificado en la legislación vigente, determinándose un porcentaje de 4,049, hallándose por diferencia el porcentaje de

Tabla N° 2: Porcentaje de ingredientes que componen las formulaciones y sus aportes de proteínas, lípidos, fibra y humedad.

	Componentes							Respuestas			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
	H. pollo	H. de trigo	H. soya	H. maíz	Azúcar	Tej. graso	Agua	Proteínas	Lípidos	Fibra	Humed.
1	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	10,943	50,343	0,871	16,729
2	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	28,750	1,900	2,900	9,000
3	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	31,500	7,500	1,250	54,500
4	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	33,000	50,000	1,250	10,500
5	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,500	2,000	1,500	10,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	1,500	42,500	0,000	56,000
7	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	40,943	15,343	2,121	15,229
8	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	25,000	43,400	2,150	10,000
9	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	35,850	10,500	3,200	9,800
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	3,000	85,000	0,000	12,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	3,000	85,000	0,000	12,000
12	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	14,693	8,843	1,621	15,729
13	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	23,500	0,900	2,150	4,300
14	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600
15	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	8,700	6,000	3,900	10,600
16	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,300
17	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	9,600	4,000	2,700	10,300
18	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	23,500	0,900	2,150	54,000
19	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,000	1,800	4,300	8,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	1,500	42,500	0,000	6,300
21	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	13,793	10,843	2,821	16,029
22	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	9,443	7,843	0,871	11,029
23	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	18,886	15,686	1,743	21,458
24	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,000	1,800	4,300	8,000
25	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	5,250	1,000	0,750	5,300
26	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	31,500	7,500	1,250	4,800
27	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	32,943	8,743	3,021	14,729
28	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,750	8,500	2,000	9,500
29	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	5,850	45,500	1,950	11,300
30	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	27,850	3,900	4,100	9,300
31	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	4,350	3,000	1,950	5,600
32	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,000	15,000	2,500	9,000
33	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	8,700	6,000	3,900	10,600
34	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	6,750	43,500	0,750	11,000
35	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,000	8,400	3,400	8,500
36	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,000	15,000	2,500	9,000
37	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	9,443	7,843	0,871	60,729
38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	100,000
39	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600
40	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	5,250	1,000	0,750	55,000
41	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	4,350	3,000	1,950	55,300

Tabla N° 3: Porcentajes de los pseudocomponentes principales.

	Pseudocomponentes principales	%
1	Harina de pollo	28,363
2	Harina de trigo	15,865
3	Harina de soya	14,286
4	Harina de maíz	19,565
5	Azúcar	2,000
6	Tejido graso	5,200
7	Agua	14,922
		100,000

Tabla N° 4: Componentes secundarios ajustados.

	Componentes	Componentes ajustados
	Harina de pollo	27,215
	Harina de trigo	15,223
	Harina de soya	13,708
	Harina de maíz	18,773
	Azúcar	1,919
	Tejido graso	4,989
	Agua	14,318
		96,144
		95,951

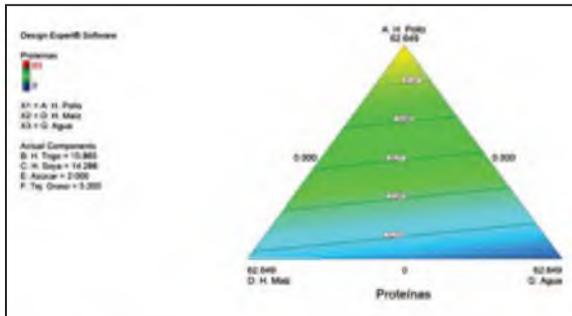


Figura N° 1: Gráfico de contornos para las proteínas.

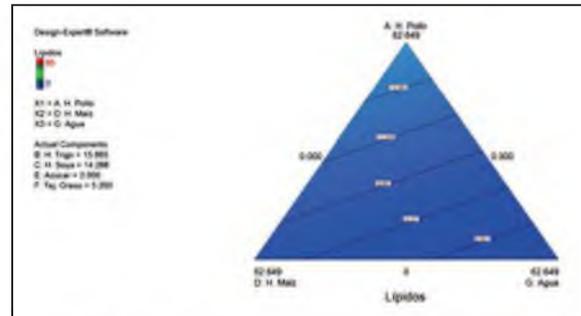


Figura N° 2: Gráfico de contornos para los lípidos.

componentes principales (95,951 %). Se determinó el porcentaje de la harina de pollo bajo la forma de pseudocomponente (28,66 %) a partir del porcentaje de componentes principales (95,951 %) y el dato de que la harina de pollo debería tener más de 27 % bajo la forma de componente: $X = 27,5 \times (100/95,951)$, determinándose así el factor de transformación $f = 100/95,951$.

El mismo factor de transformación fue utilizado para hallar el contenido de proteínas, lípidos, fibra y humedad para expresarlos como pseudocomponentes (tabla 3). Estos valores sirvieron de restricciones en el programa de diseño de mezclas.

Componentes ajustados. Los pseudocomponentes

fueron transformados a componentes y ajustados para que, sumen un total de 95,951 (tabla 4) de tal modo que sumados con los componentes secundarios alcancen un total de 100 %.

Composición de la fórmula deducida. En la tabla N° 5 se puede observar los componentes de la formulación deducida y en la tabla N° 6, la composición que arroja la fórmula deducida, en base a pseudocomponentes y componentes.

Variables de respuesta

En las figuras 1 al 4 se puede observar los gráficos de contornos de las variables respuesta en las que se

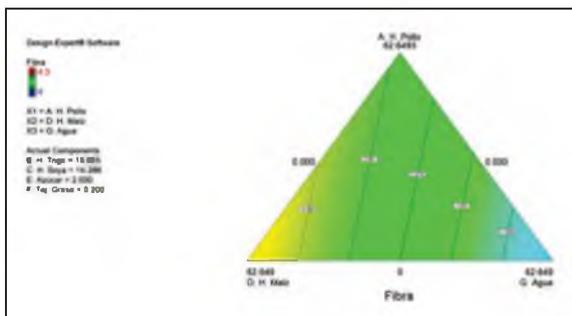


Figura N° 3: Gráfico de contornos para la fibra.

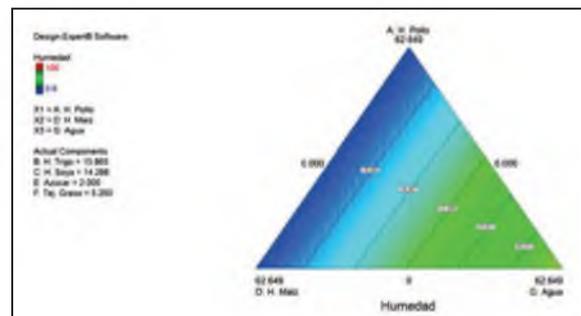


Figura N° 4: Gráfico de contornos para la humedad.

Tabla N° 5: Componentes de la formulación deducida.

Componentes Principales	%	Componentes Secundarios	%
Harina de pollo	27,160	Sal	1,400
Harina de trigo	15,192	Ajo	0,700
Harina de soya	13,680	Propilenglicol E-1520	1,500
Harina de maíz	18,735	Humo líquido	0,040
Azúcar	1,915	BHA	0,009
Tejido graso	4,979	Color caramelo	0,050
Agua	14,289	Dióxido de titanio E-171	0,100
		Color amarillo	0,050
		Sabor a carne	0,100
		Sabor a gallina	0,100
	95,951		4,049

Tabla N° 6: Composición que arroja la fórmula deducida, en base a pseudocomponentes y componentes.

	En base a los pseudo componentes	En base a los componentes	Recomendado por AAFCO (mínimo)
Proteína	28,1018	27,0	18
Lípidos	10,4172	10,0	5
Fibra	2,322	2,2	
Humedad	22,8066	21,9	

puede observar los componentes que aportan más proteínas, lípidos, fibra y humedad. En la figura 5 se observa la superficie de respuesta que satisface las restricciones impuestas, así como los porcentajes de los componentes principales de la fórmula deducida con su respectiva composición.

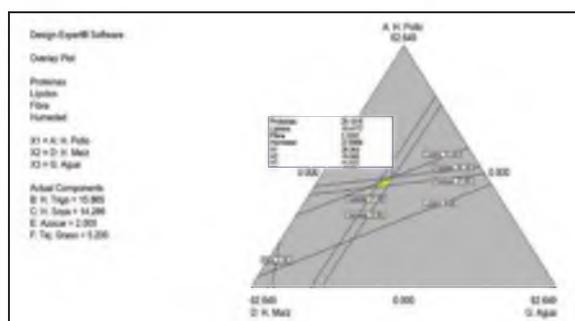


Figura N° 5: Porcentaje de los pseudocomponentes principales.

DISCUSIÓN

Cada una de las cuarenta y un formulaciones aportó proteínas, en la figura 1 se puede observar su gráfico de contornos como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo. El mayor porcentaje de proteína lo aporta la harina de

pollo. Silva et al (4) realizaron la evaluación biológica (relación de eficiencia proteica, digestibilidad verdadera, utilización neta de las proteínas y valor biológico) de tres insumos proteicos empleados en la elaboración de alimentos para perros, entre ellos la harina de pollo, resultando esta de mejor calidad proteica que la harina de carne. Respecto a la harina de pollo en la fórmula deducida, se puede observar que ésta es 27,16 %, lo que satisface el requerimiento (que sea mayor a 27 %), que además sobrepasó el mínimo de proteínas (18 %) recomendado por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO) (8).

En la figura 2 se muestra el gráfico de contornos de los lípidos como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo. El mayor porcentaje de lípidos lo aporta la harina de pollo, que cumple con los estándares recomendados por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO) para la alimentación de perros adultos (8).

Del gráfico de contornos de la fibra (figura 3), el mayor porcentaje de fibra lo aporta la harina de maíz. Los niveles elevados de fibra pueden disminuir la digestibilidad de otros nutrientes y por tanto reducir la calidad nutricional de la dieta, siendo recomendado del 1,4 al 3,5 % de fibra en alimento para perros (9); los niveles de fibra de la fórmula deducida está dentro del rango recomendado.

En la figura 4 se presenta el gráfico de contornos de la humedad como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo.

De acuerdo con el diseño experimental de mezclas, el número total de experimentos fue 41 (tabla 4). Respecto a la composición de la fórmula deducida, los porcentajes de proteínas y lípidos, 27 % y 10 % respectivamente, fueron exactamente iguales a lo declarado en la etiqueta del alimento base; en relación a la humedad de la fórmula deducida, esta fue un décimo menos en relación la fórmula base y respecto a la fibra de la fórmula deducida ésta fue 2,2 % frente al 3,0 % de la fórmula base, diferencia que podría deberse a que los ingredientes de la fórmula base fueron deshidratados con más cáscara que los de la fórmula deducida.

El diseño de mezclas ha sido empleado en el diseño de alimentos (5, 10) así como en la formulación de medicamentos (11), siendo eficiente su uso para desarrollar formulaciones nuevas, como es nuestro caso.

En conclusión, la fórmula deducida presentó los siguientes porcentajes de los ingredientes: 27,2 % de harina de pollo, 15,2 % de harina de trigo, 13,7 % de harina de soya, 18,7 % de harina de maíz, 1,9 % de azúcar, 5,0 % grasa de pollo y 14,3 % de agua, con la siguiente composición: 27,0 % de proteínas, 10,0 % de lípidos, 2,2 % de fibra y 21,9 % de humedad.

El método de diseño de mezclas es una importante herramienta para deducir formulaciones, tomando como referencia solamente lo declarado en la etiqueta del alimento base.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La Prensa.pe. [Online]; 2014 [cited 2015 febrero 03]. Available from: <http://laprensa.peru.com/economia/noticia-peruanos-gastan-us1228-millones-al-ano-comida-mascotas-23105>.
2. Carey DP Nutrición canina y felina: guía para profesionales de los animales de compañía. 2nd ed. Madrid: Ediciones Harcourt S.A; 2001.
3. Hodgkinson SM, Rosales CE, Alomar D, Boroschek D. Evaluación químico-nutricional de alimentos secos comerciales en Chile para perros adultos en mantención. Archivos de medicina veterinaria. 2004; 36(2): p. 173-181.
4. Silva W, Arbaiza T, Carcelén F, Lucas O. Evaluación biológica en ratas de laboratorio (*Rattus norvegicus*) de fuentes proteicas usadas en alimentos comerciales para perros. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2003; 14(1): p. 18-23.
5. Saltos H, Bayas A. Aplicación de un diseño experimental de mezclas en el desarrollo de una barra energética con base en el Salvado de Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K). Revista Tecnológica de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. 2010; 23(2): p. 1-8.
6. López-Torres R, Ramírez-Guzmán M, González-Cossio F, Martínez-Garza A, Espinosa-Solares T. Una región de confianza para las variables explicatorias en experimentos con mezclas utilizando calibración. Agrociencia. 2002; 36(5): p. 579-592.
7. Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F, Ganoza L. Tablas peruanas de composición de alimentos. 8th ed. Lima: Instituto Nacional de Salud; 2009.
8. Peteducation.com. [Online]; 2015 [cited 2015 febrero 03]. Available from: <http://www.peteducation.com/article.cfm?c=2+1659&aid=662>.
9. Eukanuba. Fibra un componente importante de la dieta para perros y gatos (II). Animalia. 2004; 17(166): p. 67.
10. Millán F, Ramírez J. Diseño de un texturizado multisápido a base de frutas tropicales y biopolímeros de algas. Anales de la Universidad Metropolitana de Venezuela. 2012; 12(2): p. 189-206.
11. Pinillos J, Lopera C. Elaboración de una formulación farmacéutica a través de un diseño experimental de mezclas. Vitae. 2009; 16(3): p. 338-353.

Descripción de sistemas productivos en hatos lecheros del Valle del Mantaro y factores de riesgo para la Diarrea Viral Bovina y Neosporosis

Description of production systems in dairy cattle herds in the Mantaro Valley, and risk factors associated with Bovine Viral Diarrhea and Neosporosis

Fernando Arauco Villar¹

Universidad Nacional del Centro del Perú

faraucov@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un estudio epidemiológico para describir los sistemas de producción de 37 hatos bovinos lecheros (425 vacas en producción) en cuatro provincias del Valle del Mantaro, región Junín, Perú, e identificar los factores de riesgo involucrados en la presencia de Diarrea Viral Bovina (DVB) y Neosporosis, mediante una encuesta epizootiológica y la prueba inmunodiagnóstica ELISA. Los sistemas de producción prevalentes son de tipo semi intensivo, abiertos o semi abiertos, de tipo mixto, 3 perros/establo, con componentes poco adecuados o inadecuados (instalaciones, uso de registros, manejo sanitario y reproductivo, de personal, sistemas de higiene y limpieza, manejo reproductivo); 64,8 % con uno a más de tres vacas repetidoras. El riesgo epidemiológico endógeno (alto y moderado) está presente en las cuatro provincias asociado al mayor número de casos de DVB y Neosporosis siendo menos trascendente los factores de tipo exógeno. Son factores de riesgo para DVB el sistema de producción de tipo intensivo (OR: 6,545), el uso de inseminación artificial (OR: 7,895), la presencia de ratas (OR: 5,714), y asociación positiva entre las prevalencias de DVB con vacas repetidoras y casos de abortos y nacimientos anómalos. Son factores de riesgo para Neosporosis la presencia de ratas (OR: 18,417), manejo sanitario inadecuado (OR: 7,5) y manejo inadecuado del personal (OR: 12,75), comportándose como factor de protección la crianza mixta con otras especies domésticas (OR: 0,298).

Palabras clave: Diarrea viral bovina, neosporosis, sistema de producción ganaderos, valle del mantaro, factores de riesgo.

ABSTRACT

An epidemiological study was carried out to describe the dairy cattle production systems in 37 dairy cattle herds (425 productive cows) in four Mantaro Valley provinces in Junin region, Peru. To identify the risk factors involved on (Bovine Viral Diarrhea) DVB and Neosporosis, an epizootiological survey and ELISA diagnostic testing were performed. Dairy cattle production systems prevalent are semi-intensive, open or half-open, mixed type, 3 dogs/stable, which have little appropriate components (cattle facilities, registries use, health management, staff, hygiene and cleaning systems, reproductive management); 64,8% have one to three repeat breeders. The endogenous epidemiological risk (high and moderate) is present in four provinces associated with the greater number of DVB and Neosporosis cases, being less transcendent the exogenous factors. DVB risk factors are: intensive production system (OR: 6,545), artificial insemination (OR: 7,895), rats presence (OR: 5,714), and positive association between DVB prevalences with repeat breeders and abnormal births and abortions risk. Neosporosis risk factors are: rats presence (OR: 18,417), inappropriate health management (OR: 7,5) and improper staff handling (OR: 12,75), as a protection factor the mixed breeding with other domestic species (OR: 0,298).

Keywords: Bovine Viral Diarrhea, neosporosis, production system, risk factors, odds ratio.

Historial del artículo:

Recibido: 16 de julio de 2015. Aprobado: 13 de septiembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Médico Veterinario; Mag en ; Profesor Principal del departamento académico de Ciencia Animal y Gestión Ambiental de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

INTRODUCCIÓN

El análisis de los componentes principales de los sistemas productivos ganaderos permite la identificación de aquellas variables que influyen en la productividad del hato así como en la presentación de determinadas enfermedades. La variedad de condiciones climáticas y las características de los sistemas productivos (manejo, alimentación, reproducción, etc.) generan heterogeneidad en la productividad de los hatos, donde el componente reproductivo suele ser una consecuencia de las mismas (1).

Existe la necesidad de tomar conocimiento de los sistemas de producción prevalentes en el Valle del Mantaro para poder disponer de cierta información que nos permita discriminar sus componentes y variables, los mismos que pueden ser determinantes en la presentación de enfermedades que afecten la productividad y la eficiencia reproductiva del ganado.

En el Valle del Mantaro se evaluó la prevalencia de DVB en muestras de leche encontrando una seroprevalencia muestral de 72,4 % (2) y el virus fue detectado en todos los hatos muestreados; también se encontró una prevalencia del 73 % para VDVB (virus Diarrea Viral Bovina) en muestras de leche en tanque de hatos del Valle del Mantaro (3). En vacas Brown Swiss de la SAIS Pachacútec, se reportó la presencia de anticuerpos contra *N. caninum* en 12,8 % (4) y en vacas lecheras de la margen izquierda del Valle del Mantaro, Concepción, se encontró una frecuencia de anticuerpos contra *N. caninum* de 46,7 % y todos los establos, menos uno, presentaron al menos un animal positivo a *N. caninum* (5).

El problema de investigación planteado se relaciona con el desconocimiento de los componentes de manejo, nutricional reproductivo y sanitario de los sistemas de producción practicados en los hatos bovinos lecheros del Valle del Mantaro y que pueden constituirse como factores (endógenos y exógenos) potenciales de riesgo para contraer enfermedades que afecten su eficiencia reproductiva y por consiguiente, su productividad, para lo cual se trazaron como objetivos describir y cuantificar los principales componentes de los sistemas de producción de hatos bovinos lecheros del Valle del Mantaro y evaluarlos como factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades que afecten sobre todo la reproducción, como la DVB y la Neosporosis.

La hipótesis es que los componentes de los sistemas de producción relacionados al manejo del ganado son factores importantes para el desarrollo de enfermedades en la etapa reproductiva. El reconocimiento de estos factores permitirá diseñar medidas para su control, biocontención y prevención convenientes para la ganadería lechera del Valle del Mantaro, permitiendo que el laboratorio de Sanidad

Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) pueda trabajar coordinadamente con la autoridad sanitaria y los productores en el monitoreo de estas patologías.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el estudio participaron establos de bovinos lecheros del Valle del Mantaro, Región Junín, márgenes izquierda y derecha, con diversos pisos altitudinales, en las provincias de Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja y sus zonas de influencia. La altitud oscila de 3 150 a 3 500 m s.n.m., y ubicado geográficamente a 11° 55' de latitud sur y 75° 18' de longitud oeste.

El diseño de la investigación fue descriptivo correlacional y transversal, para lo cual se seleccionaron aleatoriamente 37 hatos (Huancayo 9 hatos, Concepción 11, Jauja 9 y Chupaca 8).

Para calcular el tamaño de la muestra se consideraron las prevalencias referenciales de DVB y Neosporosis reportadas para la región Junín y el Valle del Mantaro, y se empleó la ecuación siguiente (6):

$$n = (Z \alpha / 2)^2 \frac{pq}{L^2}$$

El tamaño muestral fue de 425 animales, y el número de animales/provincia fue proporcional al tamaño poblacional de vacas de las cuatro provincias (7), obteniéndose 145, 33, 125 y 122 vacas para Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja, respectivamente.

Las muestras de sangre se obtuvieron por punción directa de la arteria coccígea media y fueron depositadas en viales de 2 ml y conservados en congelación a -20 °C hasta su procesamiento para detectar anticuerpos contra VDVB y anti *N. caninum*, usando los kits comerciales: CIVTEST Bovis BVD/BD P80, CIVTEST Bovis Neospora (Lab. Hipra) e IDEXX BVDV Total Ab y c ELISA VMRD 280-5 (Lab. Multivet).

Los laboratorios que participaron fueron la Unidad de Biología y Genética Molecular de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y el de Sanidad Animal de la Facultad de Zootecnia de la UNCP.

La encuesta epizootiológica fue aplicada a los responsables de la explotación (propietarios o administradores) para obtener información sobre las variables evaluadas, complementándose con la revisión de los registros existentes. La encuesta, previamente, fue sometida a una validación de su contenido utilizando el criterio de expertos por el método Delphi y la prueba no paramétrica de

Kendall (8). Se explicó a los encuestados los alcances del estudio, firmando la Ficha de Consentimiento Informado, en concordancia con las consideraciones bioéticas del proyecto de investigación.

Se utilizó el paquete estadístico SPSS v21, para determinar las frecuencias y porcentajes de diferentes variables, gráficos de asociación de variables y análisis de regresión logística binaria, tablas de contingencia con chi-cuadrado para el contraste de independencia y las medidas de asociación y riesgo como el Odds Ratio (OR).

RESULTADOS

No hubo diferencias en el número de hatos muestreados por provincia (DE: 1,26 y CV: 14 %). En la tabla 1 se reportan las variables evaluadas por

de las vacas tenían entre 1 y 5 años de edad, y el predominio de vacas jóvenes guarda relación con el número de lactancias, pues 70,4 % de las vacas tenían de 1 a 3 lactancias (partos). La mayoría de hatos fueron de tipo abierto (45,9 %) y semi abiertos (21,7 %). El reemplazo de vacas sólo con terneras criadas en el mismo hato se dio en 43,2 % de hatos; mientras, 56,8 % adquieren sus reemplazos de otros hatos o provienen de su mismo hato, indistintamente, sin un plan de crianza establecido para este aspecto. El 13,5 % de los productores entregan exclusivamente su producto a la empresa acopiadora Gloria S.A., 27 % lo hace a otros acopiadores formales o informales ("porongueo"), 18,9 % de productores destina la leche para autoconsumo y auto insumo (elaboración de productos lácteos) y 40,6 % utiliza dos o más opciones para el destino de su producción, de acuerdo a la ley de oferta y demanda, así como a ciertas circunstancias medioambientales.

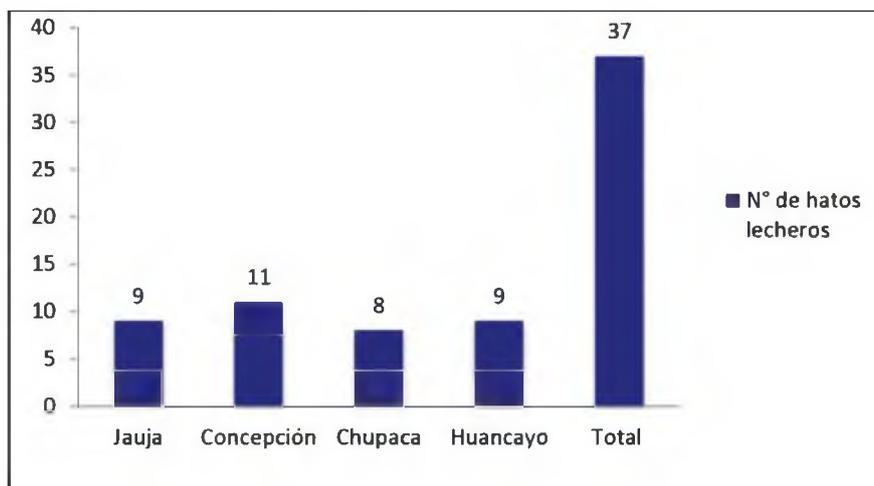


Tabla N° 1: Número de hatos lecheros evaluados por provincia en el Valle del Mantaro.

categorías y consignadas en la encuesta referidas a los diversos factores, tanto endógenos o exógenos a los hatos evaluados.

El promedio y la desviación estándar del número de servicios de IA/preñez fue $2,14 \pm 0,47$ (mínimo: 1,5 y máximo: 3,0) para vacas clínicamente sanas, es decir sin problema reproductivo evidente; 40 % de los productores declaró necesitar dos servicios/preñez (tabla 2).

Los hatos evaluados mayormente usan sistemas productivos de tipo semi intensivo (62,2 %) e intensivo (35,1 %); el 37,8 % se dedica exclusivamente a la cría de ganado bovino lechero, y el 62,2 % además cría otras especies domésticas (principalmente ovinos). La mayor parte de las vacas muestreadas fueron de raza Brown Swiss, seguido por Holstein y en menor cantidad fue ganado cruzado y criollo. El 64,4 %

El 27,1 % de los establos encuestados poseen instalaciones que reúnen las condiciones adecuadas mínimas para un buen manejo y salud del hato pero 72,9 % son poco adecuadas o inadecuadas, asimismo en el 89,2 % de los establos las prácticas de higiene de las instalaciones son poco adecuadas o inadecuadas.

El 56,8 % de los establos están localizados en las inmediaciones o en los mismos centros poblados. Asimismo el 29,7 % utiliza agua potable de la red pública como fuente de agua de bebida para sus animales, y los hatos más alejados de las zonas urbanas utilizan puquiales, acequias de regadío; la mayoría (51,4 % de los hatos) emplea dos o más fuentes de agua.

El 100 % de los productores encuestados reportó presencia de ratas en sus establecimientos, de manera ocasional o permanente; 51,4 % reportó la presencia

Tabla N° 1: Variables categorizadas y evaluadas.

Variable	Categoría	N°	%
Sistema de Producción	Semi intensivo	23	62,2
	Intensivo	13	35,1
	Extensivo	1	2,7
Tamaño del hato (número de vacas)	11-30	16	43,3
	Más de 60	10	27,0
	1-10	6	16,2
	31-60	5	13,5
Razas y tipos raciales de bovinos	Brown Swiss	189	44,4
	Holstein	115	27,1
	Cruzado	90	21,2
	Criollo	30	7,1
	Otra raza	1	0,2
Edad (años) por rangos de las vacas evaluadas	>3 - 5	148	34,8
	>1 - 3	126	29,6
	>5 - 7	85	20,0
	>7	66	15,5
Número de lactancias (partos) de las vacas evaluadas	1 - 3	299	70,4
	>3 - 5	82	19,3
	>5 - 7	35	8,2
	>7	9	2,1
Tipo de hato	Abierto	17	45,9
	Cerrado	12	32,4
	Semi abierto	8	21,7
Origen de los reemplazos	De otro hato	1	2,7
	Propio	16	43,2
	Ambos	20	54,1
Tipo de crianza	Solo bovinos	14	37,8
	Mixta (bovinos y otras especies)	23	62,2
Crianza de otras especies	Ovinos	15	65,2
	Más de dos especies	7	30,4
	Camélidos	1	4,3
Colindancia con centro poblado	Si	21	56,8
	No	16	43,2
Presencia de animales silvestres	Varias especies (incluyendo ratas)	19	51,4
	Solo ratas	18	48,6
Suministro de alimentación complementaria y suplementaria	Si	19	51,4
	No	10	27,0
	Ocasionalmente	8	21,6
Fuente de agua de bebida	Más de dos fuentes	19	51,4
	Potable de red pública	11	29,7
	Puquio	6	16,2
	Acequia	1	2,7
Tipo de ordeño	Manual	19	51,4
	Mecánico	18	48,6

Variable	Categoría	N°	%
Frecuencia de ordeños/día	2	34	91,9
	1	3	8,1
Destino de la producción láctea	Dos o más opciones	15	40,6
	Porongueo	10	27,0
	Empresa Gloria	5	13,5
	Autoinsumo	4	10,8
	Autoconsumo	3	8,1
Tipo de reproducción	Inseminación artificial (IA)	18	48,7
	Ambos (IA/MN)	11	29,7
	Monta natural (MN)	8	21,6
Tipo de semen empleado en la Inseminación Artificial (IA)	Importado y nacional	12	41,4
	Nacional	10	34,4
	Importado	7	24,2
Uso de registros de ganadería (de producción, reproducción y sanidad)	No lleva ningún tipo de registros	17	45,9
	De producción y reproducción	14	37,8
	Lleva todos los registros	5	13,6
	Solo registros productivos	1	2,7
Procedimientos de eliminación de restos placentarios	Malo	26	70,3
	Bueno	10	27,0
	Excelente	1	2,7
Tipo de instalaciones	Inadecuado	14	37,8
	Poco adecuado	13	35,1
	Adecuado	10	27,1
Higiene de instalaciones	Inadecuado	18	48,6
	Poco adecuado	15	40,6
	Adecuado	4	10,8
Manejo sanitario del hato	Inadecuado	18	48,6
	Poco adecuado	13	35,2
	Adecuado	6	16,2
Manejo del personal de ganadería	Poco adecuado	19	51,4
	Inadecuado	16	43,2
	Adecuado	2	5,4
Casos de retención de placenta y metritis/último año	De 1 - 3	16	43,3
	No hay casos reportados	12	32,4
	>3	9	24,3
Abortos y nacimientos anómalos/último año	Abortos	15	40,5
	Abortos y nacimientos anómalos	12	32,5
	No hubo casos reportados	8	21,6
	Nacimientos anómalos	2	5,4
Presencia de vacas repetidoras/último año	1 - 3	13	52,0
	>3	11	44,0
	No hay casos	1	4,0
Causales de saca del ganado	Edad	16	43,2
	Dos o más causas	16	43,2
	Problemas reproductivos	3	8,1
	Baja producción	2	5,5

ocasional, además de estos roedores, de otras especies de animales silvestres dentro del predio (aves silvestres, venados, zorros, etc.).

Un porcentaje importante de productores (48,6 %) utiliza el ordeño mecánico aunque 51,4 % utiliza todavía el ordeño manual, muchos de ellos con ternero al pie, y la mayoría (91,9 %) realiza dos ordeños al día (2X).

En el 73 % de hatos se suministra alimentación complementaria/suplementaria (concentrado, sales minerales, ensilado/heno) al ganado, algunos de manera sistemática como parte de su manejo, pero en su mayoría de manera ocasional dependiendo de su disponibilidad y asequibilidad, sobre todo en períodos de estiaje donde suele escasear el forraje; un 27 % de los productores declaró que solo alimentaban a sus vacas en producción con pastoreo, y esto se aprecia en pequeños productores y los ubicados en zonas más altas.

Tabla N° 2: Número de servicios/preñez.

N° servicios/preñez	Frecuencia	%
1,5	2	8,0
1,6	1	4,0
1,8	4	16,0
2,0	10	40,0
2,1	1	4,0
2,5	2	8,0
2,6	1	4,0
3,0	4	16,0
Total	25	100,0

El 48,7 % utiliza de manera exclusiva y sistemática la inseminación artificial (con semen nacional o importado) y 29,7 % usa tanto la monta natural (MN) o la inseminación artificial (IA), de acuerdo a la disponibilidad y asequibilidad del semen, del tipo de ganado (vacas mejoradas o no) o si se desea asegurar la preñez en algunos casos. La MN de manera exclusiva se emplea en el 21,6 % de los hatos (con crianza semi intensiva y extensiva). Por lo general no se sigue un plan de mejoramiento genético establecido a priori para cada establecimiento, y se adquiere el semen por conveniencia económica o por la disponibilidad existente. De los 29 productores que emplean la IA de manera exclusiva u ocasional, 24,2 % utiliza solo semen importado y 41,4 % indistintamente semen importado o nacional.

En 16,2 % de los hatos evaluados se realiza un adecuado manejo sanitario mientras que en 35,2 % éstas son poco adecuadas, y en 48,6 % inadecuadas. En el 45,9 % de los hatos encuestados no se lleva ningún tipo de registro y solo un 13,6 % tiene

implementados sus registros de manera adecuada (registros de producción, registros reproductivos y registros sanitarios de los animales); un 40,5 % lleva solo un tipo de registros y de manera incompleta. Solo en 5,4 % de los hatos encuestados se realiza un adecuado manejo del personal y 43,2 % lo hace de manera inadecuada.

El 86,4 % de los productores encuestados reportan específicamente a la edad y a dos o más factores simultáneos (edad, problemas reproductivos o bajos niveles de producción) como causales de saca del ganado.

El promedio del número de servicios de IA/preñez fue 2.14 (D.E. 0.4655; mínimo: 1.5 y máximo: 3.0), para vacas clínicamente sanas, sin problema reproductivo evidente; 40% de los productores declaró necesitar dos servicios/preñez (moda).

El número promedio de perros en los predios encuestados es de tres/establo (D.E. 1.943), con un

Tabla N° 3: Número de perros/establo.

N° perros/establo	Frecuencia	%
0	1	2,7
1	5	13,5
2	12	32,4
3	8	21,6
4	4	10,8
5	3	8,1
6	2	5,5
8	1	2,7
9	1	2,7
Total	37	100,0

máximo de nueve y un mínimo de cero. En el 32,4 % de los hatos encuestados se encontró la presencia de dos perros (moda).

En el 64,8 % de hatos evaluados se reportó de una a más de tres casos de vacas repetidoras en el último año. Casi dos terceras partes de los hatos encuestados (67,6 %) reportaron haber tenido entre uno hasta más de tres casos de retención placentaria y/o metritis, mientras que un 32,4 % no reportó estos casos en el último año. 78,4 % de hatos declararon haber tenido casos de abortos o nacimientos anómalos (natimortos, terneros con malformaciones congénitas o débiles) o ambos casos durante el último año.

Considerando los resultados globales de la encuesta epizootiológica aplicada a los 37 hatos encuestados y tomando en consideración los criterios para categorizar los diversos factores intervinientes como endógenos o exógenos, se ha asociado el tipo de riesgo epidemiológico para la potencial presentación de enfermedades en el hato (DVB y Neosporosis) con

las provincias (Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja).

La provincia de Jauja presenta de manera exclusiva un nivel de riesgo epidemiológico endógeno alto más que para el resto de provincias; el nivel de riesgo moderado es mayor para Huancayo y en menor grado en Concepción y Chupaca. Se ha reportado un solo hatos con nivel de riesgo epidemiológico endógeno bajo (en la provincia de Huancayo). Considerando

de los hatos evaluados existe un riesgo epidemiológico alto por causas endógenas para la presentación de enfermedades como DVB y Neosporosis.

Para el caso del riesgo epidemiológico exógeno, los niveles moderado y bajo de este tipo de riesgo se asocian en mayor grado en las cuatro provincias, mientras que el riesgo epidemiológico exógeno alto se asocia en menor grado con Huancayo, Concepción y Jauja (no se detectó este tipo de riesgo para la provincia

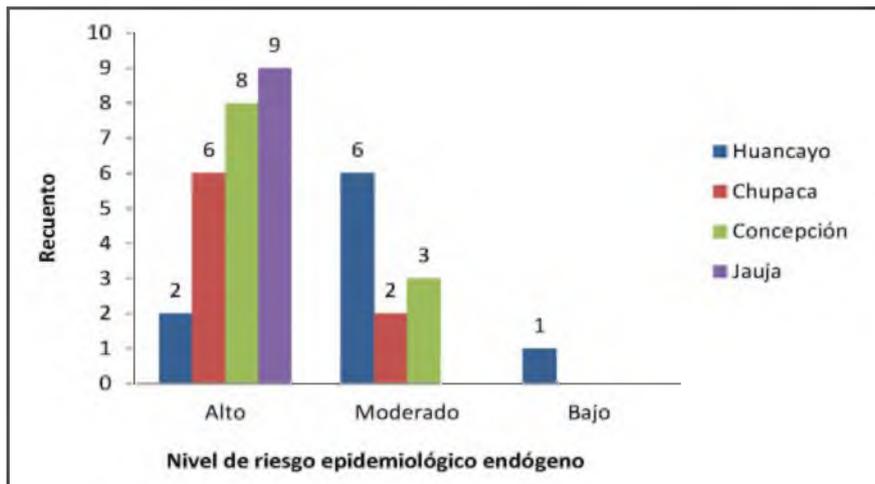


Figura N° 2: Niveles de riesgo endógeno/provincia.

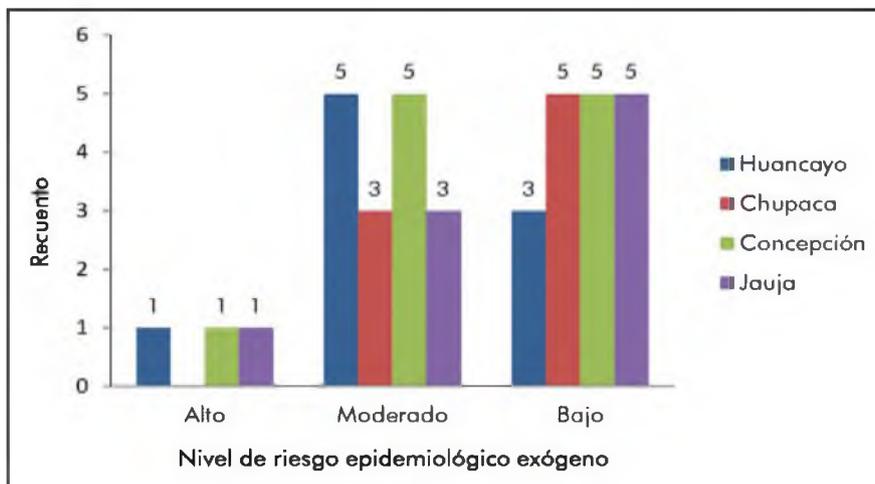


Figura N° 3: Niveles de riesgo exógeno/provincia.

los factores endógenos como aquellos que dependen principalmente de las prácticas de manejo en el establo, el riesgo epidemiológico alto para la presencia de DVB y Neosporosis se presenta en 25 hatos (67,6 %), siendo mayor riesgo en la provincia de Jauja y en menor grado en las otras provincias; el riesgo epidemiológico moderado se presenta en 11 hatos (29,7 %), y el nivel de riesgo epidemiológico bajo en un solo hatos (2,7 %) ubicado en la provincia de Huancayo; es decir que en las dos terceras partes

de Chupaca). Los factores exógenos o externos al establecimiento pecuario, se presentan como riesgo sanitario de nivel bajo (18 hatos/48,6 %) y moderado (16 hatos/43,3 %) y en un nivel alto en solo 3 hatos (8,1 %), lo que nos indica que los factores exógenos no son muy importantes como riesgo epidemiológico para la presentación de DVB y Neosporosis.

Tabla N° 4: Factores ambientales y de manejo frente al riesgo de enfermedades - Niveles de riesgo o de protección.

Variable	Interpretación sobre factor de riesgo o de protección
Tipo de crianza	La cría solo de bovinos es un factor de protección (OR: 0,210) para Neosporosis en relación a la crianza "mixta".
Sistema de producción	OR: 6,545; el riesgo de DVB es 6,55 veces superior en hatos de crianza intensiva que en hatos semi-intensivos y extensivos.
Tipo de servicio	El uso de IA o mixta (IA/MN) (OR: 7,895) es factor de riesgo para DVB con relación a los hatos que sólo practican la MN.
Tipo de higiene, manejo sanitario y de personal	La higiene (OR: 17,5), manejo sanitario (OR: 7,5) y manejo de personal (OR: 12,75) inadecuados, son factores de riesgo para casos de Neosporosis en el hato
Presencia de ratas	La presencia permanente y en grandes cantidades de ratas en el hato es un factor de riesgo para DVB (OR: 5,714) y para Neosporosis (OR: 18,417) en comparación con hatos donde la presencia de ratas es ocasional.

DISCUSIÓN

Los sistemas productivos prevalentes en los hatos evaluados son de tipo semi intensivo e intensivo por la tendencia de incrementar y mejorar sus niveles productivos; la crianza de bovinos de leche con otras especies como los ovinos es característico de muchos sistemas productivos en la Sierra (9). La presencia mayoritaria de ganado Brown Swiss, y luego de Holstein seguido de ganado cruzado y criollo, es consistente con los datos del último censo agropecuario, que reporta para todo el Valle del Mantaro 26,4 % de ganado de raza Brown Swiss y 121,6 % para el ganado Holstein (7).

El hecho de que la mayoría de hatos fueron de tipo abierto y semi abierto, es indicativo de una importante práctica de movilidad de animales (compra, venta, eliminación, participación en ferias ganaderas o préstamo de animales), y el que la adquisición de los reemplazos de otros hatos, sin un plan de crianza establecido, en la mayoría de hatos evaluados, constituyen factores de vulnerabilidad para contraer determinadas enfermedades (10).

Existe una tendencia de creciente desarrollo de la industria láctea en el Valle del Mantaro, corroborado con estadísticas del Sector Agricultura, que indicaba para el año 2005 una producción de leche en el valle del Mantaro de 25 mil litros diarios, con un promedio de 8 litros por vaca/día, siendo actualmente la producción de 75 mil litros diarios de leche, con un promedio de obtención por vaca de 13 litros/vaca/día. Actualmente existe gran demanda para la leche fresca, por la presencia de diferentes empresas acopiadoras (Gloria, Nestlé, Concelac, La Serranita, La Victoria, etc.) (11).

Como la mayor parte de los hatos evaluados poseen instalaciones y prácticas de higiene poco adecuadas o inadecuadas, no se alcanza una producción eficiente, tal como se esperaría acorde a las expectativas y condiciones de crianza; se debe de proveer al ganado de instalaciones adecuadas que le brinden el bienestar necesario que garantice su confort y estado de salud (14); los ganaderos en general no valoran ni priorizan este aspecto y desconocen que una buena instalación facilita el manejo y mejora el rendimiento, por lo que las vacas bien manejadas suelen tener mejores producciones.

La mayor parte de los establos están muy cerca o en el mismo centro poblado por el acelerado crecimiento de los poblados, lo que origina una disminución de las áreas dedicadas a las crianzas; esto indirectamente tiende a una mayor "intensificación" de los modelos de crianza, pero acarrea problemas de salud y salubridad (12). Esto explica también el uso de agua potable de la red pública como fuente de agua de bebida para sus animales, mientras que en los establos más alejados de las zonas urbanas se emplean los puquiales, acequias de regadío o dos o más fuentes, de acuerdo a la disponibilidad y asequibilidad. La presencia de ratas (ocasional o permanente) en la totalidad de establecimientos, y una presencia importante de otras especies (aves silvestres, venados, zorros, etc.), pueden constituir un factor de riesgo importante para la introducción de muchas enfermedades, entre ellas DVB y Neosporosis (22).

La creciente implementación del ordeño mecánico en la ganadería del Valle del Mantaro debería asociarse con mejores prácticas en el ordeño, aunque esto no siempre ocurre así; se ha observado en la mayoría de los casos que esta labor se realiza con muchas deficiencias, lo que incrementa la posibilidad de

trastornos y enfermedades en la ubre, disminución del estado de salud general del animal y presentación de otras enfermedades.

Debido a que la mayoría de productores suministra alimentación complementaria/suplementaria a su ganado, esta práctica demanda la existencia de lugares de almacenamiento o de suministro del mismo, adonde son atraídos roedores y otros animales que son potenciales presas para los hospederos definitivos de *N. caninum*, lo que estaría ocasionando que en estos lugares haya mayor contaminación con las heces de los hospederos definitivos, aumentando así el riesgo de infección postnatal con Neosporosis (12). La literatura reporta que el uso de alimentos balanceados y ensilado en la alimentación animal es un factor de riesgo para la Neosporosis (13).

Las prácticas de manejo sanitario constituyen factores de riesgo importantes para la presentación de numerosas enfermedades en el hato, tales como DVB y Neosporosis. La eliminación de restos y fluidos placentarios, luego de un parto normal o distócico, resulta importante como medida de profilaxis para evitar diseminar los patógenos en el ambiente, o que los perros u otros cánidos susceptibles puedan ingerirlas, cerrando el ciclo vital de *N. caninum* (10); el hecho de que la mayoría de hatos evaluados declararon realizar malas o inadecuadas prácticas de eliminación de estos restos, demuestra la ignorancia o desidia de los productores para no realizar prácticas adecuadas.

El manejo de información a través de la implementación de los registros y su utilización sirve de base para el análisis de los resultados técnico-económicos de los hatos, a la par que proporciona un medio de control y mejora de la eficiencia administrativa. El uso inadecuado de los registros está asociado con hatos donde existen problemas sanitarios en sus animales (16).

El personal del establo suele especializarse en más de una función (ternerero, ordeñador, pastor, limpieza) para cumplir con las expectativas del propietario o administrador. Una política de incentivos al personal puede ser favorable para obtener buenos resultados en la producción y una mayor identificación del empleado con la problemática sanitaria del ganado, pues el personal necesita ser sensibilizado sobre los programas de prevención y control de enfermedades que se siguen en el hato. Existe cierto grado de desconocimiento, entre los propietarios y administradores, sobre este aspecto y sobre el cual hay que actuar como estrategia de buenas prácticas.

En Lima se atribuye a los problemas reproductivos un 52,7 % las causas de descarte (17), donde la tasa de reemplazos es más alta y los animales están

más expuestos a la presión de selección y a mayor cantidad de problemas reproductivos en la medida que se incrementan los niveles de producción (18); sin embargo en el Valle del Mantaro, donde no se alcanzan los altos niveles productivos individuales de otras cuencas lecheras importantes del país, la edad es el factor más importante para la saca de ganado.

En la tabla 2 se consigna un valor de número de servicios/preñez promedio de 2,14, valor similar al reportado por otros investigadores en otras partes del país (14), aunque se halla por encima del óptimo recomendado (menos de 1,5 a 1,7 servicios/preñez), considerándose como vaca problema cuando es 2,5 (15).

En la tabla 3 se aprecia que el promedio de perros/establo es 3, aunque se ha determinado que este factor no es determinante para la presencia de Neosporosis y DVB.

El ganado bovino que ha tenido contacto con heces de los perros puede infectarse de varias enfermedades entre ellas la Neosporosis; cuando un perro se come la placenta o los fetos y luego deja sus heces en fuentes hídricas o pasturas, se corre el riesgo de que transmitan el parásito al ganado (10).

El origen de las vacas repetidoras es multicausal y multifactorial, y el síndrome de la vaca repetidora (SVR) es considerado, después del anestro posparto, como el problema reproductivo más importante en el ganado lechero y ambos son las principales causas de una baja eficiencia reproductiva (19). Este problema se ha detectado en un buen número de hatos, por lo general en los de más alta producción y con ganado mejorado, lo cual es concordante con reportes que indican que la mejora en la producción de leche se deriva en un incremento de los problemas reproductivos (18). En un estudio realizado en Minas Gerais, Brasil, al evaluar la relación entre las anomalías reproductivas y la seropositividad a *N. caninum* en vacas lecheras, se encontraron varias anomalías reproductivas asociadas con esta enfermedad, como repetición de servicios, abortos espontáneos frecuentes y anestro temporal (20).

Los abortos y casos de mortinatos suelen ser causas comunes de retención placentaria (21). Se ha encontrado una incidencia alta de estos casos en la mayor parte de hatos evaluados, aunque no todos estos problemas pueden atribuirse a problemas peripartales; hay que considerar causas como la presencia de ciertas enfermedades abortígenas (DVB y Neosporosis); se sabe que el mayor impacto económico de la infección con el VDVB es el ocasionado por los trastornos reproductivos (22). DVB y Neosporosis pueden causar abortos y nacimientos anómalos, lo cual refleja la importancia de estos problemas; por

observaciones propias y las reportadas por los propios ganaderos encuestados, una de las malformaciones congénitas más frecuentes fue la artrogriposis congénita, caracterizada por la rigidez permanente de una o varias articulaciones en flexión o extensión (23, 24).

En concordancia con la tabla 4 se definen los factores de riesgo o de protección para la presentación de casos de DVB y Neosporosis, encontrando que el tipo de sistema de producción intensivo o semi intensivo, el uso de la IA o IA/MN (inseminación artificial alternada con monta natural), los tipos de higiene, manejo sanitario y del personal inadecuados, así como la presencia constante y masiva de ratas en el establecimiento, han demostrado ser factores de riesgo importantes para la presentación de estas enfermedades, existiendo asociación positiva entre altas prevalencias de DVB con la presencia de vacas repetidoras y de casos de abortos y nacimientos anómalos en el hato, lo cual no ocurre para el caso de Neosporosis. La cría exclusiva de bovinos en el establecimiento resultó ser factor de protección para Neosporosis frente a la crianza "mixta" de bovinos con otras especies.

Las conclusiones son: la mayor parte de hatos evaluados emplean sistemas de producción semi intensivo con ganado mejorado (Brown Swiss y Holstein), son de tipo abierto o semi abierto, con uso importante de ordeño mecánico y dos veces/día, alimentación al pastoreo y alimentación complementaria en estabulación; de tipo mixto, 78,4 % usa IA exclusivamente o alternando con MN (promedio de servicios/preñez 2,14); la mayor parte de las variables evaluadas están categorizadas como poco adecuados o inadecuados (instalaciones, uso de registros, manejo sanitario y reproductivo, de personal, sistemas de higiene y limpieza, manejo reproductivo); con 3 perros/establo, en todos hay presencia de ratas y se usa agua potable (red pública) y otra fuente; 64,8 % de hatos reportaron de 1 a más de tres casos de vacas repetidoras, 67,6 % de uno a más de tres casos de retención placentaria y metritis en el último año; 40,5 % reportó solo casos de aborto y 37,9 % abortos y nacimientos anómalos durante los últimos tres años; el riesgo epidemiológico endógeno (alto y moderado) está presente en las cuatro provincias asociado al mayor número de casos de DVB y Neosporosis siendo menos trascendente los factores de tipo exógeno para la presentación de estas enfermedades reproductivas; son factores de riesgo para DVB: sistema de producción de tipo intensivo, la IA, la presencia constante y masiva de ratas, existiendo asociación positiva entre altas prevalencias de DVB y presencia de vacas repetidoras y casos de abortos y nacimientos anómalos; son factores de riesgo para Neosporosis: presencia masiva y constante de ratas, manejo sanitario y del personal inadecuados, comportándose como factor de protección la crianza mixta con otras especies domésticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro C. Salud y productividad en sistemas de producción ganaderos. FONAIAP DIVULGA. 2000; (66): p. 48-52.
2. Contreras NG, Stahl K, Arana DC, Rivera GH. Anticuerpos contra el virus de la diarrea viral bovina en muestras de leche de bovinos del Valle del Mantaro (Jauja, Concepción y Huancayo). Rev Inv Vet Perú. 2000; 11(1): p. 58-65.
3. Ståhl K, Rivera H, Vagsholm I, Moreno LJ. Bulk milk testing for antibody seroprevalences to BVDV and BHV-1 in a rural region of Peru. Prev Vet Med. 2002; 56(3): p. 193-202.
4. Puray CN, Casas AE, Falcón PN, Casas VG. Prevalencia de *N. caninum* en bovinos en empresa ganadera de la sierra central del Perú. Rev Inv Vet. 2006; 17(2): p. 189-194.
5. Granados SJ. Frecuencia de *Neospora caninum* en bovinos lecheros de 4 distritos del Valle del Mantaro (Junín). [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria ; 2012.
6. Wayne D. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. 5th ed. México : Ed. Limusa; 1996.
7. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [Online].; 2012 [cited 2015 agosto 20]. Available from: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/Documentos/Publicos/ResultadosFinalesVCENAGRO.pdf>.
8. Pérez S. monografias.com. [Online].; 1993 [cited 2015 julio 15]. Available from: <http://www.monografias.com/trabajos93/validacion-cuestionario-medicion-satisfaccion-clientes-dci/validacion-cuestionario-medicion-satisfaccion-clientes-dci.shtml>.
9. Núñez E, Yaranga R, Zubieta R. Antecedentes generales de la ganadería en el valle del Mantaro. In Instituto Geofísico del Perú. Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro. Lima: IGP; 2012. p. 167-179.
10. Delgado A, Sandoval R, Montenegro M. Actualidad Ganadera. [Online].; 2015 [cited 2015 agosto 18]. Available from: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/Neosporosis-bovina-un-problema-latente-de-la-ganaderia.html>.
11. Castillo G. Valle del Mantaro es cuenca lechera. Correo. 2014 septiembre.
12. Barling KS, Sherman M, Peterson M, Thompson J, McNeill J, et al. Spatial associations among density cattle, abundance wild canids, and seroprevalence *N. caninum* in beef calves. J Am Vet Med Ass. 2000: p. 1361-1365.
13. Fort M. *Neospora caninum*: estudio seroepidemiológico en bovinos de la provincia de

- La Pampa. Informe técnico. La Pampa: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 2011.
14. Ortíz DA, Camacho JS, Echevarría LC. Parámetros reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. *Rev. Investig. Vet.* 2009; 20(2).
 15. Ortiz DF. Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria; 2006.
 16. Malaver M, Pezo S, Blanco M. Manual práctico de ganadería: alimentación animal, sanidad animal, mejoramiento Lima: ITDG; 2003.
 17. Orrego JA, Delgado AC, Echevarría LC. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas Holstein en la cuenca de Lima. *Rev. Inv. Vet.* 2003; 14(1).
 18. Hernández CJ, Morales RJ. Falla en la concepción en el ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales. *Vet Méx.* 2001; 32: p. 279-287.
 19. Palomares-Naveda R. Diagnóstico de la diarrea viral bovina para la mejora. In González C, Madrid N, Soto E. *Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito*. Zulia: Fundación GIRARZ; 2008. p. 649-661.
 20. Bruhn FR, Daher DO, Lopes E, Barbieri JM, da Rocha CM, et al. Factors associated with seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy cattle in southeastern Brazil. *Trop An Health and Product.* 2013; 45(5): p. 1093-1098.
 21. Clarence M. *Manual Merk de Veterinaria*. 5th ed. Barcelona: Merk; 2000.
 22. Lertora WJ. Diarrea viral bovina: actualización. *Rev. Vet. Fac. Cs Vet.* 2003; 14(1): p. 42-49.
 23. Magnano G, Gonzales E. Artrogriposis congénita en terneros: descripción de 2 brotes en rodeos de cría. *RECVET.* 2007; 2(12): p. 1-7.
 24. Anderson ML, Barr BC. Protozoal causes of reproductive failure in domestic ruminants. *Vet Clin North Am: Food An Pract.* 1994; 10: p. 439-461.

Historia breve de las enfermedades tropicales en América

Brief history of tropical diseases in America

Dulce María del Carmen Delgadillo Álvarez¹

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México
dulmadelca@hotmail.com

RESUMEN

La región tropical de la Tierra comprende la zona entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio y es en esta franja en donde se localizan países con grandes riquezas naturales pero con economías de ingresos bajos o medios-bajos. Aunado a esto, las características climatológicas de la región son propicias para el desarrollo de organismos patógenos que causan enfermedades graves en la población humana. El término enfermedad tropical, es resultado de un proceso histórico social observado por los europeos durante la conquista y la colonia pues, en el trópico americano, las enfermedades tropicales no existían antes de la llegada de los españoles. Cuando los conquistadores llegaron llevaron consigo patógenos que causaron la muerte de casi el 90 % de la población original siendo las epidemias de viruela, sarampión y gripe las más devastadoras. La conquista del continente fue posible en gran medida por el intercambio biológico entre conquistadores y conquistados y estuvo acompañada de la destrucción de las dos civilizaciones americanas más avanzadas, la azteca en México y la inca en Perú. Durante los siguientes siglos, el intercambio biológico ha sido más amplio; las enfermedades tropicales están ahora presentes en todo el mundo y deben ser atendidas no importando la región del mundo en la que se manifiesten.

Palabras clave: Trópicos, epidemias, patógenos, historia.

ABSTRACT

The tropical region comprises the area between Cancer and Capricorn tropics where countries with large natural resources and low or lower-middle-income economies are located. Moreover, the region climatic characteristics are conducive to the development of pathogens causing serious diseases on the human population. In the American tropics the term tropical disease is the result of a social-historical process observed by Europeans during the conquest and colony periods. Tropical diseases did not exist before the Spaniards arrival. When conquerors arrived they brought pathogens, which caused almost 90 % of the population's death, being the most devastating epidemics: smallpox, measles and flu. The continent conquest was largely made possible by the biological exchange between conquerors and conquered, along with the destruction of two of the most advanced American civilizations: the Aztec in Mexico and the Inca in Peru. During the following centuries, the biological exchange has been extended; tropical diseases are now present throughout the world and must be attended regardless of the world region in which they manifest.

Keywords: Tropics, epidemics, pathogens, history.

Historial del artículo:

Recibido: 29 de septiembre de 2015. Aprobado: 25 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Licenciada en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestra en Ciencias en el área de Patología Experimental por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Doctora en Ciencias en Biomedicina Molecular en el Centro de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN. Auxiliar de Investigación en el dpto. de Biomedicina Molecular, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Apartado Postal 14-740, 07360 México, DF, México. Teléfono: 57473800 ext. 5013.

INTRODUCCIÓN

La región intertropical, tórrida o tropical de la Tierra está comprendida entre los llamados Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio. Estas líneas imaginarias son los paralelos ubicados a latitudes de 23°26'14" en los dos hemisferios, norte y sur, con respecto al Ecuador. Ambas líneas delimitan los puntos más septentrional y meridional en los que el Sol llega a brillar desde el cénit (la vertical del lugar) a mediodía, lo que ocurre cada año entre el 20 y 21 de junio, (para el Trópico de Cáncer), y el 21 y 22 de diciembre (para el Trópico de Capricornio). Los países que atraviesan estos paralelos son, al norte: el territorio no autónomo del Sahara Occidental, Mauritania, Malí, Argelia, Nigeria, Libia, Chad, Egipto, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Omán, India, Bangladés, Birmania o Myanmar, China, Taiwán, Hawái, México y Bahamas. Y, al sur: Chile, Argentina, Paraguay, Brasil, Namibia, Botswana, Sudáfrica, Mozambique, Madagascar y Australia. La zona tropical ocupa el 20 % de la tierra emergida representando el 40 % de la tierra útil para el hombre pues dada la cantidad de lluvia que cae cada año es buena para la agricultura. También presenta la mayor diversidad ecológica del mundo, tanto en especies vegetales como animales y en ella se ubica más del 40 % de la población mundial aunque, desigualmente distribuida en el territorio (1).

A pesar de la vastedad en riquezas naturales, esta franja geográfica presenta enormes problemas en cuanto a la salud de las personas que la habitan pues posee las características climatológicas adecuadas para el desarrollo de muchos organismos patógenos que causan las llamadas enfermedades tropicales. Con organismos particulares de cada región comprendida en la zona tropical, las enfermedades ocasionadas por éstos son endémicas y afectan a cerca de 1000 millones de personas particularmente de zonas pobres en países poco desarrollados, pues más del 70 % de ellos tienen economías de ingresos bajos o medios-bajos. Además, y aunque las enfermedades tropicales son propias de climas cálidos, son también consecuencia de una salud pública deficiente originada en la pobreza, la ignorancia y la inadecuada organización social (2). Como ejemplo de las consecuencias de esto, se estima que, a nivel mundial, en 2002 hubo 57 millones de muertes, de las que el 10,5 % fueron niños menores de 5 años. La mayoría de estas muertes fueron en países de ingresos bajos o medios-bajos y son atribuidas a enfermedades prevenibles como malaria, diarreas y tétanos entre otras. A todas estas enfermedades se les ha calificado como "enfermedades infecciosas o enfermedades tropicales desatendidas". Otra consecuencia es que, particularmente, en Latino América durante el período 2000 - 2004 se reportaron aproximadamente 58 muertes por 100 000 habitantes atribuidas a enfermedades infecciosas lo que significa que estas siguen siendo un gran problema en la región.

Haití por ejemplo presenta la más alta incidencia de tuberculosis así como la mayor resistencia a múltiples drogas contra esa enfermedad. Por otro lado, Brasil reportó en 2006 el 50 % de casos de dengue de la región (3).

¿Cuál es el origen de estas enfermedades y cómo llegaron a América?

En general, es difícil conocer la procedencia de cualquier tipo de enfermedad pues para reconocerla en nuestros antepasados debe cumplir con el requisito indispensable de dejar huellas reconocibles en las estructuras anatómicas que se conservan. La paleopatología, es la ciencia que se encarga de estudiar las enfermedades tanto en restos humanos y de animales antiguos, como huesos o momias, como en documentos de culturas ancestrales. De este modo se han encontrado registros de tuberculosis y tifo en materiales preservados de culturas atávicas como la egipcia y la griega (4). En el hombre moderno se ha propuesto que el origen y la dispersión de las enfermedades infecciosas fueron paralelos a la domesticación de animales durante el período Neolítico; sin embargo, la procedencia de este tipo de enfermedades es mucho más antigua que el hombre mismo pues recientemente, con el desarrollo de las técnicas genéticas y moleculares, se ha sugerido que enfermedades modernas como la tuberculosis, la lepra y la treponematosi tienen un origen en el período Paleolítico (figura 1), (5).

El concepto de "enfermedad tropical" fue resultado de un proceso histórico social observado por los europeos durante la época de la conquista y la colonia, ya que, en el trópico americano, las enfermedades tropicales no existían antes de la llegada de los españoles (6). Sin embargo, a lo largo de la historia han hecho falta historiadores con formación científica y científicos con preparación histórica para establecer claramente el papel del nacimiento de la patología tropical. Yendo un poco atrás en la historia del continente americano, se sabe que sus primeros pobladores fueron contingentes de hombres procedentes del noreste de Asia que, aprovechando una pausa interglaciaria, durante miles de años cruzaron la cadena de las islas Aleutianas y el estrecho de Bering y fueron ocupando el continente desde Alaska hasta el sur de la Patagonia (7).

Estos primeros grupos de seres humanos encontraron en América un medio favorable para su supervivencia y el pasaje gélido del Estrecho de Bering resultó ser un filtro natural que eliminó gran parte de los organismos patógenos existentes y pocos gérmenes que habían coevolucionado con el hombre lograron filtrarse; de este modo, durante miles de años el espacio americano estuvo aislado de Eurasia y de África y por lo tanto

libre de la mayor parte de las plagas y enfermedades que devastaron a esos continentes. De hecho, las mortandades previas a 1492 parecen haber sido más por escaseces alimentarias, debido a malas cosechas, que por enfermedades, aunado a esto el hecho de que tampoco había animales domésticos que mantuvieran y transmitieran a los hombres enfermedades de tipo infectocontagioso (7).

Cuando los conquistadores llegaron a América llevaron consigo materiales biológicos que se introdujeron en el Nuevo Mundo para bien y para mal. Ejemplo de esto son las semillas de plantas para reproducir las especies europeas en las nuevas tierras pero que venían acompañadas de semillas que producen malas hierbas además de roedores portadores de gérmenes patógenos. Las nuevas especies encontraron un campo fértil donde propagarse transformándose en malezas y

había sido reducida a un 10 % de la cifra original (10).

Los primeros lugares a los que los conquistadores llegaron en América se ubican en las Antillas. Cristóbal Colón realizó el segundo viaje a América entre 1493 y 1496 y trajo consigo el virus de la influenza o gripe porcina; el foco de infección se extendió de la isla de Santo Domingo a las islas vecinas de Puerto Rico, Cuba e incluso las Bahamas. Esta fue la primera epidemia registrada en el nuevo mundo. En la parte continental, además de la influenza, la viruela fue la principal causa de mortalidad de sus habitantes. Se estima que en 1518 un tercio de la población indígena fue exterminada por la viruela. A esto le siguió una epidemia de sarampión entre 1530 y 1531. En 1546, el genocidio natural continuó con un padecimiento con características de tifus y en 1558 fue nuevamente la gripe. Como consecuencia del encuentro entre

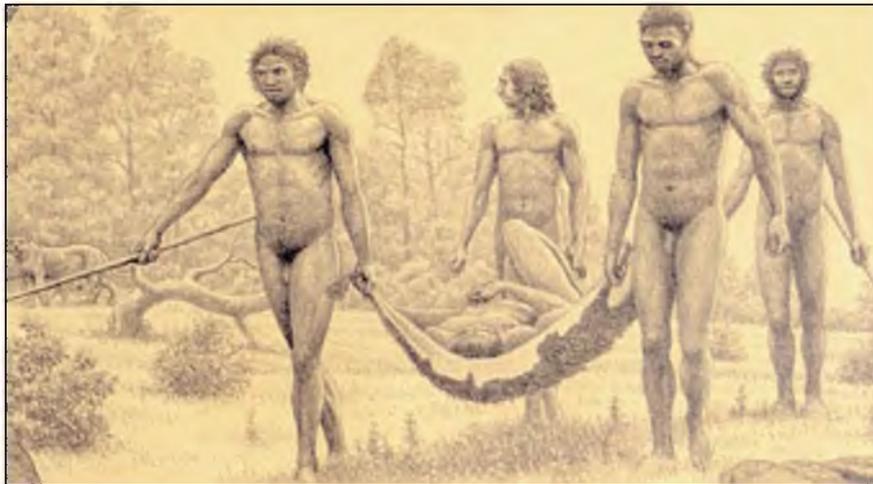


Figura N° 1: El Paleolítico; enfermedades como la tuberculosis, lepra y treponematosi tendrían su origen en este período.

Fuente: Museo de la Evolución Humana.
<http://www.museoevolucionhumana.com/media/files/Elritodelamuerte.pdf>

plagas perturbando el equilibrio ecológico americano (7, 8).

En la América precolombina, a pesar de las discrepancias en cuanto al número de pobladores antes de la llegada de los conquistadores, en general se estima que la cantidad de gente que lo habitaba osciló entre 60 y 80 millones de personas. La mayor densidad poblacional estaba en centros urbanos como los de México con cerca de 25 millones y Perú con una cifra de 10 a 15 millones (9). Como se mencionó antes, los pobladores americanos no habían tenido contacto con muchos patógenos y por lo tanto sus defensas inmunológicas eran casi nulas; la conquista los condujo a quedar expuestos a las enfermedades de europeos y africanos tales como la viruela, el sarampión, la gripe o el tifus, la fiebre amarilla o la malaria. Así, para finales del siglo XVI la población

americanos y europeos, además de los esclavos africanos, a mediados del siglo XVI había muerto dos tercios de la población indígena inicial de América y su tasa de mortalidad llegó a ser el doble de la que había sufrido Europa durante la peste Negra en el siglo XIV (8, 10). La conquista del continente fue posible en gran medida por el intercambio biológico entre conquistadores y conquistados y estuvo acompañada de la destrucción de las dos civilizaciones americanas más avanzadas, la Azteca en México y la Inca en Perú (11).

Durante los siguientes siglos, el intercambio biológico fue cada vez más amplio debido a factores como los cambios ecológicos entre los que se incluyen el desarrollo de la agricultura y la deforestación, los movimientos poblacionales originados por migraciones de refugiados, guerras y desastres

naturales, el comercio y los viajes internacionales (12). Todo esto llevo a considerar a la medicina tropical como un factor básico para el desarrollo económico de las grandes potencias mundiales. A principios del siglo XIX, países como Inglaterra, Francia, Bélgica y Holanda entre otros, que poseían colonias en América, África y la India comenzaron a ocuparse de las enfermedades que acababan con sus colonos. Esto, aunado a los avances científicos de finales del siglo XIX y principios del siglo XX dio como resultado la prevención y control de muchas enfermedades infecciosas principalmente en los países desarrollados; sin embargo en países con economías de ingresos medios o medios-bajos han continuado apareciendo brotes de enfermedades infecciosas clasificadas como emergentes y reemergentes (13). Las primeras definidas como infecciones nuevas aparecidas en una población dada en los últimos 30 años, por ejemplo el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (VIH/SIDA) y las segundas como aquellas que habiendo existido con anterioridad y que se presumía habían desaparecido o disminuido, comienzan a elevar su incidencia o su alcance geográfico, como la tuberculosis pulmonar o el sarampión (12).

Otro aspecto que tiene un gran impacto en el desarrollo de las enfermedades infecciosas es la evolución de los organismos patógenos como la aparición de cepas de bacterias resistentes a antibióticos y parásitos con una amplia resistencia a los medicamentos con los que se solían controlar. En el caso de los virus muchos de ellos muestran un elevado índice de mutación que les ha permitido producir nuevas variantes. Un claro ejemplo de esto es el virus de la influenza cuyas epidemias anuales son producidas por un desplazamiento antigénico en una cepa que circulaba previamente. Un cambio en un sitio de una proteína de superficie a un sitio antigénico, permite que la nueva variante infecte a personas que ya habían sido infectadas por el mismo virus, pero que, ahora, por el cambio sufrido no es reconocido por el sistema inmune (12).

¿Por qué es tan difícil controlar a las enfermedades tropicales?

Uno de los aspectos básicos para entender el desarrollo de una enfermedad es conocer su morbilidad, es decir su frecuencia dentro de una población; usualmente se usan las tasas de morbilidad por 100 000 habitantes. Para documentar esto es necesario tener sistemas de registro confiables que incluyan la aplicación universal de métodos de diagnóstico de la enfermedad con elevado nivel de acierto y la cobertura de grupos estadísticamente representativos, que permitan la extrapolación de datos a la población general. Este tipo de información comenzó a tenerse, como mencionamos previamente, a principios del siglo XIX principalmente en Inglaterra y los países escandinavos. Ya a mediados del mismo siglo se habían sumado a

esta práctica Francia, Alemania, Italia y Suiza. Siglo y medio después, muchos países ubicados en la franja tropical del planeta aún no cuentan con este tipo de información por lo que la documentación cuantitativa necesaria para conocer con una aproximación razonable las variaciones en frecuencia de un padecimiento existen desde hace muy poco y sólo para algunos países del mundo (4).

Otra razón para que el control de las enfermedades infecciosas no sea tan exitoso como se desea es que, a pesar del desarrollo de nuevas tecnologías encaminadas al diseño y elaboración de medicamentos y vacunas contra los patógenos, los avances no han sido sustanciosos. Cada vez es más frecuente encontrar resistencia contra los antibióticos y la creación de nuevos es escasa. En relación a las vacunas, aún no se ha logrado obtener alguna que sea realmente efectiva contra el VIH/SIDA o la malaria (14). Por otro lado, luego de que un fármaco o una vacuna han sido creados y aprobados por las autoridades correspondientes para su uso o aplicación en comunidades humanas, su implementación en las poblaciones que lo necesitan puede tardar en promedio aproximadamente 10 años. Un ejemplo de esto es la producción, distribución y aplicación de la vacuna contra la Hepatitis B, que en países desarrollados llevó 2 a 5 años mientras que en países de ingresos medios fue de 8 años y en países de bajo ingreso fue de casi 20 años (15).

Otra causa que obstaculiza el control de las enfermedades tropicales está dada por los fenómenos climáticos. Se han identificado regiones geográficas, comprendidas en la franja tropical donde las condiciones ambientales pueden incrementar la incidencia de transmisión de las enfermedades infecciosas como, entre otras, el cólera y el dengue. Para el primero, las temperaturas más cálidas pueden promover la proliferación bacteriana y las inundaciones la contaminación de las fuentes de agua. En el caso del dengue, en condiciones de sequía, los reservorios de agua domésticos son los sitios de reproducción de los mosquitos vectores y cuando la precipitación es elevada, éstos encuentran un ambiente más favorable para su crianza (16).

¿Cuáles han sido los logros en cuanto al control de las enfermedades infecciosas?

La Organización Mundial de la Salud (OMS) surgida en 1948, después de la segunda guerra mundial, creó organismos para el control de muchas endemias mundiales orientándose hacia el control de algunas enfermedades inmunoprevenibles. De todas ellas la única enfermedad controlada a nivel mundial por vacunas ha sido la viruela, erradicada en 1977 y la poliomielitis infantil reportó un último caso en América

en 1991 por lo que, en 1994, la Comisión Internacional para la Certificación de la Erradicación de la Poliomielitis declaró que la circulación del virus salvaje de la polio se había interrumpido en el continente (13, 17). Sin embargo, la enfermedad persiste en Camerún, Guinea Ecuatorial, Pakistán, Siria, Afganistán, Etiopía, Iraq, Israel, Somalia y Nigeria. Considerando esto, la Organización Panamericana de Salud declaró en 2014 que el poliovirus salvaje sigue constituyendo una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional o ESPII y recomienda mantener los niveles requeridos de cobertura de vacunación contra polio así como continuar con la vigilancia adecuada de la parálisis flácida aguda, para mantener el estatus de la región como libre de esa enfermedad. Sugiere además a todo viajero que salga del continente americano y se dirija a los países que actualmente presentan la infección que se inmunice previamente a su viaje (14, 18).

Por otro lado, en el caso de la fiebre amarilla que contaba con dos tipos, el urbano y el selvático, se ha logrado erradicar al primero y actualmente sólo se tiene a la forma selvática en algunos países de Suramérica como Brasil, Bolivia y Perú (13).

En el mundo se han reportado más de 1400 organismos patógenos que causan enfermedades en el humano; más de 300 son de importancia clínica por lo que es relevante compilar toda la información acerca de su diagnóstico, epidemiología y terapias para crear herramientas que permitan al personal médico y a las autoridades sanitarias tomar decisiones informadas para su control y, de ser posible, su erradicación. Con los datos compilados se han realizado estudios encaminados a la obtención de un mapa mundial de las enfermedades, esto es conocer su distribución geográfica. Estos mapas permiten visualizar rápidamente la extensión y magnitud de los problemas de salud pública y, a pesar de que la idea no es del todo nueva hoy se cuenta con bases de datos que proporcionan información amplia y confiable acerca de las enfermedades que afectan al hombre. Un ejemplo de esto es GIDEON (Global Infectious Disease and Epidemiology Online Network), una base de datos que compila la información de más de 350 enfermedades infecciosas de 231 países. Empleando esta herramienta además de otras bases de datos y de información de la literatura Hay et al. (2013) reportaron un mapa en el que la distribución geográfica de 347 enfermedades de importancia clínica recayó mayoritariamente en la franja comprendida entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio, es decir en la zona tropical del planeta (19).

Posteriormente, el mismo grupo de trabajo realizó otro estudio en el que se priorizaron las enfermedades de acuerdo a su morbilidad y mortalidad para determinar objetivamente su impacto. Sin sorpresa se encontró

que las enfermedades con más alta prioridad son la malaria, VIH y tuberculosis seguidas de enfermedades transmitidas por contaminación de comida y agua, como el cólera y la esquistosomiasis, además de la tripanosomiasis, la filarisis, las enfermedades transmitidas por contaminación del suelo, como la ascariasis o por mosquitos vectores como chikungunya, dengue y la fiebre amarilla entre otras (20). Todas estas son enfermedades tropicales desatendidas.

CONCLUSIONES

Las enfermedades tropicales desatendidas son un problema grave dentro de la región que las comprende y que es, lamentablemente, la zona con la población humana de ingresos bajos o medios-bajos. En contraste con una riqueza ecológica evidente, la zona tropical posee las características más desafortunadas para el control y la erradicación de patógenos que demeritan y acaban con la vida de sus pobladores. Contrariamente a lo que se puede pensar, las enfermedades tropicales desatendidas no son un problema local, es decir de la zona tropical, pues la cada vez mayor globalización y los cambios climáticos afectan al mundo en general y necesitan ser atendidas con políticas multidimensionales y multisectoriales. La historia nos ha enseñado que existen enfermedades reemergentes que se habían considerado erradicadas, además de aquellas que son emergentes y de las que sabe poco. Absolutamente todas las enfermedades deben ser atendidas no importando la región del mundo en las que se manifiesten. Esto por la simple razón de que no sabemos qué caminos puedan llevarnos a ellas o las traigan a nosotros sin apenas notarlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wikipedia [homepage in Internet]. Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio. [actualizada 30 noviembre 2015; consultada 3 diciembre 2015]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org>
2. World Health Organization. [homepage in internet]. Tropical diseases. [actualizada 2015; consultada julio 2015]. Disponible en: www.who.int/tropics/tropical_diseases/es/
3. Mitra A, Rodríguez-Fernández G. Latin America and the Caribbean: Assessment of the Advances in Public Health for the Achievement of the Millennium Development Goals. *Int J Environ Res Public Health*. 2010; 7: 2238-2255.
4. Pérez-Tamayo R. Enfermedades viejas y enfermedades nuevas. México D.F.: Siglo XXI; 1998.
5. Trueba G, Dunthorn M. Many Neglected Tropical

- Diseases May Have Originated in the Paleolithic or Before: New Insights from Genetics. *PLoS Negl Trop Dis*. 2012; 6(3): 1-4.
6. Carrada-Figueroa G. Importancia de las enfermedades tropicales en México y en el mundo. *Salud en Tabasco*. 1995; 1(4): 119-122.
 7. Cordero del Campillo M. Las grandes epidemias en la América colonial. *Archivos de Zootecnia*. 2001; 50 (192): 597-612.
 8. Muscar Benasayag EF. El Nuevo Mundo, dos encuentros, principales impactos: Períodos precolombino y colonial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 1992; 12: 157-164.
 9. Malamud, C. *Historia de América*, 2a. ed., Madrid: Alianza Editorial; 2014.
 10. Guerra F. Origen de las epidemias en la conquista de América. *Quinto centenario*. 1988; 14: 43-51.
 11. Maddison A. La economía de occidente y la del resto del mundo en el último milenio. *Revista de Historia Económica*. 2004; 2: 308.
 12. Riverón C. Enfermedades emergentes y reemergentes: un reto al siglo XXI. *Rev Cubana Pediatr*. 2002; 74(1): 7-22.
 13. Maguiña V. Historia de la infectología y la medicina tropical y su importancia en Latinoamérica. *Diagnóstico*. 2000; 38 (5).
 14. Dye C. After 2015: infectious diseases in a new era of health and development. *Philos Trans R Soc Lond., B, Biol Sci*. 2014; B369:20130426: 1-9.
 15. Brooks A, Smith TA, de Savigny D, Lengeler C. Implementing new health interventions in developing countries: why do we lose a decade or more? *BMC Public Health*. 2012; 12(683): 1-17.
 16. Chretien J-P, Anyamba A, Small J, Britch S, Sanchez JL, Halbach AC, et al. Global climate Anomalies and Potential Infectious Disease Risks:2014-2015. *PLoS Currents*. 2015; 26(7). Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25685635>
 17. Informe de parálisis flácida aguda año 2011. Unidad de Vigilancia, Depto de Epidemiología, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. 2011.
 18. XXI Reunión del Grupo Técnico Asesor sobre Enfermedades Prevenibles por Vacunación de la Organización Panamericana de la Salud. Informe final. Quito, Ecuador, 2013.
 19. Hay SI, Battle KE, Pigott DM, Smith DL, Moyes CL, Bhatt S, et al. Global mapping of infectious disease. *Philos Trans R Soc Lond., B, Biol Sci*. 2013; B368:20120250: 1-11.
 20. Pigott DM, Howes RE, Wiebe A, Battle KE, Golding N, Gething PW, et al. Prioritising Infectious Disease Mapping. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015; 9(6): 1-21.

Tipo de arcada y plano terminal molar de la dentición temporal y su correlación con las clases de maloclusión de la dentición permanente

Terminal plane and dental arch form in temporal dentition correlated to angle class malocclusion in permanent dentition

Ana Cecilia Pascual Sema¹

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
ceciliapascuals@hotmail.com

Eduardo López Pagán²

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
eduardolopezpagan@yahoo.es

RESUMEN

El objetivo fue establecer la correlación del tipo de arcada y plano terminal molar de la dentición temporal con las clases de maloclusión de Angle en niños de 5 años de edad que acuden al Hospital Nacional "Daniel Alcides Carrión" de Cerro de Pasco, 2010 - 2011. La investigación se desarrolló bajo un diseño descriptivo longitudinal prospectivo. La muestra estuvo conformada por 40 niños escogidos por muestreo no probabilístico. Se realizó inicialmente la evaluación clínica del tipo de arcada y plano terminal molar de la dentición temporal y posteriormente al erupcionar las primeras molares permanentes se verificó la correlación con las clases de maloclusión de Angle, el tratamiento estadístico de la hipótesis fue con la Chi Cuadrada. Entre los resultados podemos mencionar que existe diferencia estadística significativa para asumir que el tipo de plano terminal molar y tipo de arcada de la dentición temporal se correlaciona con las clases de maloclusión de Angle, teniendo en consideración que la $X^2_c = 12,724 > X^2_t = 9,488$ (4gl-95 %), rechazándose la H_0 . En conclusión, el tipo de plano terminal molar recto y el tipo de arcada abierta de la dentición temporal se relaciona con mayor frecuencia con la normoclusión y la Clase I de maloclusión. Mientras que el tipo de plano terminal molar escalón mesial y el tipo de arcada cerrada de la dentición temporal se relaciona con la Clase III de maloclusión.

Palabras clave: Tipo de arcada, plano terminal molar, maloclusión de Angle, dentición temporal, dentición permanente.

ABSTRACT

The study objective was to establish the correlation between dental arch form and molar terminal plane in temporal dentition with angle class malocclusion in 5-year-old children who attended in the Hospital Nacional "Daniel Alcides Carrión" at Cerro de Pasco, 2010 - 2011. The research used a prospective, longitudinal descriptive design. The sample consisted of 40 children chosen by a non-probability sampling. For a start, a clinical evaluation of the dental arch form and molar terminal plane in temporal dentition was performed. Then, after the first permanent molars erupted, a correlation with malocclusion angle classes was observed; the statistical treatment hypothesis was done with Chi Square. Results indicated a significant statistical difference to assume that molar terminal plane and dental arch form in temporal dentition is correlated with malocclusion angle classes, considering $12,724 X^2_c = > X^2_t = 9,488$ (4GL-95 %), rejecting the H_0 . Concluding, the straight terminal plane and open dental arch form in temporal dentition is associated with increased frequency of normoclusion and Class I malocclusion. While the mesial step terminal plane type and closed dental arch form in temporal dentition is related to Class III malocclusion.

Keywords: Arch form, type of molar terminal plane, Angle malocclusion, temporal and permanent dentition.

Historial del artículo:

Recibido: 21 de octubre de 2015. Aprobado: 9 de diciembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Magister en Odontología, docente de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

² Especialista en Periodoncia, Magister en Salud Pública, docente de Periodoncia de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

INTRODUCCIÓN

La maloclusión se considera como una de las enfermedades más prevalentes de la cavidad oral en nuestro país, por ello resulta importante reconocer características de la dentición temporal que puedan influenciar en la maloclusión de la dentición permanente.

La primera dentición del ser humano es la temporal o decidua la cual comprende una serie de características, dichas características nos deben ayudar a establecer un patrón predictivo, probablemente el resultado sea una dentición permanente aceptable con dientes alineados y relaciones oclusales que permitirán una correcta función y estética.

En la presente investigación se observó fundamentalmente los tipos de arcadas y los planos terminales de la dentición decidua y si estas características nos podrían ayudar a predecir maloclusión en la dentición permanente.

En la actualidad se busca diagnosticar maloclusiones tempranamente con el fin de interceptar una posible maloclusión y plantear un plan de tratamiento inmediato y oportuno, razón por la cual se ha considerado importante revisar este tema.

El problema de investigación fue ¿Cuál es la correlación del tipo de plano terminal molar y tipo de arcada en la dentición temporal con las clases de maloclusión de Angle en niños de 5 años que acuden al Hospital Nacional "Daniel Alcides Carrión" de la ciudad de Cerro de Pasco, 2010 - 2011?. El objetivo de la investigación fue establecer la correlación entre el tipo de plano terminal molar y tipo de arcada de la dentición temporal con las clases de maloclusión de Angle.

La investigación se justifica en la importancia de diagnosticar oportunamente algunas alteraciones en la oclusión decidua que futuramente traerían consecuencias desfavorables en la dentición permanente y por consiguiente en la salud en general.

La metodología utilizada estuvo basada en la evaluación clínica inicial realizada en los niños de cinco años que presentaban en su totalidad dentición decidua característica odontológica propia de su edad. Donde se diagnosticó el tipo de plano Terminal molar y tipo de arcada de la dentición temporal. La evaluación clínica final se hizo después del primer año para evaluar la posición de las primeras molares permanentes que son los dientes claves o llaves para la adecuada alineación de los demás dientes permanentes. Se determinó la evaluación al año por ser los 6 años una edad promedio en la que erupcionan dichas piezas dentarias. En el ínterin, se

hicieron controles cada 3 meses, que permita disminuir las pérdidas por seguimiento.

No se evidencian antecedentes en el contexto nacional relacionados a la investigación, pero si en el ámbito internacional; en Colombia, Urrego-Burbano, describe el perfil epidemiológico de la oclusión dental en escolares de Envigado, donde se evaluó la prevalencia de la maloclusión para la dentición permanente (178 escolares) en el año 2010, registrándose que el 49,7 % (176/354) presentaba maloclusión clase I, 43,5 % (154/354) maloclusión clase II y del 6,8 % (24/354) maloclusión clase III. Con respecto a la dentición decidua, (82 escolares), se encontró un 32,9 % (27/82)



Figura N° 1: Niño seleccionado en el estudio.

con plano terminal recto, un 57,3 % (47/82) con escalón mesial y un 9,8 % (8/82) con escalón distal (1).

En México, Medrano-Luna realizó un estudio epidemiológico para observar la distribución y frecuencia de algunas características de la dentición temporal y valorar el posible riesgo para el desarrollo de algún tipo de maloclusión (2). En éste, examinaron a 193 preescolares de la delegación de Iztapalapa, para valorar el tipo de plano terminal se utilizaron los criterios establecidos por Baume (3) y para la experiencia de caries dental los de OMS.

Los examinadores fueron calibrados (estandarizados)

de acuerdo a los parámetros establecidos por Cohén, resultando esta calibración casi perfecta. Los resultados fueron: 36,6 % de los preescolares presentaron lesiones cariosas interproximales profundas y/o pérdida dentaria prematura; no se observó dependencia de estas variables con relación a la edad y sexo. El 81,9 % mostró planos terminales rectos y mesial, de acuerdo a los resultados obtenidos la población mostró bajo riesgo para desarrollar algún tipo de maloclusión. Asimismo, se confirma la naturaleza multifactorial de este proceso, en el cual, algunos otros factores de la dentición temporal pueden tener una influencia mayor en el desarrollo de la oclusión de la dentición permanente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio de nivel descriptivo longitudinal prospectivo. La población estuvo representado por todos los niños de 5 años, que acudieron al servicio de odontología del Hospital Nacional "Daniel Alcides Carrión" de la ciudad de Cerro de Pasco (figura 1, 2). La muestra fue de 40 niños (20 mujeres y 20 varones), escogidos de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Para seleccionar los niños, se hizo un muestreo no probabilístico por criterio, para que la muestra sea más representativa y homogénea fueron escogidos de manera aleatoria.

Criterios de inclusión:

- Niños de 5 años de edad cumplidos de ambos sexos.
- Niños que presentan los 20 dientes temporales.
- Niños que acudan al Hospital Nacional "Daniel Alcides Carrión".

Criterios de exclusión:

- Niños con caries proximales.
- Niños en los que no será posible hacer el seguimiento.
- Niños con problemas esqueléticos o congénitos como paladar hendido y labio fisurado.
- Niños que presenten dientes supernumerarios o accesorios en su dentición temporal.
- Niños que presenten malos hábitos orales como chuparse los dedos, masticarse las uñas, lapiceros.

Para que la muestra sea representativa se solicitó el permiso del Hospital en mención para realizar en primer

lugar un examen clínico de pre-selección y en segundo lugar para el estudio propiamente dicho con los niños seleccionados, de esos niños pre-seleccionados para el estudio se les comunicó a sus padres mediante el consentimiento informado en el cual se le dio detalles de lo que realizaríamos en el estudio y a la vez lograr el consentimiento para trabajar con sus niños y contar con su apoyo; de estos niños pre-seleccionados se escogerán a los seleccionados propiamente dichos según la información y consentimiento que nos puedan dar los padres. Obtenida la muestra para el estudio se procedió como sigue:

- Los exámenes clínicos solamente fueron objetivos



Figura N° 2: Situación a los 5 años.

y no intervencionistas esto quiere decir que solamente observamos características como el tipo de plano Terminal molar, el tipo de arcada de la dentición temporal y consecuentemente las clases de maloclusión (Guía molar) de la dentición permanente.

- Los exámenes clínicos propiamente dichos de la muestra seleccionada fueron en total 5 de los cuales el primero y el último nos darán a conocer de manera determinante lo que queremos conocer en el estudio es por ello que en el instrumento sólo se considera el registro de estos la primera como medición basal y la última como medición post,

del segundo al cuarto examen solo fue de rutina para evaluar la erupción de la primeras molares permanentes, mantener en buenas condiciones las piezas dentales y como medio para contrarrestar la pérdida de la muestra por seguimiento, además se les condicionó regalándoles un cepillo dental cada vez que vengan a su examen clínico programado.

- Los intervalos para el seguimiento de cada examen clínico desde el primero fueron cada tres meses. Que fue comunicado oportunamente mediante un cronograma a los padres de los niños seleccionados después de la aceptación del consentimiento informado.

RESULTADOS

En la tabla 1, se muestra la frecuencia del tipo de plano terminal molar de la dentición temporal de cada niño donde se observa que el 52,5 % de niños presentó un tipo de plano terminal molar recto considerado el mayor porcentaje, seguido del plano terminal molar con escalón distal con 30 % y el plano terminal molar con escalón mesial con el menor porcentaje de 17,5 %, llegando a una conclusión que hay una mayor cantidad de niños con plano terminal molar recto y una menor cantidad con plano terminal molar con escalón mesial en la dentición temporal.

Tabla N° 1: Frecuencia del tipo de plano terminal molar de la dentición temporal.

Tipo de plano terminal molar	n	%
Recto	21	52,5
Escalón distal	12	30,0
Escalón mesial	7	17,5
Total	40	100,0

Tabla N° 2: Frecuencia del tipo de arcada de la dentición temporal.

Tipo de plano terminal molar	n	%
Abierta	26	65
Cerrada	14	35
Total	40	100

Tabla N° 3: Frecuencia de oclusión de la dentición permanente.

Oclusión de la dentición permanente	n	%
Normoclusión	14	35
Clase I	12	30
Clase II	8	20
Clase III	6	15
Total	40	100

La tabla 2, muestra la frecuencia del tipo de arcada de la dentición temporal de cada niño donde se observa que el 65 % de niños presentó el tipo de arcada abierta considerado el mayor porcentaje, el tipo de arcada cerrada se consideró con un 35 %, llegando a una conclusión que hubo una mayor cantidad de niños con el tipo de arcada abierta en la dentición temporal.

La tabla 3 muestra la distribución de las clases de maloclusión de la dentición permanente. Donde la normoclusión se consigna con el mayor porcentaje un 35 %, el tipo maloclusión clase I con el 30 %, la clase II se denota con un 20 % y la clase III con el menor porcentaje un 15 %. Llegando a una conclusión que hay una mayor cantidad de niños con normoclusión seguida de la maloclusión clase I de la dentición permanente y con una menor cantidad se consigna la maloclusión de clase III.

La tabla 4 muestra la relación del tipo de plano terminal molar de la dentición temporal con la oclusión de la dentición permanente, donde se observa que el tipo de plano terminal molar recto de la dentición temporal se relaciona con mayor frecuencia con la normoclusión y la clase I de maloclusión en un 25 % y 15 % respectivamente. Mientras que el tipo de plano terminal molar escalón mesial de la dentición temporal representa el menor porcentaje de las diferentes relaciones con las clases de maloclusión de la dentición permanente en un 17,5 %, llegando a la conclusión que el tipo de plano terminal molar recto de la dentición temporal se relaciona frecuentemente con la clase I de maloclusión de la dentición permanente; y el tipo de plano terminal molar escalón mesial se relaciona mayormente con la clase III de maloclusión de la dentición permanente.

La tabla 5 muestra la relación del tipo de arcada de

Tabla N° 4: Relación del tipo de plano terminal molar de la dentición temporal y la oclusión de la dentición permanente .

Tipo de plano terminal molar	Oclusión de la dentición permanente									
	Normoclusión		Clase I		Clase II		Clase III		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Recto	10	25	6	15	3	7,5	2	5	21	52,5
Escalón distal	2	5	4	10	4	10,0	2	5	12	30,0
Escalón mesial	2	5	2	5	1	2,5	2	5	7	17,5
Total	14	35	12	30	8	20	6	15	40	100,0

Tabla N° 5: Relación del tipo de arcada dentición temporal y las clases de maloclusión de la dentición permanente.

Tipo de arcada	Oclusión de la dentición permanente									
	Normoclusión		Clase I		Clase II		Clase III		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Abierta	10	25	8	20	4	10	4	10	26	65
Cerrada	4	10	4	10	4	10	2	5	14	35
Total	14	35	12	30	8	20	6	15	40	100

la dentición temporal con las clases de maloclusión de la dentición permanente. Donde se observó que el tipo de arcada abierta de la dentición temporal se relaciona con mayor frecuencia con la normoclusión y la clase I de maloclusión de la dentición permanente en un 25 % y 20 % respectivamente. Mientras que el tipo de arcada cerrada de la dentición temporal representa el menor porcentaje relacionado con la maloclusión clase III de la dentición permanente con un 5 %. Llegando a la conclusión que el tipo de arcada abierta de la dentición temporal se relaciona mayormente con la normoclusión y la clase I de maloclusión de la dentición permanente y el tipo de arcada cerrada de la dentición temporal se relaciona minoritariamente con la clase III de maloclusión de la dentición permanente.

DISCUSIÓN

La investigación realizada confirma que del total de niños examinados el 52,5 % de niños tuvo un tipo de plano terminal molar recto considerado el mayor porcentaje, seguido del plano terminal molar con escalón mesial con 30 % y el plano terminal molar con escalón distal con el menor porcentaje de 17,5 %.

En México, Medrano-Luna realizó un estudio epidemiológico para observar la distribución y frecuencia de algunas características de la dentición temporal y valorar el posible riesgo para el desarrollo de algún tipo de maloclusión. En éste, examinaron a 193 preescolares de la delegación de Iztapalapa en el año 2007. Los resultados fueron: 36,6 % de los preescolares presentaron lesiones cariosas interproximales profundas y/o pérdida dentaria prematura; no se observó dependencia de estas variables con relación a la edad y sexo. El 81,9 % mostró planos terminales rectos y mesial, de acuerdo a los resultados obtenidos la población mostró bajo riesgo para desarrollar algún tipo de maloclusión.

Asimismo, se confirma la naturaleza multifactorial de este proceso, en el cual, algunos otros factores pueden tener una influencia mayor en el desarrollo de la oclusión.

La utilización de la clasificación de Angle para la dentición permanente presenta poca dificultad y ha sido

el parámetro para múltiples estudios epidemiológicos (4). En la dentición mixta y en la dentición primaria existen limitaciones para el uso de la misma, derivadas de la falta de establecimiento de la relación del primer molar permanente, el cual puede estar no erupcionado o parcialmente erupcionado. También existen pequeños cambios en la relación molar inherentes al desarrollo de la dentición y al crecimiento de los maxilares. El plano terminal de los segundos molares primarios es de altísimo valor diagnóstico en estas denticiones sobre todo en el sector posterior y el tipo de arcada para el sector anterior. En el presente trabajo el diagnóstico dental de la maloclusión se basa en la relación de la primera molar permanente consecuentemente de la evaluación inicial en el plano terminal molar y tipo de arcada de la dentición temporal. Este diagnóstico se realizó de manera dinámica, tomando en consideración todos los factores correspondientes a la edad y estado del desarrollo de la dentición de cada paciente. Este enfoque sigue siendo altamente reproducible con excelente concordancia una vez realizada la observación.

A partir de los seis años, la dentición temporal va siendo sustituida por la dentición permanente, siendo los primeros molares inferiores los primeros que hacen erupción. La relación anteroposterior entre los dos primeros molares permanentes depende de sus posiciones en los maxilares, la relación sagital entre el maxilar y la mandíbula y los promedios de las dimensiones mesiodistales de las coronas de los molares deciduos, tanto maxilares como mandibulares. Una dentición primaria con diastemas pequeños o prácticamente sin diastemas en la región anterior es una indicación de espacio insuficiente en las arcadas para un recambio sin impedimentos de los incisivos. La distancia intercanina es demasiado pequeña.

El mantenimiento del espacio primate podría darse por la inclinación de las molares superiores. Según Zavaleta de Godoy existe un componente de fuerzas entre los dientes que se mantienen estables en sus posiciones, ejerciendo unos sobre otro una fuerza en sentido contrario (5).

El espaciamiento entre los incisivos primarios es un factor importante que permite que los incisivos permanentes relativamente grandes se acomoden en la arcada. La inclinación vestibular de los incisivos

permanentes proporciona más espacio, que aumenta el perímetro del arco, y lo mismo sucede con el crecimiento del hueso alveolar, el cual aumenta la amplitud intercanina en la arcada. Debido a que este crecimiento por lo general concluye cuando los incisivos laterales terminan de erupcionar, el apiñamiento no mejora en esa fase del desarrollo; de hecho, puede empeorar en años posteriores por la presión de los dientes posteriores apiñados.

Para ello debemos tener en cuenta cómo es que se establece la dentición permanente. A partir de los 6 años, la dentición temporal va siendo sustituida por la permanente. Antes de que erupcionen los dientes permanentes, el espacio interdental en el área antero-superior es 2,5 mm y 1 mm en el antero-inferior.

Luego de la erupción de los incisivos permanentes el espacio anteriormente citado disminuye. En la maxila hay exceso de espacio mientras que en la mandíbula hay falta de espacio. Después de la erupción de los incisivos laterales hay una falta de espacio de 1,6 mm en la mandíbula, observándose una discrepancia en tamaño, entre incisivos permanentes y deciduos.

El alineamiento de los incisivos inferiores es independiente de la relación de tamaño entre dientes permanentes y deciduos que van a ser reemplazados. Esto es más bien dependiente del aumento del espacio interdental en la dentición decidua y al incremento del perímetro de arco, debido al posicionamiento anterior de los incisivos permanentes.

Al erupcionar los incisivos laterales superiores, estos presionan a los caninos deciduos hacia distal, incrementando así el arco, cerrando el espacio primate y esto a la vez genera una repercusión en el arco superior.

Los incisivos superiores erupcionan hacia labial y presentan un diastema interincisal. El incisivo lateral superior deciduo migra hacia distal (empujado por la presión de la corona de los centrales permanentes sobre su raíz) y ocupa el espacio de primate que ahí existía.

Según Baume, los niños portadores del arco tipo I, con espacios generalizados en la dentición decidua, presentaban un pronóstico más favorable al cambiar los incisivos deciduos por los permanentes, es decir no presentarán apiñamiento. Por otro lado los niños portadores del arco tipo II, sin presencia de espacios generalizados, tiene mayor tendencia al apiñamiento en los incisivos permanentes (3).

Las conclusiones de este estudio son:

Hay una mayor cantidad de niños con plano terminal molar recto y una menor cantidad con plano terminal

molar con escalón mesial de la dentición temporal.

Hubo una mayor cantidad de niños con el tipo de arcada abierta y en casi la mitad de esta, con el tipo de arcada cerrada de la dentición temporal.

Hay una mayor cantidad de niños con normoclusión seguida de la maloclusión clase I de la dentición permanente y con una menor cantidad se consigna la maloclusión de clase III.

El tipo de arcada abierta se relaciona con mayor frecuencia y por lo tanto con un mayor porcentaje con el tipo de plano terminal molar recto y el mismo tipo de arcada se relaciona con menor frecuencia y porcentaje con el tipo de plano terminal mesial.

El tipo de plano terminal molar recto de la dentición temporal se relaciona frecuentemente con la clase I de maloclusión de la dentición permanente; y el tipo de plano terminal molar escalón mesial se relaciona mayormente con la clase III de maloclusión de la dentición permanente

El tipo de arcada abierta de la dentición temporal se relaciona mayormente con la normoclusión y la clase I de maloclusión de la dentición permanente y el tipo de arcada cerrada de la dentición temporal se relaciona minoritariamente con la clase III de maloclusión de la dentición permanente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Urrego-Burbano P, Jiménez-Arroyave L, Londoño-Bolívar M, Zapata-Tamayo M, Botero-Mariaca P Perfil epidemiológico de la oclusión dental en escolares de Envigado, Colombia. Rev. salud pública. 2011; 13(6): 1010-1021.
2. Medrano-Luna J. Distribución y frecuencia de algunas características de la dentición temporal y valorar el posible riesgo para el desarrollo de algún tipo de maloclusión en preescolares de la delegación de Iztapalapa México. Ciencia UANL. 2007; 7: 88-95.
3. Baume L. Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion. I. The biogenic course of the deciduous dentition. J Dent Res. 1950; 29: 123-132.
4. Angle EH. Classification of malocclusion. Dental Cosmos. 1899; 41(18): 248-263.
5. Zabaleta de Godoy V, Chelotti A, Matson E. Contribuição ao estudo das inclinações das faces oclusais dos primeiros molares deciduos inferiores em relação as dos segundos molares deciduos inferiores. Rev Fac Odont. 1986; 24(2): 57-61.

Participación social y cuidado de la salud reproductiva en comunidades rurales de Junín

Social participation and reproductive health care in rural communities in Junin

María Leonor Romero Santillana¹

Universidad Santo Tomás de Aquino

ma21lerosa@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue identificar el tipo de participación social y su relación con el cuidado de la salud reproductiva en la zona andina de Comas. El alcance de este estudio fue correlacional transversal, diseño no experimental, tuvo como muestra 200 pobladores de Comas. Los resultados mostraron que el tipo de participación social predominante, es la modalidad colaborativa (78,5 %), referente al cuidado de la salud sexual la población tiene un conocimiento regular (58,5 %), que los conlleva a tener actitudes negativas (91,6 %), y conductas de riesgo (82,08 %). La participación social, es un proceso por el cual los individuos y las familias toman a cargo su propia salud, su bienestar y el de la comunidad. Gracias a esta participación, los individuos y los grupos sociales aprenden a asumir, sus responsabilidades en salud, entre ellas la salud reproductiva, contribuyendo a un desarrollo global, familiar y de la comunidad en general. A sido demostrado que los servicios de salud no son suficientes para mejorar las situación de salud reproductiva sobre todo en aquellas poblaciones vulnerables o debilitadas por el lugar donde viven o por las condiciones de pobreza en la que se encuentran. En conclusión, en la zona andina de Comas la participación social se limita a la colaboración en los requerimientos del establecimiento de salud, lo cual tiene relación estadísticamente significativa con el cuidado de la salud reproductiva.

Palabras clave: Salud pública, participación social, salud sexual y reproductiva.

ABSTRACT

This research aimed to identify the kind of social participation and its relationship with the reproductive health care in the Comas Andean region. The scope of this study was correlational, cross-sectional, and non-experimental design; the sample studied was composed of 200 Comas residents. Results showed that the collaborative mode (78,5 %) is the predominant form of social participation; referring to sexual health care the population had more or less knowledge (58,5 %), which leads to negative attitudes (91,6 %) and risky behavior (82,08 %). Social participation is a process by which individuals and families take care of their own health, welfare and community. Thanks to this participation, individuals and social groups learn to assume their responsibilities in health, including reproductive health; thus, actively contributing to the global and family community development. It has been shown that health services are not enough to improve the reproductive health situation, especially of the vulnerable or weakened who live in poverty. Ultimately, the social participation in the Comas Andean region is limited to the cooperation of the health facility's requirements which has statistically significant relationship with reproductive health care.

Keywords: Public health, social participation, sexual and reproductive health.

Historial del artículo:

Recibido: 29 de agosto de 2015. Aprobado: 15 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Doctora en Salud Pública, rectora de la Universidad Santo Tomás de Aquino, Huancayo, Perú.

INTRODUCCIÓN

La calidad de vida y la salud de las personas están en gran medida influenciadas por sus conductas y comportamientos en la esfera sexual y reproductiva; por lo tanto el desarrollo de la salud sexual y reproductiva constituye un elemento clave para mejorar la calidad de vida de las personas, y para ello se debe tener como poderoso aliado la participación social.

Por tanto, al identificar la perspectiva de participación social de los pobladores de una comunidad, su modalidad de participación y cómo influye o participa en la toma de decisiones en acciones de salud sexual y reproductiva permitirá por fin trabajar en forma conjunta la comunidad y los servicios de salud, para así lograr el desarrollo de la salud sexual y reproductiva de los pobladores que tienen algo en común, ser habitantes de una región andina, motivo por el que se formuló la siguiente interrogante: ¿Cuál es tipo de participación social y su relación con el cuidado de la salud reproductiva en la región andina de Comas?

Con el deseo de lograr una aproximación a la realidad problemática, es que se planteó como objetivo identificar el tipo de participación social y su relación con el cuidado de la salud reproductiva en la región andina de Comas, estableciéndose como hipótesis: La participación social con modalidad colaborativa, está directamente asociada a una población con conocimiento deficiente, actitud indiferente y conductas reproductivas de riesgo. Proponiendo indicadores que en el futuro ayuden a conocer la realidad de una población en relación a la participación social para lograr así el desarrollo de la salud sexual y reproductiva en las regiones andinas del Perú.

Esta investigación es conveniente porque podrá servir como referencia para posteriores trabajos de investigación. Además al lograr una verdadera participación social en salud sexual y reproductiva en las comunidades se orientará los recursos existentes a la prevención de los problemas de salud disminuyendo así los costos que implica trabajar con un enfoque recuperativo. Por otro lado, asegurar una participación activa de la población en la identificación de problemas, el planteamiento de soluciones y en la aplicación de las estrategias de solución en salud sexual y reproductiva contribuirá a la disminución y control de las elevadas tasas de morbi mortalidad materna perinatal sobre todo en las zonas de extrema pobreza de las zonas andinas.

El éxito de la propuesta impulsará el trabajo comunitario y brindará a los trabajadores de salud herramientas para lograr el involucramiento de la población en los problemas de salud sexual y reproductiva. Después del respectivo análisis de escenarios, se llegó a la conclusión de que esta investigación no presenta

limitaciones si se encuentran dentro del espacio del poder individual, sin embargo se identifican algunas limitaciones en el espacio general y específicamente en lo relacionado a los aspectos de orden administrativo y de revisión de los documentos inherentes lo cual podría retardar mas no impedir la ejecución de la presente investigación.

El problema de investigación surge ante la evidencia de que, ante diferentes estrategias para lograr la participación social en las actividades de salud sexual y reproductiva, la población aún no ejerce un papel preponderante en esta área.

El desarrollo de la salud sexual y reproductiva constituye un elemento clave para mejorar la calidad de vida de las personas, y para alcanzar este desarrollo se debe tener como poderoso aliado la participación de la sociedad en general. El desarrollo en salud sexual y reproductiva al que se aspira comprende la participación de los ciudadanos como un aspecto fundamental en la toma de decisiones.

La sociedad y sus organizaciones deben tomar parte en la formulación, ejecución y evaluación de las estrategias en salud sexual y reproductiva, así como en las tareas de contraloría sobre el desempeño de los proveedores de estos servicios.

En última instancia se busca llegar al momento en que la participación social quede establecida como cultura; es decir, como fundamento de las formas de relación, producción, creación, y reproducción de la sociedad, establecida a todo nivel al ser interiorizada por individuos y actores sociales como una manera "normal" de relacionarse.

El ministerio de salud en concordancia con los lineamientos de política sectorial y los objetivos del milenio propone a través de un documento de promoción de salud sexual y reproductiva (1), que se incentive la participación comunitaria como una estrategia para mejorar la salud sexual y reproductiva de los pueblos.

La reproducción humana, sobre todo en los andes resulta de una compleja trama de relaciones sociales, de modo que la procreación, roles de género y organización familiar, responden a sistemas normativos de control social, que pueden ser favorables o no (2).

Los problemas de salud sexual que aquejan a los pueblos en la Región de las Américas se acentúan en los grupos que por razones históricas, culturales, económicas se encuentran en situación de desventaja. Entre los miembros de los pueblos indígenas en el Hemisferio Occidental las infecciones de transmisión sexual, incluyendo el VIH/SIDA, son algunas de las expresiones más visibles de las inequidades en

el acceso a la salud, incluyendo la salud sexual y reproductiva.

Comas es una región andina, y se encuentra ubicada en la Provincia de Concepción, del departamento de Junín; se encuentra a 3800 m s.n.m., está considerado como una de las zonas que presentan los más altos índices de pobreza (0,061) (3), y se encuentra en el puesto N° 541 del total de distritos en pobreza del país (4)

MATERIAL Y MÉTODOS

El tipo de investigación es explicativa, correlacional, de corte transversal, de diseño no experimental, debido a que intenta establecer una relación entre el tipo de participación social y su relación con el cuidado de la salud reproductiva, de los pobladores de la región andina de Comas, además, es de corte transversal debido a que las variables se medirán solo en un momento dado, sin pretender evaluar la evolución de las mismas y no experimental por que el investigador no podrá manipular las variables de investigación.

Su universo está constituido por la población de Comas, y por aquellas personas que cumplan con los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión: Personas que habiten en el distrito de Comas con edades comprendidas entre 15 a 49 años, y se encuentren en completo uso de sus facultades.

Unidad de análisis: Personas de 15 a 49 años que habitan en el lugar de estudio; seleccionados a través de la fórmula de tamaño muestral para poblaciones finitas con una confiabilidad del 95 % y una precisión absoluta del 5 %, obteniéndose una cifra de 200 personas.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Se utilizó como técnica la encuesta y como instrumento un cuestionario estructurado de 20 preguntas cerradas, el cuál fue validado mediante un estudio piloto realizado con diez personas mayores de 15 años y menores de 49 años en tres lugares con características similares a los lugares de estudio.

Para la confiabilidad del instrumento, se sometió a evaluación a través de la opinión de nueve expertos.

Los datos obtenidos fueron codificados y se digitaron en una base de datos confeccionada para tal efecto, en el Programa SPSS.

Para determinar la significancia y el nivel de asociación entre las variables se realizó el análisis de Chi Cuadrado o Fisher.

RESULTADOS

En la tabla 1 se evidencia que en Comas, existe un nivel mínimo de participación, la comunidad se limita a la colaboración (78,50), solo 11 % de los pobladores realiza alguna actividad impulsada por ellos mismos para cuidar la salud individual, familiar o de la comunidad, (autogestión).

Tabla N° 1: Tipo de participación.

	Frecuencia	%
Autogestión	22	11,00
Cogestión	21	10,50
Colaboración	157	78,50
Total	200	100,00

En la tabla 2, encontramos que el 75,5 % de los pobladores de la región andina de Comas presentan en general un conocimiento entre regular y deficiente en salud reproductiva (17 + 58,5 %), aspecto que realmente es de gran preocupación debido a que está demostrado que la educación aumenta el estatus de la población, las mujeres con mayor nivel educativo tienen menos hijos y los tienen más tarde. Además son mejores madres (5).

Tabla N° 2: Distribución de los encuestados según nivel de conocimiento en salud reproductiva.

Conocimiento en salud reproductiva	Frecuencia	%
Deficiente	34	17,00
Regular	117	58,50
Óptimo	49	24,50
Total	200	100,00

La tabla 3, muestra, que si el conocimiento en salud reproductiva es deficiente, 7, menos personas podrán tener un tipo de participación social de Autogestión, teniendo en cuenta que este tipo de participación es la tan anhelada por los gestores y servicios de salud, pues sería la evidencia de que la población asume su responsabilidad en el autocuidado de la salud. Mientras que si el conocimiento es óptimo 10, es mayor la participación del tipo autogestión. Existe relación estadísticamente significativa entre conocimiento en salud reproductiva y tipo de participación social.

Tabla N° 3: Conocimiento en salud reproductiva según tipo de participación social.

Conocimiento en salud reproductiva	Tipo de participación social			Total
	Auto gestión	Co gestión	Colaboración	
Deficiente	7	2	25	34
Regular	5	18	94	117
Óptimo	10	1	38	49
Total	22	21	157	200
Chi-Square Tests	Asymp. Sig. 0,000498288			

Tabla N° 4: Distribución de la población según actitud en salud reproductiva.

Actitud en salud reproductiva	Frecuencia	%
Negativa	105	52,50
Indiferente	60	30,00
Positiva	35	17,50
Total	200	100,00

La actitud de la población de Comas respecto a la salud reproductiva es una de las principales variables en esta investigación y encontramos que el 82,5 % de la población tiene una actitud entre negativa e indiferente frente a este tema, aspecto que nos dice de las posibles conductas de riesgo que puede conllevarlos a contraer infecciones o complicaciones que pueden poner en peligro sus vidas.

Tabla N° 6: Distribución de la población de estudio según conducta en salud reproductiva.

Conducta en Salud Reproductiva	Frecuencia	%
Adecuada	94	47
Inadecuada	106	53
Total	200	100

social y la conducta que asumen los pobladores de la región andina de Comas, donde se puede observar que si existe mayor proporción de personas que trabajan en los problemas de salud con el tipo de participación de autogestión, su conducta en salud reproductiva es adecuada (15,96 %), mientras que si la proporción de personas en este tipo de participación

Tabla N° 5: Actitud en salud reproductiva según tipo de participación social.

Actitud salud reproductiva	Tipo de participación social						Total	
	Autogestión		Cogestión		Colaboración			
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Negativa	13	12,38	13	12,38	79	75,24	105	100
Positiva	8	22,86	4	11,43	23	65,71	35	100
Indiferente	1	1,67	4	6,67	55	91,66	60	100
Total	22	11,00	21	10,50	157	78,50	200	100
Pearson Chi-Square: Asymp. Sig. . (2-sided)						0,006		

Tabla N° 7: Conducta en salud reproductiva según tipo de participación social.

Conducta salud reproductiva	Tipo de participación social						Total	
	Autogestión		Cogestión		Colaboración			
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Inadecuada	7	6,60	12	11,32	87	82,08	106	100
Adecuada	15	15,96	9	9,57	70	74,50	94	100
Total	22	11,00	21	10,50	157	78,50	200	100
Pearson Chi-Square: Asymp. Sig. . (2-sided)						0,104 NS		

En la tabla 5 se puede evidenciar la relación estadísticamente significativa entre el tipo de participación social y la actitud en salud reproductiva ($\chi^2 = 0,006$), y se observa además que si la población participa en mayor proporción como autogestión, entonces su actitud en salud reproductiva será positiva (22,86 %).

La tabla 6 permite observar que el 53 % de la población encuestada tiene conductas inadecuadas en salud reproductiva, situación que se debe resaltar pues nos habla de una población en riesgo elevado, debido a que tienen mayor probabilidad de enfermar o morir por aspectos relacionados a Infecciones de transmisión sexual y SIDA, embarazos no deseados etc.

La tabla 7 muestra la relación entre la participación

social es menor (6,60 %) su conducta en salud sexual y reproductiva es inadecuada.

DISCUSIÓN

En Comas, cuya jurisdicción incluye poblaciones de extrema pobreza como por ejemplo Andamarca, prevalece la participación social de tipo colaborativa (78,5 %). (tabla 1). En las comunidades estudiadas existe un nivel mínimo de participación, la comunidad se limita a la cooperación y a la utilización de los servicios de salud. Esto probablemente debido a la inexistencia de mecanismos creados por la comunidad para una participación activa de la población.

El grado de organización en las comunidades y la

percepción de la salud sexual y reproductiva como importante para el desarrollo de la comunidad son requisito indiscutible para este tipo de participación. Solo estando presentes estas condiciones, podría la comunidad propiciar mecanismos que conlleven al involucramiento más dinámico de la población en temas prioritarios, como la salud de las gestantes y de toda la población al evitar enfermar y morir por abortos e infecciones de transmisión sexual y SIDA.

Una posible explicación podría ser que la condición de pobreza de los pobladores es tal que su principal preocupación no está dirigida precisamente a mejorar la salud sexual y reproductiva de la población, si no a satisfacer sus necesidades básicas (6).

En cuanto al conocimiento se podría decir que a través de una mayor atención política y el involucramiento de las autoridades y los principales actores sociales en temas de población y salud sexual y reproductiva, podrían generarse condiciones para un avance más rápido en la reducción de la expansión del SIDA, de la pobreza, la mortalidad materna e infantil, las disparidades e inequidades de género (7, 8, 9).

El 75,5 % de los pobladores de la región andina de Comas, presentan en general un conocimiento entre regular y deficiente en salud sexual y reproductiva, (tabla 2), aspecto que realmente es de gran preocupación debido a que está demostrada la relación entre educación y salud.

La probabilidad de que la población de las zonas rurales o que se encuentren en pobreza extrema contraiga alguna infección de transmisión sexual o SIDA es mucho mayor que en el resto de poblaciones por falta de conocimientos sobre la forma en que estas infecciones se contraen y la forma de evitarlos.

Según ENDES 2014, El riesgo de contraer VIH por falta de conocimientos involucra a las que no tienen educación (29,8 %) y las que pertenecen al quintil inferior de riqueza (14,2 %). Según área de residencia, este porcentaje fue mayor en el área rural (11 %), en comparación a la urbana (0,9 %).

Se encontró que existe una asociación estadística altamente significativa ($\chi^2=0,0004$), (tabla 3) entre el conocimiento sobre salud sexual y reproductiva y el tipo ó modalidad en que participa la población para la identificación, gestión y evaluación de las estrategias aplicadas para solucionar los problemas de salud reproductiva, aspecto que acepta la hipótesis planteada. Y que además se ve refrendada por diversos estudios quienes refieren que buenos niveles de conocimiento y capacidad de autodeterminación son elementos claves, para reducir los riesgos de contagio de VIH-SIDA en la población.

Otros estudios (10) mencionan haber encontrado diferencias de conocimiento y comportamiento según género, edad, etnia y educación, aspecto que podría justificar el bajo nivel de conocimientos de esta población ya que el estudio se realizó en poblaciones andinas rurales y de extrema pobreza, quienes tienen una idiosincrasia, cultura, y hábitos diferentes.

Referente a la actitud se puede decir que, aunque tradicionalmente los servicios de atención de la salud reproductiva se ofrecían solo a las mujeres de edad fértil, los estudios sobre desarrollo han demostrado que la formación de actitudes se inicia en los primeros años de la vida de una persona, mucho antes de llegar a la edad escolar, los niños ya tienen conocimiento sobre las relaciones sexuales entre hombres y mujeres, y tienen su propia actitud con respecto al comportamiento y al modo de vida. En la presente investigación se encontró que el 82,5 % de la población tiene una actitud entre negativa e indiferente frente a este tema (tabla 4), mientras que solo el 17,5 % de la población encuestada tiene una actitud positiva; aspecto que se ve respaldado por algunos estudios que muestran que, en su mayoría, los jóvenes de 20 años han tenido varias parejas sexuales sin ninguna protección para prevenir las infecciones de transmisión sexual o el embarazo (11). Otras investigaciones refieren que la percepción de riesgo fue encontrada en correlación con un mayor nivel de educación.

Al confrontar estas cifras con el tipo de participación Social se puede observar que entre ambas variables de estudio, existe asociación estadísticamente significativa, ($\chi^2 = 0,006$), (tabla 5), estadístico que acepta la hipótesis planteada y nos demuestra que si la actitud es indiferente solo el 1,67 % intenta hacer algo para mejorar la salud reproductiva, lo que se define como tipo ó modalidad de autogestión, mientras que si la actitud es positiva, el 22,86 % intenta realizar alguna gestión para mejorar esta situación.

En cuanto a la conducta, el comportamiento reproductivo es un tema muy actual, en el que un componente central es el proceso de toma de decisiones en las relaciones sexuales, lo que está muy interrelacionado con la adopción de anticonceptivos y la prevención de infecciones de transmisión sexual (ITS) y del VIH. Entender este punto de vista ha sido reconocido, desde la Conferencia de El Cairo, como imprescindible para mejorar, así como para disminuir el riesgo o el daño en la salud reproductiva, tanto de hombres como de mujeres (12).

Entender el comportamiento y el punto de vista sobre salud sexual y reproductiva de una población es importante debido a que se relaciona con el papel dominante, que ejercen los varones en las decisiones relacionadas con la reproducción y fuera de ellas, dada la prevaleciente asimetría de género que existe

en muchas sociedades, y de lo que aún no se tiene medida en las zonas rurales y andinas del país.

En un intento de conocer el comportamiento de las poblaciones andinas respecto a la salud sexual y reproductiva es que se obtuvo como resultado que el 47 % de la población tienen conductas inadecuadas, estos resultados son coherentes con lo mencionado en otras investigaciones (13).

Al relacionar la conducta con el tipo de participación social, se encuentra que solo el 6,6 % de las personas que tienen una conducta inadecuada se preocupan por los problemas de salud reproductiva y se deciden por hacer algún tipo de gestión individual (autogestión) mientras que esta cifra es mayor en aquellos que tienen conducta adecuada 15,96 % (tabla 7).

Por lo tanto la conducta debe estar dirigida hacia la obtención de conocimientos para prevenir las ITS, asumiendo en la vida comportamientos sexuales saludables, placenteros y protegidos, puesto que se sabe que la sexualidad va más allá de lo físico, (relaciones sexuales) y se traduce en las diferentes conductas que tienen las personas para expresarse y relacionarse con su entorno social, constituye además, una fuente importante de bienestar y placer tanto físico como mental, y es uno de los ejes fundamentales sobre los que se construyen las desigualdades e inequidades.

El total de resultados tienen una gran utilidad pues permitieron alcanzar cada uno de los objetivos formulados en la investigación además de permitir dilucidar una serie de aspectos que hasta la fecha no se conocían y que servirán para fundamentar los lineamientos y políticas de salud pública.

En conclusión, el tipo de Participación social en salud sexual y reproductiva que predomina en la región andina de Comas es colaborativa. Los pobladores de esta región, tienen conocimiento deficiente respecto a salud sexual y reproductiva, lo que les lleva a tener actitudes negativas y conductas de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Salud del Perú. Documento técnico. Modelo de abordaje de promoción de la salud en el Perú: acciones a desarrollar en el eje temático de salud sexual y reproductiva. Lima: MINSA / DGPS; 2009.
2. Yañez J. Promoción de la salud sexual y reproductiva del VIH – Sida y de las ITS en los pueblos Indígenas de las Américas. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud; 2003.
3. Dirección Regional de Salud – Junín. Análisis de la situación de salud de la región Junín. Lima: DIRESA – Junín / Oficina de Epidemiología; 2007.
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Mapa de pobreza provincial y distrital. Lima: INEI; 2013.
5. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Ginebra: [citado el 20 de agosto de 2015]. La educación y la salud están íntimamente unidas [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: http://www.who.int/dg/speeches/2010/educationandhealth_20100920/es/
6. ONUSIDA. Ethical considerations in biomedical HIV prevention trials. Ginebra: OMS / ONUSIDA; 2000.
7. Organización Panamericana de la Salud. Marco referencial y estratégico de la cooperación técnica en salud y desarrollo local. Ginebra: OMS / Unidad de Entornos Saludables; 2005.
8. Gildardo A. Participación ciudadana en el RETC. Una experiencia para hacer efectivo el derecho a la información: ONU; 2001.
9. Miller K, Miller R, Askew I, et al. Clinic-based family planning and reproductive health services in Africa: Findings from situation analysis studies. New York: Population Council; 1998.
10. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta demográfica y de salud familiar. Lima: INEI / ENDES; 2014
11. Chacon-Quesada T, Corrales-González D, Garbanzo-Núñez D, Gutiérrez-Yglesias J, Hernández-Sandí A, et al. ITS y Sida en adolescentes: descripción, prevención y marco legal. Med. leg. Costa Rica. 2009; 26(2): 79-98.
12. Oakley P Intervención de la comunidad en el desarrollo sanitario. Examen de los aspectos esenciales. Ginebra: OMS; 1990.
13. Rodríguez A, Álvarez L. Percepciones y comportamientos de riesgo en la vida sexual y reproductiva de los adolescentes. Rev Cubana Salud Pública. 2006; 32(1).

Promoción y prevención del cáncer de cérvix en Huancayo

Campaign for cervical cancer prevention in Huancayo

Areth Mejia Cuyatti¹
Universidad Continental

Leticia Ribbeck Soto²
Universidad Continental
leth.ribbeck95@gmail.com

Nataly Romero Manrique³
Universidad Continental

RESUMEN

El objetivo ha sido sensibilizar a la población del barrio de Incho en el distrito de El Tambo en Huancayo sobre la prevención del cáncer de cérvix, asimismo difundir a la población sobre la importancia del tamizaje de Papanicolaou. En las actividades previas se utilizó la espina de Ishikawa y el cuadro de priorización de problemas para identificar las causas por las cuales la población femenina expuesta al cáncer de Cérvix no conoce cómo prevenir esta enfermedad. Para cumplir el objetivo se realizó campañas de capacitación a la población a través de material impreso con información completa de prevención de cáncer de Cérvix, también se aplicó un cuestionario para recoger datos respecto al conocimiento de la enfermedad. Como resultado se encontró que la mayoría de las mujeres no habían recibido este tipo de charlas, más del 50 % no conocía maneras de prevenir el cáncer de Cérvix, sin embargo la mayoría tenía conocimiento del Test de Papanicolaou; asimismo la mayor parte de las entrevistadas después de la sensibilización se sentían más satisfechas respecto a las dudas que tenían sobre el cáncer de Cérvix. En conclusión estos programas de sensibilización a la población ayudan a poblaciones vulnerables a que puedan prevenir esta enfermedad, y contribuyen a mejorar el compromiso de asistencia de las mujeres a los centros de salud para realizar sus pruebas respectivas.

Palabras clave: Cáncer de Cérvix, test de Papanicolaou, factores de riesgo.

ABSTRACT

The study goal was raising awareness in the Incho neighborhood, El Tambo district from Huancayo about cervical cancer prevention, and also spread this awareness to the population on the importance of Papanicolaou smear screening. In Previous activities, Ishikawa spine and the prioritizing problems table were used to identify the reasons why female population exposed to cervical cancer does not know how to prevent this disease. In order to reach the goal, advocacy campaign efforts were performed to meet the population target through printed material with full information on cervical cancer prevention; a questionnaire to collect data regarding the disease knowledge was also used. As a Result, most women had not received this kind of information, more than 50 % did not know how to prevent cervical cancer, however, most of them knew about the Papanicolaou Test. Likewise, after sensitization the majority of the examined women had their doubts satisfied regarding cervical cancer. Finally, these sensitization programs help prevent the spread of disease on vulnerable populations, and improve women's agreement to attend health centers for their respective check-ups.

Keywords: Cervical cancer, pap test, risk factors.

Historial del artículo:

Recibido: 21 de octubre de 2015. Aprobado: 20 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Estudiante de Medicina Humana de la Universidad Continental.

² Estudiante de Medicina Humana de la Universidad Continental.

³ Estudiante de Medicina Humana de la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cáncer cervical es el tercer tipo de cáncer más común en las mujeres. Es mucho menos común en los Estados Unidos debido al uso rutinario de citologías vaginales (pruebas de Papanicolau). Los cánceres cervicales comienzan en las células de la superficie del cuello uterino.

Existen dos tipos de células en dicha superficie: escamosas y columnares. La mayoría de los cánceres de cuello uterino provienen de las células escamosas.

El desarrollo del cáncer cervical generalmente es muy

pueden causar verrugas genitales, mientras que otras no causan ningún problema en absoluto. Los hábitos y patrones sexuales de una mujer pueden aumentar su riesgo de padecer cáncer cervical.

Las prácticas sexuales riesgosas abarcan:

- Tener relaciones sexuales a una edad temprana.
- Tener múltiples parejas sexuales.
- Tener una pareja o múltiples parejas que participen en actividades sexuales de alto riesgo.

El cáncer cervical se puede prevenir haciendo lo siguiente:

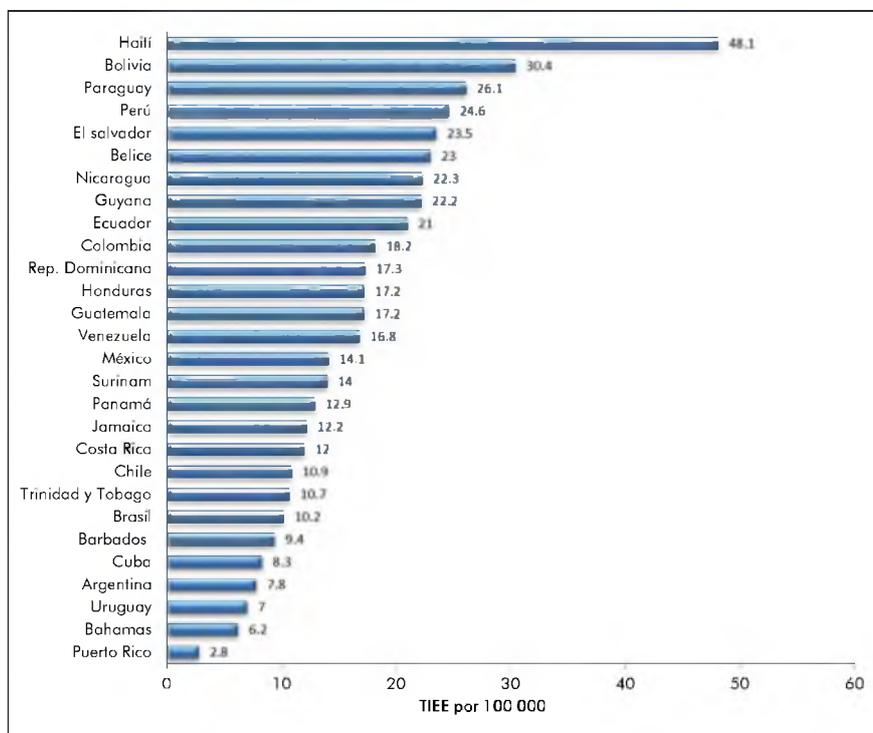


Figura N° 1: Mortalidad por cáncer de cuello uterino en países de América Latina.

Fuente: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ginecologia/vol53_n2/pdf/A05V53N2.pdf

lento y comienza como una afección precancerosa llamada displasia. Esta afección se puede detectar por medio de una citología vaginal y es 100 % curable. Pueden pasar años para que los cambios se conviertan en cáncer cervical. La mayoría de las mujeres a quienes se les diagnostica cáncer cervical en la actualidad no se han sometido a citologías vaginales regulares o no han tenido un seguimiento por resultados anormales en éstas.

Casi todos los cánceres cervicales son causados por el virus del papiloma humano (VPH), un virus común que se disemina a través de las relaciones sexuales. Existen muchos tipos diferentes (cepas) de VPH y algunas cepas llevan a cáncer cervical. Otras cepas

• Hacerse aplicar la vacuna contra el VPH. Previene la mayoría de los tipos de infecciones por el VPH que causan cáncer de cuello uterino. El médico puede decirle si la vacuna es apropiada en su caso.

• Practicar relaciones sexuales con protección. El uso del condón durante la relación sexual reduce el riesgo de contraer el VPH y otras infecciones de transmisión sexual (ITS).

• Limitar el número de compañeros sexuales que tenga y evitar las parejas que participen en actividades sexuales de alto riesgo.

• Hacerse citologías vaginales con la frecuencia que

el médico le recomiende. Las citologías vaginales pueden ayudar a detectar cambios precoces, los cuales pueden tratarse antes de que se conviertan en cáncer cervical. Es importante practicarse esta prueba para tener la seguridad de que no existe ningún problema de cáncer en el cuello de la matriz, la prueba del Papanicolaou ayuda a detectar cualquier anomalía y así estar a tiempo de seguir un tratamiento en caso de existir algún riesgo de cualquier enfermedad.

El problema que dio origen a esta investigación ha estado relacionado a la falta de asistencia directa a un grupo poblacional con información sobre prevención del cáncer de Cérvix, para lo cual se acudió al puesto

tenerlo como una edad avanzada (mayores de 45 años).

Entre los problemas identificados se tienen, los aspectos culturales como la falta de conocimiento y desinterés de la población sobre la forma de prevención del virus de cáncer de cuello uterino además de las pruebas que se realizan como el test de Papanicolaou y falta de campañas informativas para la toma del Papanicolaou; también la falta de personal capacitado para la realización masiva de Papanicolaou y el desinterés del personal sobre la población de Incho respecto a la aplicación masiva del Papanicolaou; también sobre los materiales y equipamiento del puesto de salud de Incho se tomó conocimiento sobre la falta

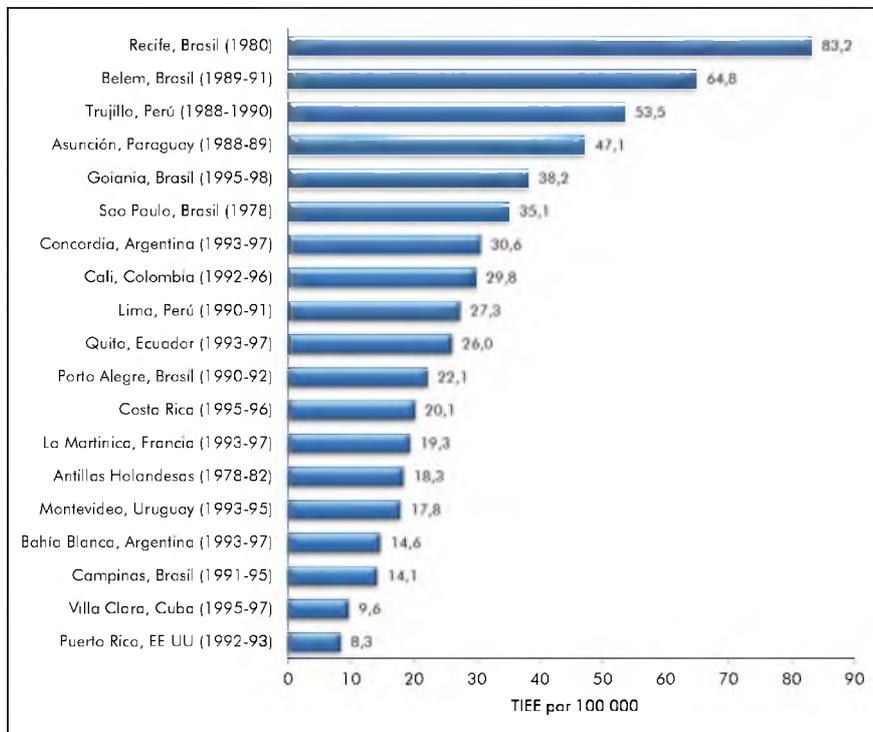


Figura N° 2: Incidencia de cáncer de cérvix en registros de cáncer de América Latina

Fuente: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ginecologia/vol53_n2/pdf/A05V53N2.pdf

de salud de Incho, aplicando el ASIS (Análisis de situación de salud), para identificación de problemas que afecta la calidad de salud de la población, diagnosticando los problemas demográficos, determinantes ambientales, determinantes económicos, y determinantes asociados a la oferta y la demanda de la población con el puesto de salud. Se identificó que la cantidad de exámenes realizados en el puesto de salud de Incho ha sido relativamente baja, siendo muy importante estos exámenes para la prevención de procesos cancerígenos u oncológicos, que pueden ser prevenibles con la realización de el "Test de Papanicolaou", si es realizado a mujeres que ya han tenido o mantienen una vida sexual activa, y están dentro de una población muy propensas a

de organización y disposición de materiales para la realización masiva de Papanicolaou; finalmente el escaso presupuesto para la compra de insumos.

Se identificó que la cantidad de exámenes realizados en el puesto de salud de Incho es baja, siendo importante estos exámenes para la prevención de procesos cancerígenos u oncológicos, que pueden ser prevenibles con la realización del el test Papanicolaou si se realiza a mujeres que ya han tenido o mantienen una vida sexual activa.

Campaña preventiva de cáncer de Cérvix

La población en la cual se intervino estuvo compuesta por madres de familia del anexo de Incho en el distrito de El Tambo, Huancayo. Se empleó material impreso (afiches y volantes) para tener la participación voluntaria de las madres en Incho, el local de la reunión fue el Colegio "Corazón de Jesús", ubicado en el Psje. Augusto Salazar Bondy N° 250, Urb. Siglo XX. Se logró tener información de 70 madres de familia.

Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario semi estructurado que constó de 10 preguntas las cuales incluyeron: datos generales de la pobladora asistente (Nombre y edad), y preguntas sobre si antes de la charla recibida conocía algunos conceptos de prevención, los test que se pueda realizar, y

no había recibido anteriormente charlas informativas de cómo prevenir el Cáncer de Cuello Uterino, ni sabían sus formas de prevención. Pero sin embargo la mayoría de esta población sabía que el test de Papanicolaou se realiza para hacer despistajes de cáncer de cérvix. Desconocían cada cuanto tiempo se tenían que realizar este Test.

De la población encuestada la mayoría no se había realizado en ninguna oportunidad el test de Papanicolaou.

Absolutamente toda la población después de haber recibido la charla quedó con el compromiso de asistir al centro de salud más cercano para realizarse el test de Papanicolaou.

- Con los resultados en las encuestas, la mayor

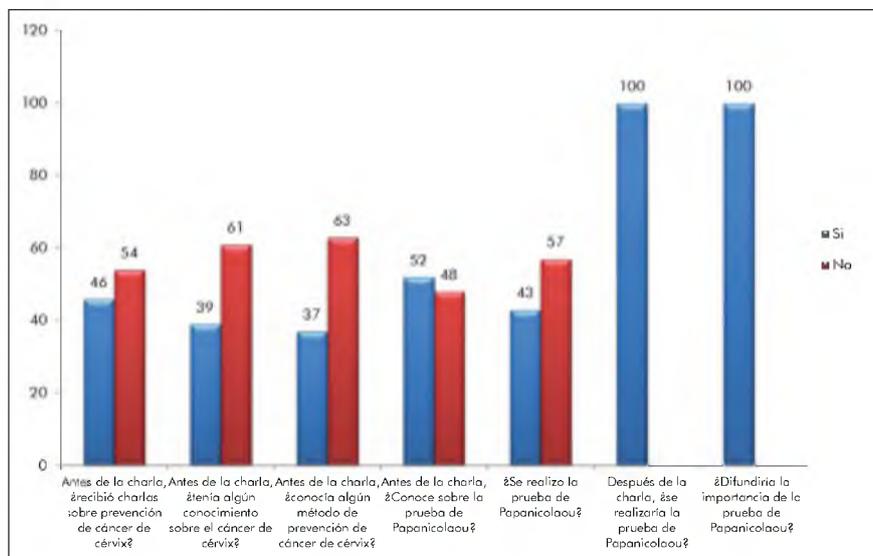


Figura N° 3: Resultados de la encuesta

cada cuanto tiempo debería realizarse, además de preguntas abiertas sobre la opinión de estos eventos. Asimismo se empleó la espina de Ishikawa y la tabla de priorización de problemas frente a las soluciones que se estaban planteando, (figura 3).

El cuestionario fue aplicado a todas las madres, jóvenes y púberes asistentes, luego se les entregó un globo y unja cinta (significado de la lucha contra el cáncer de Cuello Uterino). Dentro de este evento se empleó juegos, y gigantografías para que relacionen de manera general lo que una mujer debe saber para prevenir el cáncer de cérvix (prevención, promoción, signos de alarma, y exámenes auxiliares)

Algunos hallazgos importantes

La mayoría de las madres asistentes a esta campaña

parte de la población no había recibido una charla informativa que abarcara a bastantes madres.

- La mayoría de las madres lo que llamo la atención fue que las mujeres asistentes a la campaña la gran mayoría no sabían manera de cómo prevenir en cáncer de cuello uterino.
- La mayoría de madres no sabían o no conocían de factores de riesgo que predisponen el cáncer de cuello uterino.
- La mayoría de madres si sabían sobre la realización de la prueba de Papanicolaou.
- Más de la mitad de las madres asistentes nos manifiestan que alguna vez se realizaron la prueba de Papanicolaou.

- Todas las madres que realizaron la encuesta coincidieron en realizarse la prueba de Papanicolaou
- Conjuntamente las madres concuerdan con difundir a sus conocidas sobre cómo prevenir el cáncer de cuello uterino.

Se entenderá que las mujeres que se realizarán estos despistajes, muchas de ellas tendrán lesiones precancerosas, y ya no desarrollaran la enfermedad, porque se tomaran medidas respectivas frente a esas lesiones precancerosas. Y eso disminuye los costos a nuestra región como el tratamiento de una quimioterapia que sale mucho más costoso que una crioterapia o una histerectomía.

CONCLUSIONES

Este tipo de campañas ayuda a sensibilizar y a difundir a poblaciones expensas a contraer enfermedades, no solo el cáncer de cuello uterino.

Frente a esta campaña se logró identificar población vulnerable que se logró aumentar las demandas de despistaje de Cáncer de Cuello Uterino.

Esta población se ha sentido satisfecha de haber recibido esta clase de información, que para ellos es de difícil acceso. Incentivando a este tipo de proyectos se lograra a disminuir una cantidad muy considerable sobre la incidencia de cáncer de cérvix, así como otras enfermedades prevenibles.

Siendo un gran problema de salud pública, prevenible en la gran mayoría de casos, los volantes y boletines repartidos nos ayudan a concretar mucha información. Así los pobladores (madres, jóvenes y púberes) se pueden llevar a sus casas estos boletines informativos para que puedan volverlo a leer si alguna información no les ha quedado claro.

Todas las madres que realizaron la encuesta coincidieron en realizarse la prueba de Papanicolaou de acuerdo a nuestra encuesta empleada.

Conjuntamente las madres concuerdan con difundir a sus conocidas sobre cómo prevenir el cáncer de cuello uterino como manera de seguir previniendo y promocionando a las personas a las que no se pudo llegar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Matos E, Loria D, et al. Prevalence of Human Papillomavirus Infection Among Women in Concordia, Argentina. *Sexually Transmitted Diseases*. 2003; 30(8): 593-599.
2. Sharpe P, Brandt H, McCree D. Knowledge and beliefs about abnormal pap test results and HPV among women with highrisk HPV: results from in-depth interviews. *Women Health*. 2005; 42(2): 107-133.
3. Bosch FX, Lorincz A, Munoz N, Meijer CJ, Shah KV. The causal relation between human papillomavirus and cervical cancer. *J Clin Pathol*. 2002; 55(4): 244-265.
4. Ministerio de Salud de la Nación. Recomendaciones para el tamizaje, seguimiento y tratamiento de mujeres para la prevención del cáncer cervicouterino en el marco de la incorporación de la prueba de VPH como tamizaje primario en Argentina. Buenos Aires: Instituto Nacional del cáncer; 2011.
5. Rivera R, Aguilera J, Larraín A. Epidemiología del Virus Papiloma Humano (HPV). *Rev Chil Obstet Ginecol*. 2002; 67(6): 501-506.
6. Salmerón J, Lazcano-Ponce E, Lorincz A, Hernández M, Hernández P, et al. Comparison of HPV-based assays with Papanicolaou smears for cervical cancer screening in Morelos State, México. *Cancer Causes Control*, 2003; 14, 505-551.

El psicólogo educacional en contextos educativos no formales e informales

The educational psychologist in non-formal and informal educational settings

Luis Alberto Rodríguez de los Ríos¹

Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle

rodr0351@hotmail.com

RESUMEN

La educación es un fenómeno complejo que abarca desde los aspectos puramente cuantitativos y tangibles hasta los aspectos cualitativos e ideológicos, que incluye una gran cantidad de variables y múltiples aspectos que se manifiestan en el mismo hecho educativo. Una propuesta de tipología de la educación, identifica a la educación formal, no formal e informal, como respuesta alternativa a las críticas que dos décadas antes habían planteado mentores de las teorías críticas de la educación sobre la institución escolar, quienes valoraban otros entornos educativos en expansión y hasta alguno de ellos proponía la desescolarización de la sociedad, aceptándose así que la educación institucionalizada es solo una parte de lo educativo. La psicología educacional, por su parte, viene desarrollando nuevas tendencias; en el ámbito conceptual, se observa un consenso en cambiar la definición convencional del psicólogo educacional por otra; así el psicólogo de la educación es el profesional de la psicología cuyo objetivo de trabajo es la reflexión e intervención sobre el comportamiento humano, en situaciones educativas, mediante el desarrollo de la capacidad de las personas, grupos e instituciones. Se entiende en término educativo el sentido más amplio de formación y desarrollo personal y colectivo. El psicólogo de la educación desarrolla su actividad profesional principalmente en el marco de los sistemas sociales dedicados a la educación en todos sus diversos niveles y modalidades.

Palabras clave: Psicólogo educacional, educación formal, educación no formal, educación informal.

ABSTRACT

Education is a complex phenomenon that ranges from purely quantitative and qualitative aspects to tangible and ideological ones, including a large variable number and multiple forms that manifest themselves in the same educational event. A proposed education typology identifies the formal, non-formal and informal education, as an alternative response to criticism raised two decades earlier by education mentors on critical theories referred to the school, who valued other educational environments' expansion and even some of them proposed the de-schooling society and accepted that formal education is only a part of education. Educational psychology, meanwhile, has developed new directions; on the conceptual level, consensus is seen to change the conventional definition of educational psychologist for another; thus, educational psychologist is the professional whose work involves objective reflection and intervention on human behavior in educational situations, through the development of the individuals' capacity, groups and institutions. The educational psychologist primarily develops his working profession in the context of social systems dedicated to education in all levels and modalities.

Keywords: Educational psychologist, formal, non-formal education, informal education.

Historial del artículo:

Recibido: 27 de mayo de 2015. Aprobado: 13 de agosto de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Doctor en Psicología y en Educación. Director de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle (Lima-Perú).

INTRODUCCIÓN

Una de las características de la sociedad contemporánea es el cambio múltiple, acelerado y constante que se experimenta en todos los ámbitos de la actividad humana merced a un conjunto de transformaciones ocurridas desde hace más de tres décadas en el campo de la ciencia, la tecnología (informática, telecomunicaciones, robótica, etc.) y la economía (globalización).

Para algunos analistas, el cambio social experimentado ha configurado un contexto sociocultural denominado sociedad de la información, del conocimiento y/o del permanente aprendizaje, o también era de la turbulencia, la incertidumbre y del constante riesgo, expresado básicamente en dos fenómenos evidentes: el rol privilegiado de la información y el conocimiento en la actividad económica, y la relatividad de las normas sociales, culturales, políticas, ideológicas y axiológicas. Todo ello ha impactado significativamente en los procesos educativos, expresado en un conjunto de retos y desafíos en la tarea de formar a las futuras generaciones.

En el marco de una sociedad compleja y la necesidad de cambios educativos, la psicología educativa se ha constituido en los últimos tiempos en uno de los referentes disciplinares más importantes para la implementación de las innovaciones psicopedagógicas y para el afrontamiento de los principales problemas formativos que manifiestan los estudiantes del presente milenio.

Conceptualizaciones sobre educación

Desde la antigüedad hasta hoy se han ensayado y propuesto diversas conceptualizaciones sobre educación, algunas coincidentes, otras divergentes. Probablemente, las divergencias tengan su origen en la ambivalencia etimológica (1), pues educación proviene de las voces latinas *educere*, que significa "hacer salir", y *educare*, que alude a "criar", "alimentar" o "producir". Pese a las diferentes posturas para definir la educación, se observan criterios comunes en ellas, al entenderla como un proceso intencional y sistemático relacionado con el perfeccionamiento individual y social del ser humano en función de un planteamiento axiológico o ideológico determinado.

Una de las conceptualizaciones más completas sobre educación, a nuestro entender, es la enunciada por Guédez, quien la concibe como un "fenómeno complejo que abarca desde los aspectos puramente cuantitativos y tangibles hasta los aspectos cualitativos e ideológicos, que incluye una gran cantidad de variables y múltiples aspectos que se manifiestan en el mismo hecho educativo" (2).

Afirma que la educación es fundamentalmente un fenómeno social, histórico e ideológico. "Es de origen social porque nace en la sociedad y con la sociedad, es de naturaleza social, porque se administra a través de las distintas instituciones que conforman la realidad social —llámese escuelas, colegios, institutos, programas no escolarizados o influencia espontánea—, y es de finalidad social, porque la sociedad basa su propia expectativa de supervivencia en la educación misma" (2). Sin embargo, la educación no es solo un fenómeno de naturaleza social, sino también un fenómeno biológico, toda vez que el ser humano está dotado de un sistema nervioso altamente desarrollado, como el cerebro, que le permite gestionar su capacidad de educación.

Además, la educación implica un aspecto psicológico que se expresa en la existencia de una actividad mental que se define por una capacidad intelectual, afectiva y volitiva que le hace susceptible de la educatividad y de la educabilidad previstas en el propio proceso educativo. A ello se suma la variable de carácter lingüístico, en la medida que el lenguaje —especialmente el verbal— constituye una herramienta fundamental de comunicación y de expresión y una parte del proceso educativo recae y se apoya básicamente sobre esa capacidad comunicativa del hombre.

La dimensión histórica de la educación está ligada a la variable antropológica, "porque siempre la educación representará una posibilidad de transmisión de la herencia cultural del patrimonio histórico de una generación a otra" (2). Ello supone que la educación como proceso ocurre en un espacio y un tiempo determinado que evoluciona en función de los cambios que se operan en las culturas a través de las distintas épocas y en determinados contextos socio-culturales, económicos, geográficos y políticos. Al respecto, Guédez sostiene que "puede entenderse la educación como un proceso que se mueve con historia y que, al mismo tiempo, mueve a la historia. La educación se mueve con la historia porque ella recibe y expresa los cambios estructurales que se operan en una determinada realidad social" (2).

Esta dimensión permite entrever la dimensión ideológica de la educación, pues, como todo proceso social e histórico, conlleva todo un esquema ideológico signalizado por un conjunto de aspiraciones, apetencias, deseos y necesidades e intereses sociales marcados por una elección. "Ellas en su conjunto van a desplazarse hacia sus conquistas y consolidaciones. Los proyectos pedagógicos buscan en la educación el recurso o vehículo para facilitar sus logros y robustecer sus prospectivas. Es así cómo se establecen las relaciones entre ideología y educación" (2).

Los escenarios educativos

En 1985, Combs (3) propone una tipología de la educación, identifica a la educación formal, no formal e informal, como respuesta alternativa a las críticas que dos décadas antes habían planteado mentores de las teorías críticas de la educación sobre la institución escolar (4, 5, 6, 7), quienes valoraban otros entornos educativos en expansión y hasta alguno de ellos proponía la desescolarización de la sociedad, aceptándose así que la educación institucionalizada es solo una parte de lo educativo.

La educación formal está representada por la educación institucionalizada, constituida por todo un sistema jerárquicamente organizado -niveles, modalidades, programas, etc.-, cronológicamente graduado y oficialmente aceptado con fines de certificación, promoción y acreditación académica, técnica y/o profesional.

La educación no formal se define como "cualquier actividad educativa organizada, sistemática, impartida fuera del marco del sistema formal, para suministrar determinados tipos de aprendizaje a subgrupos concretos de la población, tanto adultos como niños" (3).

La educación informal hace referencia al proceso en el transcurso de toda la vida a través del cual cada individuo adquiere actitudes, valores, destrezas y conocimientos de la experiencia diaria y de las influencias y recursos educativos de su entorno -de la familia y niños, del trabajo y el juego, en el mercado, la biblioteca y en los medios de comunicación, incluyendo las nuevas tecnologías-.

La educación formal y no formal son intencionales, mientras que la informal no lo es. La formal se identifica con lo institucional y normado y la no formal con la no institucional y apartada de sus normas. Tirado, et al. (8), desde la perspectiva de la psicología educativa, prefieren hablar de escenarios educativos, al referirse a los tipos de educación; así identifican a la educación familiar como escenario de la psicología I, a la educación institucional como escenario de la psicología II y a las instituciones educativas y ambientes culturales formativos como escenarios de la psicología III, ubicando a la educación no formal e informal en este último escenario y aludiéndolas como instituciones coeducativas.

Echeverría (8) considera tres tipos de escenarios educativos generales en el desarrollo de la humanidad, el entorno natural, el urbano y el ciberespacio.

El primer escenario, el natural, es nuestro entorno inmediato, representado por la familia -o la tribu-, y constituye el primer agente educativo de socialización y

de apropiación de las herramientas culturales básicas de subsistencia, de adaptación social y productiva; utiliza como medio comunicativo la lengua materna, la tradición oral para mantener la memoria del grupo, así como los juegos y fiestas locales para la diversión y el entretenimiento.

El segundo escenario es el urbano, que se desarrolla con la aparición de las ciudades y el Estado, en el cual surge la escuela como agente educativo fundamental, cuya función es ampliar los procesos educativos del primer escenario e introducir otros nuevos, relacionados con la alfabetización básica -lectura, escritura, aritmética-, así como un conjunto de saberes conceptuales, para adaptarse socialmente en función de normas y códigos simbólicos de convivencia en los diferentes escenarios urbanos e insertarse al aparato productivo eficazmente. En este escenario, la escritura es el nuevo gran instrumento educativo, a través de la cual se potencia la capacidad de comunicación, de memorización, transmisión de información y construcción de saberes disciplinares.

Por la década de 1960, aparece en este escenario urbano la educación no formal, que consiste en trasladar al niño a escenarios especialmente diseñados para desarrollar en ellos procesos educativos: aulas, patios de colegio, bibliotecas, museos, parques zoológicos, etc., con lo que se introduce otros agentes educativos diferentes a la familia, la escuela y el Estado, como las asociaciones, por ejemplo, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y la comunidad (8).

El tercer escenario corresponde al ciberespacio, desarrollado por las tecnologías de comunicación, telecomunicación en información, las cuales se encuentran omnipresentes en la vida cotidiana urbana, desde los domésticos hasta los organizacionales productivos, pasando por toda la gama de interacciones sociales y recreativas. Comporta nuevas maneras de trabajar, de comunicarnos, relacionarnos, aprender, pensar y ver el mundo, configurando una nueva realidad: la realidad virtual.

En este entorno las personas aprenden de manera informal -televisión, videojuegos, internet, etc., constituyendo un nuevo espacio educativo -educación sin paredes-, generando diversos escenarios -comunidades de aprendizaje-, posibilidades y retos que el psicólogo educacional debe considerar, en especial, por su impacto en las sociedades y personas (8).

Vale destacar que los tres tipos de educación o escenarios no deben ser entendidos como entidades separadas sino como modalidades predominantes de aprendizaje, las cuales pueden coexistir, algunas veces articuladas y otras desarticuladas, porque en el transcurso de la vida aprendemos con las tres formas

de educación.

Nuevas tendencias de la psicología educativa

Lo descrito tiene el propósito de destacar los nuevos escenarios educativos desarrollados socialmente en las últimas décadas y aceptadas formalmente por las ciencias de la educación, en especial, por la pedagogía (9).

La psicología educacional, por su parte, viene desarrollando nuevas tendencias tanto en su aspecto conceptual como de intervención especializada. En el ámbito conceptual, se observa un consenso en cambiar la definición convencional del psicólogo educacional por otra más de acuerdo con los nuevos escenarios y

Desde el punto de intervención psicoeducativa, la función del psicólogo educacional, se ha ampliado hacia espacios e instituciones socioeducativas no formales e informales, diferentes al ámbito escolar.

Todas ellas en función de la presencia y omnipresencia de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) y a las nuevas concepciones educativas, desarrolladas contemporáneamente, como la educación permanente, la educación para todos, aprendizaje virtual, educación a lo largo de la vida, educación alternativa, aprendizaje situado, entre otras.

Estas nuevas funciones están marcando una nueva tendencia de actuación académica y profesional del psicólogo educacional desde una perspectiva multi e interdisciplinaria, pues los escenarios educativos no



Figura N° 1: El psicólogo educacional cumple funciones de capacitación y formación dirigidas a agentes educativos como padres, docentes, directivos.

Fuente: <http://saludhoy.org/tag/psicologo/>

los retos educativos en el presente milenio.

En este sentido, la definición del psicólogo de la educación que propone el Colegio Oficial de Psicólogos de España (1998) es coherente con esta tendencia, cuando afirma: "El psicólogo de la educación es el profesional de la psicología cuyo objetivo de trabajo es la reflexión e intervención sobre el comportamiento humano, en situaciones educativas, mediante el desarrollo de la capacidad de las personas, grupos e instituciones. Se entiende en término educativo el sentido más amplio de formación y desarrollo personal y colectivo. El psicólogo de la educación desarrolla su actividad profesional principalmente en el marco de los sistemas sociales dedicados a la educación en todos sus diversos niveles y modalidades; tanto en los sistemas reglados, no reglados, formales e informales y durante todo el ciclo vital de la persona" (10).

formales e informales exigen un trabajo compartido de distintos profesionales, vale decir, un trabajo en equipo, buscando la integración de las actividades y resultados a partir de una división funcional del trabajo.

Es importante anotar, por otro lado, que la intervención psicoeducativa en las modalidades o escenarios educativos descritos se basan en el diseño, ejecución y evaluación de programas que pretenden potenciar, mejorar o solucionar situaciones socioeducativas, según sea el caso, de naturaleza compleja y multidimensionales, obligando a contemplar distintos niveles de actuación; individualizado, grupal o comunitario.

El psicólogo educacional en el nuevo contexto

Hoy el psicólogo educacional debe asumir su labor

desde la perspectiva del desarrollo humano integral y desde un enfoque holístico del proceso educativo. Para ello debe ser consciente que su práctica profesional no se reduce al ámbito educacional institucional, sino que traspasa sus muros hacia una práctica social o socioeducativa que tiene que ver más con los aprendizajes implícitos -adaptivos o desadaptativos y sus respectivas potencialidades- que con los explícitos o formales. "En este sentido -como destacan Castro, Domínguez y Sánchez-, el psicólogo educativo debe acompañar, investigar y comprender actividades que le permitan colaborar y apoyar educativamente a individuos, grupos y comunidades con los problemas e inquietudes relevantes en su desarrollo como sujetos sociales coadyuvando a la mejora de la calidad de vida y bienestar" (11).

Esta práctica social la concreta en la realización de acciones como diseñador u orientador instruccional, de promoción, prevención, intervención e investigación en contextos educativos no formales e informales en la comunidad de pertenencia o de referencia impulsados y desarrollados por los entes gubernamentales -gobiernos: central, regional, provincial o distrital-, mediante sus políticas de acción social o acción socio-educativa o de aquellas desarrolladas por las propias organizaciones sociales de base.

Las funciones de diseñador u orientador instruccional son transversales y permanentes, pues debe cumplirlas en todas las demás que son de su competencia, especialmente en la planificación, ejecución y evaluación de programas socioeducativos, de salud, seguridad ciudadana, formación de ciudadanía, prevención de riesgos de todo tipo, en particular los de naturaleza psicosocial, y poniendo énfasis en los aspectos psicológicos de la instrucción, el diseño de la instrucción y las respectivas estrategias cualitativas.

Las funciones de promoción están dirigidas más al desarrollo de las potencialidades o virtualidades de los individuos o grupos sociales, a través de la estimulación y fortalecimiento de las habilidades cognitivas -pensamiento crítico, pensamiento creativo, toma de decisiones y resolución de problemas, entre otras-, el desarrollo de habilidades socioemocionales -manejo de emociones- y prosociales, la capacidad de afrontamiento y resiliencia, el aprendizaje eficaz y autónomo, en especial las habilidades y estrategias relacionadas con el aprendizaje virtual y la navegación en el ciberespacio; así como las fortalezas humanas en el marco de la psicología positiva.

El psicólogo educacional también cumple tareas de asesoría, consejería en el desarrollo y elaboración de materiales educativos -convencionales y/o digitales- en la capacitación del personal responsable de las acciones específicas, en función de modelos teóricos instruccionales validados empíricamente, con el

propósito de lograr adecuados niveles de eficacia, eficiencia y sostenibilidad.

Las funciones de prevención estarían dirigidas, especialmente, a la prevención primaria de trastornos psicosociales, a las adicciones de todo tipo, en particular las emergentes -endopatías, a las compras, al tabaco, al sexo, el ejercicio físico y a las tecnologías, video juegos, internet, celulares y las dependencias sentimentales-; a todo tipo de violencia -psicológica, física, sexual, etc.-, desajustes familiares, conflictos económicos, sociales y comunitarios; en pro de una convivencia social armoniosa, de la construcción de una coyuntura de paz y de prevención en el transcurso del ciclo vital.

En la "sociedad de riesgo" en la que vivimos, el objetivo es reducirlos a lo mínimo posible, objetivo que es compartido por las ciencias sociales y de la salud, donde la psicología cumple un papel relevante, en especial la psicología de la educación, teniendo en cuenta que tanto las conductas positivas o adaptativas como las negativas, desadaptativas o de riesgo, suponen procesos de aprendizaje experienciales, cotidianos e implícitos, mayoritariamente.

Considerando que la función preventiva, así como la de promoción, implican fundamentalmente acciones educativas, persuasivas y motivacionales, bien podemos enmarcar estas funciones del psicólogo educacional en el movimiento o políticas públicas de educación para la salud, en particular de la educación psicosocial, tan descuidado en los últimos tiempos por las políticas gubernamentales e institucionales especializadas a nivel local, regional y nacional. Hoy, más que nunca, se hace necesario capacitar a la población -familia, niñez y adolescencia-, prioritariamente para que aumente el control de su propia salud y la mejore, según recomienda la OMS (12), promoviendo el conocimiento y la adopción de conductas saludables, orientadas a lograr una mejor calidad de vida y bienestar posibles.

Las funciones de intervención comprenden el desarrollo de acciones específicas, a partir de dos componentes, el tecnológico-proyectivo y el técnico-práctico. El primero se refiere al conocimiento tecnológico relacionado con el desarrollo de modelos y propuestas educativas generales para la intervención, y el segundo, al conjunto de recursos técnicos específicos para la intervención y solución de problemas en situaciones educativas concretas, así como para el ejercicio concreto de la práctica profesional (8).

Desde la perspectiva de la educación no formal e informal, el componente tecnológico-proyectivo de la intervención psicoeducativa es todo un espacio que muestra un desarrollo incipiente, en especial todo lo relacionado con la influencia de las TIC a los procesos educativos y aprendizajes en contextos informales o

escenarios socioculturales potencialmente educativos y socioformativos, situación que está ligada a procesos sistemáticos de reflexión e investigación empírica rigurosa, constituyendo una tarea pendiente en cuanto a propuestas y modelos innovadores para la intervención psicoeducativa.

En la actual sociedad del conocimiento el psicólogo educacional tiene la necesidad de desarrollar competencias profesionales que le permitan aplicar estrategias desde el enfoque de aprendizaje estratégico, el cual hace posible que gestione sus propios conocimientos, adopte una autonomía creciente en sus actividades académicas, laborales, recreativas, disponga de herramientas sociales e intelectuales que faciliten un aprendizaje continuo en el transcurso de la vida, promoviendo el aprendizaje colaborativo, la educación en valores y el manejo de nuevas tecnologías de información y comunicación.

Según Tirado et al., el psicólogo educacional centra sus intervenciones "en la promoción del desarrollo de la personalidad a lo largo del ciclo de la vida, para lograr su realización personal y académica, o su inclusión social y bienestar emocional" (8), así como la mejora de los escenarios educativos. Estas intervenciones, actualmente, se han extendido a escenarios educativos no escolarizados muy diversos como comunidades, empresas, etc., buscando empoderamiento de las personas en cuanto a la autogestión y el autoaprendizaje.

Entre las estrategias de intervención psicoeducativa más relevantes en los contextos educativos no formales e informales tenemos:

Entrenamiento y formación de agentes educativos

El psicólogo educacional cumple funciones de capacitación y formación dirigidas a agentes educativos como padres, docentes, directivos, pares, animadores sociales, entrenadores deportivos, promotores de salud, etc. Su preparación profesional lo habilitan para realizar diagnósticos contextualizados de necesidades de capacitación en los escenarios de la educación no formal e informal y sobre esa base diseñar, ejecutar y evaluar los programas pertinentes, desde las modalidades: presencial, semipresencial y/o virtual.

Consultoría, orientación y tutoría psicoeducativa

Realiza acciones profesionales de consultor o asesor en aspectos especializados relacionados con el aprendizaje, la enseñanza y el desarrollo humano, en especial en centros de servicios sociales comunitarios, centros de atención a la mujer, centros

de atención al niño, centros de atención a la juventud, centros de atención al drogodependiente, centros de entrenamiento ocupacional, entre otros. Asimismo, desarrolla labores de orientación y tutoría académica, con el propósito de favorecer el logro de aprendizajes eficaces de los tutoriados, mediante acciones de fortalecimiento de capacidades académicas y personales para la adecuada toma de decisiones, solución de conflictos y la construcción de planes y proyectos de vida.

Atención a poblaciones en situaciones de exclusión y riesgo

Su competencia profesional le permite actuar en el desarrollo de políticas, programas y estrategias dirigidas a las poblaciones, vulnerables y en situaciones de exclusión. En las últimas décadas los gobiernos de la región, así como la sociedad civil y diversas organizaciones están implementando acciones inclusivas socioeducativas dirigidas a niños, adolescentes y adultos con necesidades educativas especiales, en situación de calle, víctimas de violencia política, migrantes, indígenas, maltratados, entre otras. La labor de este profesional se centra básicamente en el empoderamiento personal y social de dichas poblaciones -fortalecer la identidad y la preparación para la vida en sociedad-, mediante la búsqueda de oportunidades, la eliminación de barreras para participar en todo los ámbitos de la vida, el énfasis en la equidad y la participación amplia de esta población en la sociedad (8).

En general, las funciones del psicólogo educacional tienden a la promoción del desarrollo personal, cognitivo, académico, emocional y social, participando a nivel multi e interdisciplinaria y/o especializada.

En cuanto a la función de investigación, tiene un fecundo espacio de situaciones problemáticas a estudiar. Hay un vacío de conocimientos acerca del impacto de los cambios locales, políticos, tecnológicos y culturales en contextos de la educación no formal e informal -verbigracia, en los aprendizajes implícitos, espontáneos y cotidianos-; sobre la validación de modelos y estrategias para el logro de procesos educativos de calidad en entornos de pobreza, marginación y exclusión social; sobre estrategias de formación complementaria del niño y adolescentes, de padres y madres que sobretrabajan y no tienen tiempo disponible para atender sus necesidades de aprendizaje -no solamente académicas, sino también socioafectivas, axiológicas y morales-; sobre la evaluación de los sistemas, programas y estrategias de enseñanza *online* o a distancia dirigidos a poblaciones -jóvenes y adultos- excluidos del sistema escolar formal -por ejemplo, cursos técnicos, de calificación ocupacional, etc.-; sobre el aprovechamiento educativo de las redes sociales, internet y en general,

de los entornos digitales, así como su influencia en los procesos de desarrollo y socialización.

CONCLUSIONES

Es pertinente la ejecución de trabajos sobre la efectividad y confiabilidad de programas de intervención en conductas de riesgo o adicción —convencionales y emergentes— y preventivos relacionados con la sexualidad en todas sus dimensiones e implicancias. Asimismo, sobre estrategias psicoeducativas para el desarrollo de escenarios culturales en ambientes naturales con potencialidades educativas.

La literatura a investigar es amplia, diversa, multidimensional, pluriparadigmática y multimetodológica, todo lo cual conlleva que el psicólogo educacional, además de trabajar en equipo, esté premunido de herramientas conceptuales y metodológicas provenientes del enfoque cuantitativo -descripción y explicación- y del enfoque cualitativo -interpretación y comprensión- para abordar con disposición holística los procesos y prácticas educativas que le dan crédito en los mencionados escenarios, así como las problemáticas sociales a nivel individual, grupal y comunitario, privilegiando la estrategia metodológica de la investigación-acción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Colom AJ, Bernabeu JW, Dominguez E & Sarramona UJ. Teorías e instituciones contemporáneas de la educación. Barcelona: Ariel; 2001.
2. Guédez V. La formulación de un modelo académico curricular como referencia para las definiciones de las alternativas de la educación superior en la década de los 80. *La Educación*. 1983; 27(92): 67-86.
3. Coombs P. La crisis mundial de la educación. Madrid: Santillana; 1985.
4. Carpenter E & McLuhan M. El aula sin muros. Investigaciones sobre técnicas de comunicación. 2a ed. Barcelona: LAIA; 1974.
5. Freire P. La educación como práctica de la libertad. Buenos Aires: Siglo XXI; 1979.
6. Goodman P. La deseducación obligatoria. Barcelona: Fontanella; 1973.
7. Illich I. La sociedad desescolarizada. Barcelona: Barral; 1974.
8. Tirado F, Martínez M, Covarrubias P, López M, Quesada R, Olmos A, et al. Psicología educativa para afrontar los desafíos del siglo XXI. México: McGraw-Hill; 2011.
9. UNESCO. Terminología: Tesoro de la educación. París: UNESCO; 1977.
10. Colegio Oficial de Psicólogos de España. Psicología de la educación. En Perfiles profesionales del psicólogo. España; 1998. Recuperado de <http://www.cop.es/perfiles/contenido/educacion.pdf>
11. Gravini M, Porto A & Escorcía L. El psicólogo educativo en la actualidad: un facilitador del desarrollo humano integral. *Psicogente*. 2010; 13(23): 158-163.
12. Oblitas L. Psicología de la salud y calidad de vida. México: Thomson; 2004.

Clima organizacional y desempeño laboral docente en instituciones educativas de nivel primario y secundario

Organizational climate and teaching job performance in elementary and high school educational institutions

Roberto Paco Ccora¹
Universidad Continental
roberto.pacoc@urp.pe

José María Matas Castañeda²
Universidad Continental
jmatas@continental.edu.pe

RESUMEN

El objetivo fue determinar la existencia de una relación significativa entre el clima organizacional y el desempeño laboral docente en la Institución Educativa Particular San Pío X y la Institución Educativa Estatal Rosa de Lima de San Jerónimo de la provincia de Huancayo. La investigación fue de tipo básico descriptivo correlacional. El tipo de muestra fue no probabilístico e incluyó 110 docentes entre varones y mujeres del nivel primario y secundario; 60 docentes de la I.E.P San Pío X y 50 de la I.E.E. Rosa de Lima de San Jerónimo. Los instrumentos aplicados fueron las escalas de clima social en el trabajo (WES), que evalúa el ambiente social existente en diversos tipos y centros de trabajo, y el inventario de desempeño laboral. Los resultados de la investigación determinaron la existencia de una relación positiva y significativa, entre el clima organizacional y el desempeño laboral docente en la I.E.P San Pío X y la I.E.E. Rosa de Lima, con un valor r de Pearson = 0,71. En conclusión, el clima organizacional es un factor determinante en el desempeño laboral docente e implica una referencia de los miembros respecto a su estar en la organización. Por tanto, un clima favorable conllevará a la predisposición de un trabajo óptimo, lo cual tendrá un impacto positivo en la enseñanza, aprendizaje y la construcción de nuevos conocimientos.

Palabras clave: Clima organizacional, aprendizaje, clima social, Institución Educativa.

ABSTRACT

The aim was to determine if there was a significant relationship between organizational climate and job performance in Private School San Pío X teachers and Public Educational Institution Rosa de Lima in San Jeronimo, Huancayo province. The research was basic, descriptive and correlational. The sampling type was not probabilistic and included 110 teachers in total between male and female from elementary and high school levels; 60 teachers from San Pío X Private School and 50 teachers from Rosa de Lima Public Educational Institution in San Jeronimo. The instruments applied were: Social climate scales at work (WES), which assess the existing social environment in various workplaces and the job performance inventory. The research findings determined a significant relationship between organizational climate and job performance of teachers from San Pío X Private School Institution and Rosa de Lima Public Educational Institution, from San Jeronimo (r Pearson value of 0,71). The organizational climate is a determining factor in teacher's competencies and factors affecting their performance; and involves a constant reference to their members regarding their staying in the organization. Therefore, a favorable climate within the scope of work will lead to the predisposition of a great job, which has a positive impact on teaching, student learning and the generation of new knowledge.

Keywords: Organizational climate, teacher job performance, social climate, particular educational institution, state educational institution.

Historial del artículo:

Recibido: 8 de abril de 2015. Aprobado: 3 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Bachiller de la Escuela de Psicología de la Universidad Continental.

² Licenciado en Ciencias Empresariales de la Universidad Ramon Llull, Barcelona, España. Docente en la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas se estudia la forma de mejorar y optimizar el desempeño laboral y se investiga los factores que influyen en este, el clima organizacional es un conjunto de características permanentes que describen una organización, la distinguen de otra e influye en el comportamiento de las personas que la forman (1), tiene un componente multidimensional de elementos que pueden descomponerse en términos de estructuras organizacionales, tamaño de la organización, modos de comunicación, estilos de liderazgo de la dirección, entre otros; también se explica que este comprende un espacio más amplio y flexible de la influencia ambiental sobre la motivación. El clima organizacional es la cualidad o propiedad del ambiente organizacional que perciben o experimentan los miembros de una organización y que influyen en su comportamiento (2).

La carencia de un buen clima organizacional afecta no solo el rendimiento del trabajador sino también la salud y el bienestar personal y familiar. Sin embargo, como en toda organización se presentan, problemas en el contexto laboral, generalmente relacionados con la dimensión humana, tales como problemas a nivel de relaciones interpersonales, falta de identidad y compromiso con el centro laboral, estrés, insatisfacción laboral, entre otros. El clima organizacional es un tema de gran importancia hoy en día para casi todas las organizaciones, las cuales buscan un continuo mejoramiento del ambiente de su organización para así alcanzar un mejoramiento de la productividad, sin perder de vista el recurso humano; estudios recomiendan en toda empresa establecer programas de higiene laboral tomando en cuenta el ambiente físico de trabajo, la aplicación de la ergonomía, salud ocupacional y trabajo en equipo en el que se incluya la cooperación, la asistencia, disciplina y conflicto (3).

El clima organizacional es de mucha relevancia para los docentes de instituciones públicas y privadas ya que en esta se puede observar conflictos laborales de diversa índole, permitiendo así el clima laboral desfavorable en el trabajo que se imparte día a día.

La investigación responde a la pregunta: ¿Qué grado de relación existe entre el clima organizacional y el desempeño laboral de los docentes de la I.E.P San Pío X y la I.E.E. Rosa de Lima de San Jerónimo?. El objetivo de la investigación consistió en determinar el grado de relación existente entre el clima organizacional y el desempeño laboral docente de la I.E.P San Pío X y la I.E.E. Rosa de Lima de San Jerónimo. La hipótesis planteada fue que, sí existe relación significativa entre el clima organizacional y el desempeño laboral en los docentes de ambas instituciones educativas.

Actualmente, debido a los procesos de cambios y las

nuevas tecnologías que surgen en el mercado, se ha propiciado el desarrollo de más habilidades, destrezas y conocimientos. Las organizaciones se han visto en la necesidad de implementar cambios en su estrategia laboral a la hora de enfrentar los retos que se les presentan.

En este contexto, la productividad y el manejo del capital humano en las organizaciones se convierten en elementos clave de sobrevivencia; por tanto, la coordinación, dirección, motivación y satisfacción del personal son aspectos cada vez más importantes del proceso administrativo. Entre ellos, la satisfacción del trabajador ocupa un lugar preferente, ya que la percepción positiva o negativa que los trabajadores mantienen con respecto a su trabajo influye en la rotación de personal, ausentismo, aparición de conflictos y en otras áreas esenciales de la organización.

Todas las organizaciones tienen propósito, estructura y una colectividad de personas, y están conformadas por un grupo de elementos interrelacionados entre sí, tales como estructura organizacional, procesos que se dan dentro de ellas, y conductas de los grupos e individuos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación fue de carácter básico descriptivo de nivel correlacional. Con el fin de demostrar la relación significativa entre el clima institucional y el desempeño laboral de los docentes de dichas instituciones. Para ello se empleó el test de escala del clima social en el trabajo (WES) formado por diez sub escalas que evalúan tres dimensiones fundamentales: relaciones, autorrealización y la estabilidad/cambio, lo cual nos permitió tener el diagnóstico del clima institucional de los docentes de la muestra (4). Asimismo, para evaluar el desempeño de los docentes en sus instituciones, se usó el inventario de desempeño laboral de cuatro dimensiones con indicadores para medir el compromiso, motivación, satisfacción laboral y eficiencia.

La población de estudio estuvo constituida por todos los docentes de los dos centros educativos. La muestra fue conformada por 110 docentes de ambos géneros nivel primario y secundario, 60 de la I.E.P. San Pío X y 50 de la I.E.P Rosa de Lima de San Jerónimo, en ambos casos integrados por varones y mujeres.

En la selección definitiva de los elementos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios psicométricos: 1) La elección de alternativas (verdadero – falso) debería ser tan próxima a 50 % –50 % como fuese posible para evitar elementos característicos de ambientes de trabajo poco comunes; 2) los elementos deberían presentar correlaciones más altas con su propia subescala

que son cualquier otra; 3) cada escala debería tener igual número de elementos que puntuasen en las dos alternativas (verdadero-falso) para controlar los sesgos de moderadas; 4) las subescalas deberían presentar intercorrelaciones bajas o moderadas; y 5) cada elemento y cada subescala deberían ser discriminativos en distintos ambientes de trabajo.

Para la recolección de datos se utilizaron las técnicas psicométricas, que consiste en la aplicación de test o

Tabla N° 1: Clima social docente de las Instituciones Educativas Rosa de Lima y San Pío X.

Clima social	Frecuencia	%
I. E. E. Rosa de Lima	1312	48,6
I. E. P San Pío X	1387	51,4
Total	2699	100,0

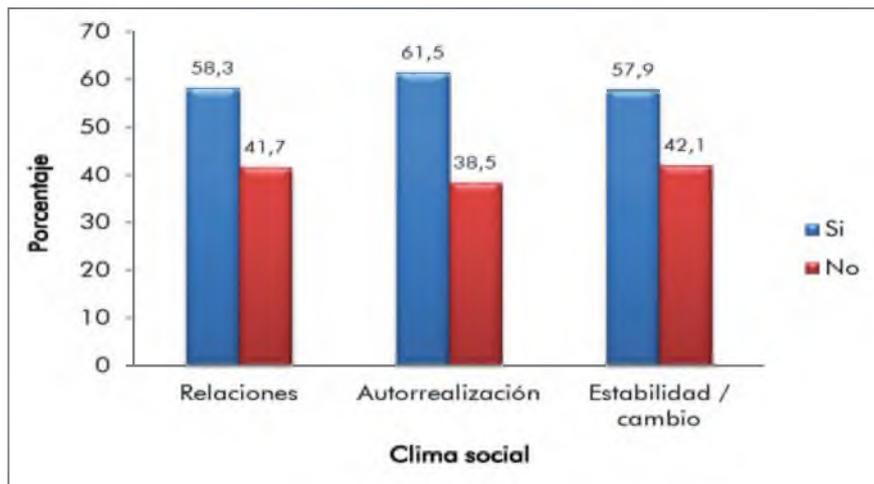


Figura N° 1: Clima social docente por conceptos en la I.E.E. Santa Rosa de Lima.

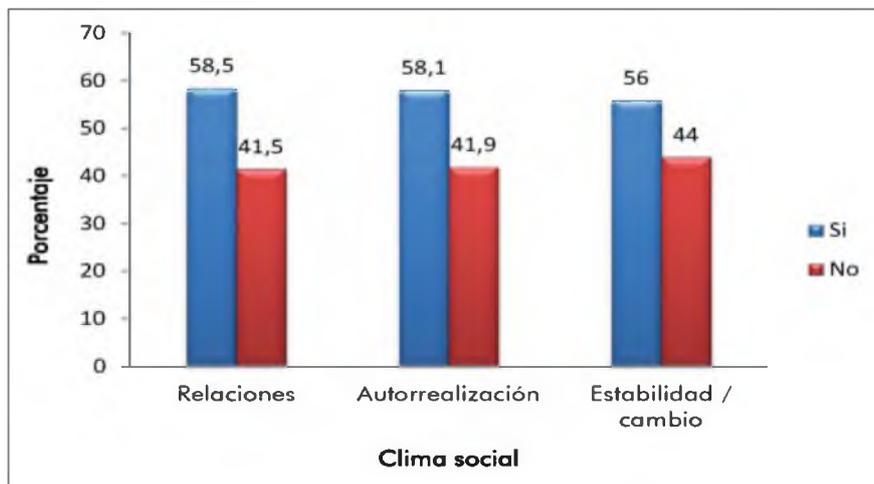


Figura N° 2: Clima social docente por conceptos en la I.E.P. San Pío X.

pruebas psicológicas, las cuales nos permitió obtener datos con rapidez las dimensiones acerca de las personalidades de los sujetos de la muestra de estudio, sobre el clima institucional y el desempeño laboral.

RESULTADOS

Se determinó que existe una relación positiva y

significativa entre el clima organizacional y el desempeño laboral docente en las I. E. P San Pío X y la I. E. E. Rosa de Lima de San Jerónimo, con un valor de r de Pearson = 0,71 y un IC (Intervalo de Confianza) de 95 %, dicha relación significativa se dio diferenciando tanto el sexo como la Institución Educativa.

Si bien hay una relación muy estrecha y significativa entre clima social y desempeño docente en las dos instituciones educativas. Los datos de la tabla 1 indican

que el mayor clima social docente se manifiesta en la I.E.P. San Pío X (51,4 % sobre 48,6 %). En la figura 1 y 2 se muestra que, para la evaluación del clima social en cada una de las instituciones educativas, se aplicaron preguntas agrupadas en tres conceptos: relaciones, autorrealización y estabilidad/cambio. Al comparar las dos Instituciones Educativas, se observan resultados similares para el concepto de Relaciones. Sin embargo, las diferencias están en la Autorrealización y en la Estabilidad/cambio, ya que en la I.E.E. Santa Rosa de

Tabla N° 2: Desempeño docente de las Instituciones Educativas Rosa de Lima y San Pío X.

Desempeño docente	Fi	%
I. E. E. Rosa de Lima	3332	51
I. E. P San Pío X	3148	49
Total	6480	100,0

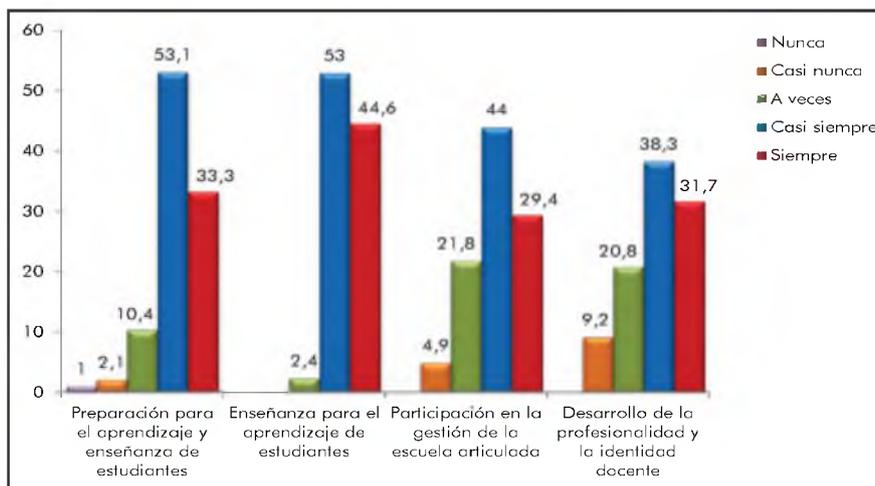


Figura N° 3: Desempeño docente en la Institución Educativa Rosa de Lima.

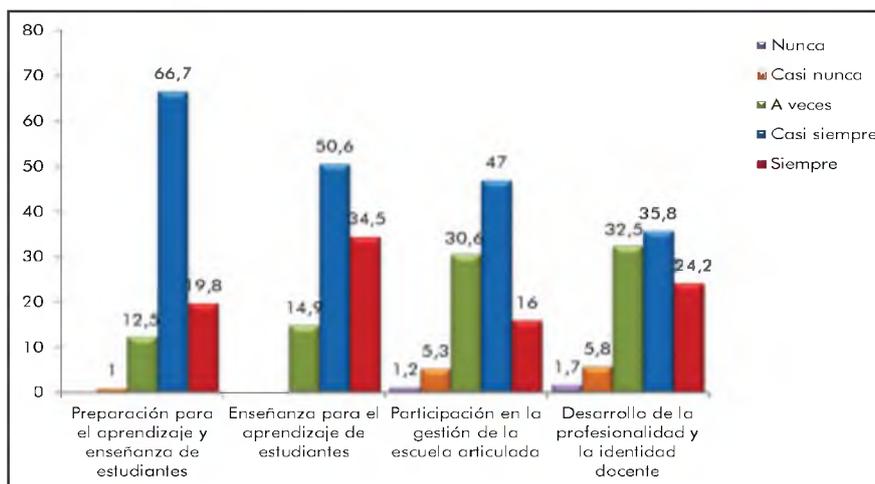


Figura N° 4: Desempeño docente en la Institución Educativa San Pío X.

Lima hay mayor número de docentes que afirman que son verdaderas las preguntas relacionadas con estos dos conceptos.

En la tabla 2 se observa que el mejor desempeño docente estimulado por el clima social se da en la I.E.E. Rosa de Lima de San Jerónimo (51 % sobre 49 %). Para mayor detalle en la figura 3 y 4 se observa que, para el desempeño laboral docente se aplicaron preguntas agrupadas en cuatro conceptos: preparación para el

aprendizaje y enseñanza de estudiantes, enseñanza para el aprendizaje de estudiantes, participación en la gestión de la escuela articulada y desarrollo de la profesionalidad. Al comparar las dos Instituciones Educativas, se observan resultados similares para el concepto preparación para el aprendizaje. Sin embargo, las diferencias están en los otros tres conceptos, ya que en la I.E.E. Santa Rosa de Lima hay mayor número de docentes que afirman que siempre o casi siempre se aplican estos tres conceptos.

DISCUSIÓN

Los resultados hallados concuerdan con Narvaez, quien determinó que existe relación significativa entre clima organizacional y el nivel de involucramiento en el trabajo en empleados de BPH Tintaya S.A.; ambas variables evidencian un funcionamiento promedio, lográndose identificar la relación estadísticamente significativa entre sí, lo que permite aseverar la relación entre institución y trabajador (5). De manera similar, los resultados de Franco, indican que existe una correlación significativa al 0,05 entre los factores de clima y las competencias de desempeño laboral en docentes del consorcio de colegios parroquiales del departamento de Piura (6). Asimismo, coincidimos con los resultados hallados por Zarco, quien concluyó que el clima organizacional, recoge el ambiente de la organización y los estados de ánimo forma parte de la cultura de cada empresa, es decir, es parte de la personalidad propia de la organización. El comportamiento institucional es tan variable como el temperamento de cada persona que trabaja dentro de su ambiente (7).

Dentro de los centros educativos coincidimos con Facci, quien plantea que la empresa puede contribuir a promover una mejor calidad de vida de sus empleados, implementando programas que atiendan la salud física, emocional, social, intelectual y espiritual de los trabajadores (8), condición que permitirá en ellos mejorar su rendimiento laboral, para que estas instituciones reflejen un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo mismo que Palma, quien precisó que el trabajo es una actividad que debe realizarse en condiciones seguras y con garantías de protección y seguridad (9).

De acuerdo a Barriga F, Hernández G (10), la actividad docente y los procesos mismos de formación del profesorado, deben plantearse con la intención de generar un conocimiento didáctico o saber integrador, el cual trascienda el análisis crítico y teórico para llegar a propuestas concretas y realizables que permitan una transformación positiva de la actividad docente. El hilo conductor de este proceso de cambio didáctico es la problemática que genera la práctica docente y las propias concepciones espontáneas sobre la docencia. En conclusión, el clima organizacional es un factor determinante en el desempeño laboral docente e implica una referencia constante de los miembros respecto a su estar en la organización por lo que es un factor relevante dentro del ámbito de trabajo el que haya un clima favorable y la predisposición a un trabajo óptimo que tiene un impacto positivo en la

enseñanza, el aprendizaje y la construcción de nuevos conocimientos.

Agradecimientos

A la I.E.P San Pío X y la I.E.E. Rosa de Lima de San Jerónimo de la provincia de Huancayo por su colaboración desinteresada en el proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Forehand G, Gilmer B. Environmental variation in studies of organizational behavior. *Psychological Bulletin*. 1964; 62: 361-382.
2. Mazariegos J. Evaluación del clima organizacional en una empresa azucarera en el área de fábrica. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad del Pacífico; 2003.
3. Flores J. Aplicación de los estímulos organizacionales para el mejoramiento del clima organizacional en el caso del Laboratorio Farmacéutico Corporación Infarmasa S.A. [Tesis de postgrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Administrativas; 2007.
4. Rudolf M, Bernice M, Edison T. Escalas de clima social: familia (FES), trabajo (WES), instituciones penitenciarias (CIES), centro escolar (CES): manual. 5ª ed. Madrid: TEA Ediciones; 2000.
5. Narváz M. Relación entre el clima organizacional y el nivel de involucración en el trabajo en los empleados de BHP Billiton Tintaya S.A., en función al tiempo de servicios, edad y área de trabajo. [Tesis de pregrado]. Trujillo: Universidad César Vallejo; 2005.
6. Franco G, Milagros J. Relación entre los factores del clima laboral y las competencias de desempeño laboral en docentes del consorcio de colegios parroquiales del departamento de Piura. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad César Vallejo; 2007.
7. Zarco V, Rodríguez A. Psicología de los grupos y de las organizaciones. Madrid: Pirámide; 2008.
8. Facci R. Un programa para la calidad de vida en el lugar de trabajo. *Salud Ocupacional*. 1996; 14(63): 28-31.
9. Palma S. Diagnóstico del clima organizacional en trabajadores dependientes de Lima Metropolitana. Lima; 2004.
10. Barriga F, Hernández G. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista. 3ª ed. México: Mc Graw Hill; 2002.

Metodología indagatoria y rendimiento académico de estudiantes de la Universidad Continental, 2014

Research methodology and students' academic performance in Universidad Continental, 2014

Roxana Pamela Espejo Ramos¹
Universidad Continental
roxanaespejo@gmail.com

Verónica Canales Guerra²
Universidad Continental
vcanales@continental.edu.pe

RESUMEN

El objetivo ha sido determinar el efecto que tiene la metodología indagatoria sobre el rendimiento académico (RA) de los estudiantes de la asignatura de biología de Universidad Continental. Para este fin se evaluó y comparó el RA de los estudiantes del grupo control y experimental antes de aplicar la metodología indagatoria; posteriormente se aplicaron sesiones de aprendizaje con la metodología indagatoria en el grupo experimental, finalmente se comparó el RA antes y después de la aplicación de la metodología indagatoria en el grupo experimental y grupo control. Los resultados fueron analizados mediante la prueba F de Fisher y t de Student. Entre los resultados se tiene que el RA pre test promedio del grupo control fue de 6,69 con desviación estándar (DE) de 1,948 y coeficiente de variación (CV) de 29,1 %, mientras que en el grupo experimental fue de 6,66 con DE de 1,961 y CV de 29,7 %, por lo tanto el RA de ambos grupos fueron idénticos, homogéneos (CV > 15 %), con varianzas y DE iguales. Respecto al RA en el grupo experimental en el post test, se obtuvo un promedio de 11,53 con DE de 2,874 y CV de 24,9 %, mediante la prueba t de Student al 95 % de confianza estadística, se prueba que la media del RA del grupo experimental en el post test es mayor que la media respectiva en el pre test, pues el valor P ($\Pr(|T| > |t|) = 0$) es menor que el nivel usual de significación de 0,05. En conclusión la metodología indagatoria tiene un efecto positivo sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de Biología de la Universidad Continental.

Palabras clave: Metodología indagatoria, rendimiento académico

ABSTRACT

The objective was to determine the effect that research methodology has on academic students' performance (SP) majoring in biology at the Universidad Continental. For this purpose, before applying the research methodology, a control and experimental group of students SP were evaluated and compared; afterwards learning sessions about research methodology were applied in the experimental group. Finally, SP was compared before and after the research methodology application in both groups. The results were analyzed using F Fisher and t Student test. Normality was analyzed according to normality Shapiro test - Wilk and the homogeneity, according to F Fisher test. Results showed that the average pre SP test was 6,69 for the control group with a 1,948 standard deviation (SD) and 29,1 % coefficient of variation (CV), whereas the experimental group was 6,66 with a 1,961 standard deviation (SD) and 29,7 % CV. Therefore, the SP in both groups were identical, homogeneous (CV > 15 %), with equal variances and (SD). Respect to the SP in the experimental group in the post test, an average of 11,53 with a 2,874 (SD) was obtained and 24,9 % CV by Student t test at 95 % confidence, which proves that the average SP of the experimental group in the post-test is greater than the average in the respective pretest, since the P value ($\Pr(|T| > |t|) = 0$) is less than the usual significance level of 0,05. In conclusion, the research methodology has a positive effect on the academic students' performance in Biology class, at the Universidad Continental.

Keywords: Research methodology, academic performance.

Historial del artículo:

Recibido: 16 de agosto de 2015. Aprobado: 12 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Magister en Educación, mención Enseñanza Estratégica; docente de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

² Bióloga; docente de la Universidad Continental; investigadora de la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

La realidad laboral actual exige ciudadanos que se encuentren en la capacidad de tener una participación más significativa en su entorno social; así; las universidades buscan dar respuesta a esta necesidad intentado formar profesionales competentes con miras a incorporarlos en la estructura social y económica del país; sin embargo; los resultados que se obtienen no siempre resultan tener el impacto deseado. Prueba de ello es el estudiante universitario promedio, que recurre a estrategias de aprendizaje que respondan a las necesidades del momento, a obtener una buena calificación o incluso llegar a una nota mínima aprobatoria, hablamos entonces de estrategias ineficientes, que no promueven un aprendizaje significativo que se centran en el memorismo, reduciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje a la obtención de números y no competencias.

Por otro lado, tenemos al docente, que puede o no haber tenido una formación pedagógica, pero que finalmente ejerce la docencia y se ve en la necesidad de responder a los requisitos de un sistema académico que le exige diseñar sesiones de aprendizaje, unidades de aprendizaje, elaborar instrumentos de evaluación, es decir, invertir gran parte del tiempo en labores administrativas y no solo pedagógicas.

En medio de todo este contexto el docente se pregunta sobre las estrategias o métodos que debe emplear para enseñar, volvemos a recordar el hecho de que puede o no haber tenido formación pedagógica, lo cual suele ser una gran debilidad, sobre todo porque son las estrategias de enseñanza las que nos permiten tener claro el horizonte al cual queremos llegar.

Siendo aún más específicos y centrándonos en la enseñanza de las ciencias, como biología, química, anatomía, botánica, etc., se ve la necesidad de relacionar la teoría con la práctica, de allí el hecho de que sea muy importante contar con laboratorio equipados. Sin embargo, regresamos a la importancia de la selección de un adecuado método o estrategia de enseñanza que permita efectivizar el aprendizaje.

En vista de esta problemática, hace algunos años se viene incorporando el método indagatorio en la enseñanza de las ciencias, a fin de promover aprendizajes significativos en los estudiantes de educación básica regular y universitaria, promoviendo de este modo el desarrollo de habilidades científicas que le permitan por ejemplo, plantear hipótesis, experimentar, registrar observaciones, analizar los resultados, plantear conclusiones y aplicar el nuevo conocimiento en la solución de problemas del contexto. De modo que, una sesión de aprendizaje pone al estudiante en rol de investigador y constructor de su aprendizaje.

Es evidente que la aplicación de la metodología indagatoria promueve el desarrollo del pensamiento científico y permite optimizar el carácter experimental de las ciencias como un medio para aprender a aprender. Por esto es conveniente enseñar ciencia haciendo ciencia; es decir; orientar a los estudiantes a pensar, a aprender, a potenciar sus mentes curiosas e imaginativas, de modo de que cada aprendizaje sea significativo y trascienda en el tiempo.

(1) La idea central de la metodología indagatoria es propiciar una estrategia de enseñanza y aprendizaje que parta de la observación de la realidad, interacción con problemas concretos, propiciándose preguntas referentes a esa realidad que promuevan la búsqueda de información y la experimentación, por ende la construcción activa de su aprendizaje. La aplicación de esta metodología requiere de un proceso sistemático, por lo que a lo largo de su aplicación en diferentes países, se ha requerido de componentes y etapas específicas durante su implementación, es así que se consideran cuatro etapas importantes:

La etapa de focalización, es la primera etapa, por ende la crucial para el desarrollo de la metodología, en ella se debe propiciar el interés y la motivación en el estudiante sobre una situación problema. Está basada en la contextualización de una situación, esto se puede dar mediante la observación, el relato de un evento de la comunidad o la presentación de una situación desconocida, seguida de una pregunta bien diseñada que promueva el interés de los estudiantes y la necesidad de resolverla. Su desarrollo debe ser individual, a modo de extraer las concepciones y conocimientos previos que posee el estudiante sobre el tema central del problema, y hacer los ajustes pertinentes en su planificación para lograr una construcción efectiva del conocimiento.

Así, en una clase de genética se podría presentar el siguiente caso:

“El factor Rh es una proteína integral de la membrana de los glóbulos rojos (GR), de modo que son Rh (+) quienes presentan dicha proteína y Rh (-) quienes no la presentan. Un 85 % de la población son Rh (+). Dentro de las recomendaciones médicas antes o durante el embarazo, las mujeres deben realizar un test para conocer su grupo sanguíneo y el factor Rh para evitar abortos espontáneos en las mujeres que son Rh (-) sobre todo a partir del segundo embarazo.”

Preguntas de focalización:

¿Por qué es importante que las mujeres conozcan su factor Rh?

¿Por qué será más importante a partir del segundo embarazo?

¿Será necesario también conocer el factor Rh del padre, por qué?

¿Qué recomendaciones daría a una mujer con factor Rh (-), por qué?

Recordemos que este tema está orientado a estudiantes de ciencias de la salud, de la asignatura de biología, de este modo, los ponemos a resolver una situación problemática que será parte de su contexto laboral, por lo tanto los ponemos en el rol de profesionales de la salud y no solo de receptores de conocimientos. En esta etapa los estudiantes plantean sus hipótesis o posibles respuestas, valiéndose de sus conocimientos previos, su sistema de creencias y su visión de la ciencia.

La etapa de exploración, es la que va a propiciar el aprendizaje, en ella los estudiantes desarrollan su investigación, se fundamentan en sus ideas y buscan estrategias para desarrollar experiencias que los lleven a conseguir resultados. Es importante que los estudiantes elaboren sus procedimientos y el docente sirva sólo de guía, permitiendo la argumentación, razonamiento y confrontación de sus puntos de vista.

En el mismo caso, será necesario brindar al estudiante información sólida sobre el factor Rh, el modo de herencia de este factor (recesivo o dominante), investigaciones actuales y estadísticas de su localidad, que le permitan comprender la reacción entre el factor Rh (-) materno y Rh (+) fetal. Esto puede resultar intrascendente en el primer embarazo pues la madre no está sensibilizada frente a la presencia de estas proteínas, pero puede ser fatal para el feto en un segundo embarazo, pues el organismo de la madre actúa como una máquina asesina (por la presencia de anticuerpos contra el factor Rh (+) fetal), provocando hemólisis en el feto, fenómeno conocido como eritroblastosis fetal. Esto lleva al aborto espontáneo o al nacimiento de bebés prematuros con extrema ictericia que puede llegar a afectar su sistema nervioso central.

La etapa de comparación o reflexión, se requiere la participación activa del estudiante. El deberá confrontar la realidad de los resultados observados con sus predicciones, formulando sus propias conclusiones. El docente por su parte, debe estar atento para introducir términos y conceptos que considere adecuados, mediar para que el estudiante reflexione y analice detalladamente sus conclusiones, utilizando preguntas que las cuestionen. Las conclusiones deben presentarse de forma oral y escrita, donde el estudiante incluya los conceptos y términos que crea necesarios.

En esta etapa se vuelve a plantear las preguntas de la focalización, sin embargo, con la nueva información adquirida, el estudiante contrastará sus hipótesis, dará

respuestas sobre una base científica, se convertirá en un profesional de la salud, dando orientación clínica a su paciente.

La etapa de aplicación, es la confirmación del aprendizaje, en ella el estudiante debe ser capaz de extrapolar el aprendizaje a eventos cotidianos, generando investigaciones o extensiones del trabajo experimental.

En la aplicación, se puede dar respuesta a las interrogantes surgidas durante la clase, por ejemplo, puede ser que no se cuente con datos estadísticos sobre los casos de eritroblastosis fetal en la ciudad, se puede promover entonces el desarrollo de una investigación descriptiva, que surge desde la necesidad de comprender este fenómeno en nuestro contexto. Los estudiantes pueden solicitar asesoría de pediatras y ginecólogos. Así se pasa de una educación tradicional y memorista a una que adquiere mayor significado y trascendencia en la vida del estudiante, desarrollando en él competencias investigativas.

La metodología indagatoria pretende pasar del paradigma del aprendizaje de contenidos, al desarrollo de competencias científicas (2) que alude a la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de conocimientos y la investigación científica para explicar la naturaleza y actuar en contextos de la vida real. Entendemos por competencia en la cultura científica a aquel conocimiento científico y el uso que se hace de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar los sistemas y fenómenos naturales más relevantes, la forma en que el entorno condiciona las actividades humanas, las consecuencias de esas actividades en el medio ambiente, las aplicaciones y desarrollos tecnológicos de la ciencia, actuar consciente y eficazmente en el cuidado de la salud personal y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre temas relacionados con las ciencias y su aplicación práctica en la vida cotidiana. Por lo tanto, esta competencia se centra, tanto en el conocimiento científico y el uso del mismo que hace posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones en las cuales se requiere producir, apropiarse o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos, como en resolver problemas de naturaleza científica y tecnológica, así como analizar críticamente la forma en que ciencia y tecnología influyen en el modo de vida de la sociedad actual.

Para este fin emplea la Indagación científica que (3) se define como un proceso en el cual "se plantean preguntas acerca del mundo natural, se generan hipótesis, se diseña una investigación, se recolectan y analizan datos con el objeto de encontrar una solución al problema". La indagación, es un proceso que explora el mundo natural o material, lo que lleva

a formular hipótesis, experimentar, conjeturar y hacer descubrimientos. El proceso indagatorio es manejado por la propia curiosidad, el interés, las preguntas y la pasión por explicar una observación o resolver un problema. La enseñanza por indagación resalta la importancia fundamental de que los estudiantes puedan implicarse personalmente en el camino de "hacer ciencia". En otras palabras, aprender ciencia requiere participar activamente en la recolección de información a través de los sentidos: ver, escuchar, tocar, gustar y oler. La indagación incentiva a los estudiantes a preguntar, llevar a cabo investigaciones y hacer sus propios descubrimientos, hace uso de múltiples formas de saber y adquirir nuevas perspectivas al explorar temas, contenidos y preguntas. La enseñanza de las ciencias basada en la indagación privilegia la experiencia y los conocimientos previos, su práctica es transformadora tanto para el docente como para los estudiantes, toma en cuenta algunos nuevos aportes en la enseñanza que insisten en la necesidad de que los estudiantes desempeñen un papel más activo durante el desarrollo de las sesiones de aprendizaje.

Otro concepto que de importancia para la aplicación de la metodología indagatoria es la Alfabetización científica (4), que se entiende como "la capacidad de usar el conocimiento científico para identificar preguntas y para sacar conclusiones basadas en las pruebas, con el fin de entender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él a través de la actividad humana"

Descrita la metodología indagatoria, es oportuno comprender las teorías que la sustentan. Encontramos así, (5) el modelo constructivista del aprendizaje, un movimiento contemporáneo que sintetiza tanto el desarrollo de las modernas teorías del aprendizaje como el de la psicología cognitiva; que se opone a concebir el aprendizaje como receptivo y pasivo considerándolo más bien, como una actividad organizadora, compleja del alumno que construye y reconstruye sus nuevos conocimientos propuestos, a partir de revisiones, selecciones, transformaciones y reestructuraciones de sus antiguos conocimientos pertinentes, en cooperación con su maestro y sus maestros y compañeros; es decir el verdadero aprendizaje humano es una construcción de cada quien, el cual logra modificar su estructura mental. Por otra parte la (6) la teoría del aprendizaje por descubrimiento planteada por el psicólogo Bruner considera que "el pensamiento es mejorable a través del aprendizaje por descubrimiento y de la acción y ello pasa por las fases, enactiva, icónica y simbólica". Los estudiantes logran sus conocimientos empleando diversos recursos de su entorno, exponiendo, interpretando conceptos, símbolos, analizando los procesos físicos y biológicos de las situaciones planteadas en el aula o fuera de ella. Así mismo la (7) La teoría del aprendizaje significativo es un proceso por

medio del que se relaciona la nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva del individuo y que sea relevante para el material que se necesita aprender. Desde esta perspectiva, "el aprendizaje debe ser necesariamente significativo para el estudiante, si queremos que represente algo más que palabras o frases que repite de memoria y que definitivamente se olvidarán."

Así, el constructivismo, el aprendizaje por descubrimiento y la teoría del aprendizaje significativo, confluyen para dar un sustento teórico sólido a la metodología indagatoria.

De este modo, se evidencian experiencias y antecedentes respecto a la aplicación de la metodología indagatoria y si esta tiene efectos o no sobre el rendimiento académico de los estudiantes.

(8) En el modelo tradicional de enseñanza, el docente es quien provee los conocimientos elaborados y el alumno, en forma pasiva los consume, sin asegurar la transmisión del saber. Los modelos de enseñanza mediante la investigación postulan la importancia de situar al alumno en un contexto similar al que se encuentra un científico, pero bajo la dirección de un docente. (9) En el 2008 tras un estudio sobre "La metodología indagatoria como herramienta para explicitar preconceptos sobre orientaciones espaciales en estudiantes de universitarios en ciencias" se pudo evidenciar que si bien los estudiantes universitarios se encuentran en niveles de conocimiento "superiores" a los de estudiantes secundarios, sus representaciones espaciales siguen siendo como lo son aquellas de estudiantes de 14 años de edad. Esto debido probablemente al hecho de que la enseñanza de la física no ha sido abordada de modo contextualizado, ya que no se crean las condiciones para que los estudiantes desarrollen sus habilidades especiales y científicas a partir de los saberes previos. En este mismo se considera que la metodología de enseñanza llamada indagación, se ha instalado en las aulas de educación básica, media y universitaria, por su característica de "construcción del aprendizaje" desde la activación del pensamiento, y en este trabajo se pretende enfatizar también, a esta metodología de enseñanza, la característica de facilitadora de investigaciones educativas.

(10) George Charpack, Premio Nobel de Física, 1992, es el creador del Programa "La Main a la Pate", (Las manos en la masa) programa propuesto para la puesta en práctica de la metodología indagatoria, la cual promueve una enseñanza que no sea repetitiva ni mucho menos memorística, sino más bien, una educación basada en la observación, la experimentación, la argumentación y el razonamiento. De este modo este programa busca acercar la ciencia a las aulas, logrando fortalecer el aprendizaje de los

estudiantes en cuando a las ciencias se refiere. (11) Investigaciones realizadas en el nivel universitario, han aportado resultados valiosos respecto a la respuesta de los estudiantes luego de implementar intervenciones didácticas en busca de reorientar la formación científica de los estudiantes, lo que eventualmente permitió dotar al docente de herramientas que le permitieron comprender los principios de la alfabetización científica. Estos resultados fueron obtenidos luego de 11 años de emplear estrategias dirigidas al logro del aprendizaje significativo, a partir del desarrollo de habilidades de razonamiento crítico y creativo, componentes del pensamiento científico y de una educación para la vida.

Por estas razones, el presente investigación quiso incorporar la metodología indagatoria en la enseñanza de la biología, dirigida a estudiantes universitarios. Con esto se espera desarrollar habilidades científicas en los mismos, despertando en ellos la curiosidad nata de todo investigador, que encuentra en las ciencias un medio para conocer la realidad que lo rodea.

Así, la investigación parte de la siguiente pregunta: ¿Qué efecto tiene la metodología indagatoria sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de biología de Universidad Continental?. La hipótesis planteada fue que la metodología indagatoria tiene un efecto positivo sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de biología de Universidad Continental.

El objetivo general fue determinar el efecto que tiene la metodología indagatoria sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de biología de Universidad Continental. Los objetivos específicos fueron determinar la homogeneidad del rendimiento académico de los grupos en el pre test, para que; luego de aplicar la metodología indagatoria; se evalué la diferencia del rendimiento académico de los dos grupos en el post test y la diferencia del rendimiento académico del grupo experimental entre el pre y post test. Finalmente determinar la eficacia del tratamiento experimental, para inferir su efecto sobre el rendimiento académico de los estudiantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trató de una investigación cuantitativa, de tipo aplicada, nivel experimental y diseño cuasi experimental. La población estuvo conformada por 200 estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud, matriculados en la asignatura de biología. La muestra estuvo conformada por 29 estudiantes para el grupo control y 32 estudiantes para el grupo experimental. Se analizó la normalidad, según la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk y, las varianzas del rendimiento académico de los grupos control y experimental

para homogeneidad, según la prueba F de Fisher, a fin de determinar el grupo control y experimental. Se seleccionó el grupo experimental al cual se aplicaron las sesiones de aprendizaje basadas en la metodología indagatoria, considerando los procesos de focalización, exploración, reflexión y aplicación. Las sesiones fueron previamente socializadas con especialistas del Ministerio de Educación del programa de especialización en Ciencia Tecnología y Ambiente. Para el rendimiento académico se aplicaron pruebas pre test y post test previamente validadas por juicio de expertos, los resultados fueron analizados mediante la prueba F de Fisher para la razón de varianzas y la prueba t de Student para la homogeneidad de medias de muestras independientes con distribuciones normales, reportadas con el programa estadístico Stata V.13.

RESULTADOS

Análisis del rendimiento académico en el pre test

En la tabla 1 se muestra que, en el pre test, la mayoría de los estudiantes del grupo control (76 %) y grupo experimental (69 %) tienen rendimiento académico de 6 a 10, el 21 % de los primeros y el 28 % de los segundos entre 0 y 5 y, el 3 % de ambos grupos entre 11 y 15. Estos porcentajes indican que, en el pre test, no existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los estudiantes de ambos grupos de estudio.

En la tabla 1A se observa que, en el pre test, el rendimiento académico de ambos grupos fluctúa entre 3 y 11 y, con puntajes frecuentes de 6. El 50 % de los estudiantes del grupo control tiene como máximo 7 y el 50 % de los estudiantes del grupo experimental 6,5.

De estos estadísticos se deriva que, en el pre test, los rendimientos académicos de ambos grupos son idénticos, heterogéneos (CV > 15 %) (Chue et al., 2009: 59), con medias, varianzas y desviaciones estándares iguales.

Estas aseveraciones son confirmadas con la prueba F de Fisher para la razón de varianzas y la prueba t de Student para la homogeneidad de medias de muestras independientes con distribuciones normales. Con la primera prueba se establece que, al 95 % de confianza estadística, las varianzas del rendimiento académico de los grupos control y experimental son iguales, pues el valor P ($2*Pr(F < f) = 0,9398$) es mayor que el nivel usual de significación de 0,05. Con la segunda prueba se afirma que las medias del rendimiento académico de los grupos control y experimental son iguales, pues el valor P ($Pr(|T| > |t|) = 0,9473$) es mayor que el nivel usual de significación de 0,05.

Las distribuciones del rendimiento académico de los estudiantes de ambos grupos son simétricas (CA entre -0,5 y 0,5) y de la misma altura que la distribución normal (curvas mesocúrticas o curvas MK, CC entre -0,5 y 0,5). Estos resultados son confirmados con la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, al 95 % de confianza estadística, donde los valores P son mayores que el nivel usual de significación de 0,05.

Análisis del rendimiento académico en el post test

En la tabla 2 se aprecia que, en el post test, la mayoría de los estudiantes del grupo control (79 %) y el 44 %

fluctúa entre 7 y 18 y, con puntajes frecuentes de 10. El 50 % de los estudiantes de este grupo tiene como máximo 11.

El rendimiento académico promedio del grupo control es de 8,07 con desviación estándar de 2,219 y coeficiente de variación de 27,5 %, mientras que el rendimiento académico promedio del grupo experimental es de 11,53 con desviación estándar de 2,874 y coeficiente de variación de 24,9 %. De estos estadísticos se deriva que, en el post test, los rendimientos académicos de ambos grupos son distintos, heterogéneos (Chue et al., 2009: 59), con medias distintas pero varianzas y desviaciones estándares iguales.

Tabla N° 1: Rendimiento académico de los estudiantes en el pre test por grupo de estudio.

Rendimiento académico	Grupo control (n = 29)		Grupo experimental (n = 32)	
	Estudiantes	%	Estudiantes	%
0 a 5	6	21	9	28
6 a 10	22	76	22	69
11 a 15	1	3	1	3

Tabla N° 1A: Estadísticos del rendimiento académico de los estudiantes en el pre test por grupo de estudio.

Estadístico	Grupo control	Grupo experimental
Estudiantes	29,000	32,000
Mínimo	3,000	3,000
Máximo	11,000	11,000
Moda	6,000	6,000
Mediana	7,000	6,500
Media	6,690	6,660
Desviación estándar (DE)	1,948	1,977
Coeficiente de variación (CV)	29,10 %	29,70 %
Coeficiente de asimetría (CA)	-0,058	0,273
Coeficiente de curtosis (CC)	-0,036	-0,449

del grupo experimental tienen rendimiento académico de 6 a 10, el 14 % de los primeros y el 47 % de los segundos entre 11 y 15, el 7 % de los primeros entre 0 y 5 y, el 9 % de los segundos entre 16 y 20. Estos porcentajes indican que, en el post test, existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los estudiantes de los grupos de estudio, favorables al grupo experimental, como efecto de la metodología indagatoria empleada en este grupo.

En la tabla 2A se observa que, en el post test, el rendimiento académico del grupo control fluctúa entre 3 y 13 y, con puntajes frecuentes de 8. El 50% de los estudiantes de este grupo tiene como máximo 8. Por su parte, el rendimiento académico del grupo control

Tabla N° 2: Rendimiento académico de los estudiantes en el post test por grupo de estudio.

Rendimiento académico	Grupo control (n = 29)		Grupo experimental (n = 32)	
	Estudiantes	%	Estudiantes	%
0 a 5	2	7		
6 a 10	23	79	14	44
11 a 15	4	14	15	47
16 a 20			3	9

Tabla N° 2A: Estadísticos del rendimiento académico de los estudiantes en el post test por grupo de estudio.

Estadístico	Grupo control	Grupo experimental
Estudiantes	29,000	32,000
Mínimo	3,000	7,000
Máximo	13,000	18,000
Moda	8,000	10,000
Mediana	8,000	11,000
Media	8,070	11,530
Desviación estándar (DE)	2,219	2,874
Coeficiente de variación (CV)	27,50 %	24,90 %
Coeficiente de asimetría (CA)	0,118	0,470
Coeficiente de curtosis (CC)	0,646	-0,045

Estas aseveraciones son confirmadas con la prueba F de Fisher para la razón de varianzas y la prueba t de Student para la homogeneidad de medias de muestras independientes con distribuciones normales. Con la primera prueba se establece que, al 95 % de confianza estadística, las varianzas del rendimiento académico de los grupos control y experimental son iguales, pues el valor P ($2*Pr(F < f) = 0,1705$) es mayor que el nivel usual de significación de 0,05 (figura 2B). Con la segunda prueba se afirma que la media del rendimiento académico del grupo experimental es mayor que la media respectiva del grupo control y experimental, pues el valor P ($Pr(T > t) = 0$) es menor que el nivel usual de significación de 0,05.

Las distribuciones del rendimiento académico de los estudiantes de ambos grupos son simétricas, la primera más alta que la distribución normal (curva leptocúrtica o curva LK, $CC > 0,5$) y la segunda de la misma altura que la distribución normal (curva MK). Estos resultados son confirmados con la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, al 95 % de confianza estadística, donde los valores P son mayores que el nivel usual de significación de 0,05.

Contrastación estadística de hipótesis

Hipótesis:

“La metodología indagatoria tiene efectos positivos sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de Biología de la Universidad Continental”.

Dado que el diseño de investigación es cuasi experimental pre y post test con grupo control, la contrastación estadística de la hipótesis de investigación se realizó en cinco etapas:

- Homogeneidad del rendimiento académico de los grupos en el pre test.
- Diferencia del rendimiento académico de los grupos en el post test, favorable al grupo experimental.
- Comparación del rendimiento académico del grupo control entre el pre y post test.
- Diferencia del rendimiento académico del grupo experimental entre el pre y post test, favorable al post test.
- Si el rendimiento académico en el post test del grupo control es mayor al rendimiento académico en el pre test, evaluación de la eficacia del tratamiento experimental.

DISCUSIÓN

Respecto al RA comparativo en los grupos control y experimental luego de aplicada la metodología indagatoria, aceptan la hipótesis alternativa H1, al 95 % de confianza estadística, que concluye que existen diferencias significativas en los rendimientos académicos promedios en el post test de los estudiantes de los grupos control y experimental, favorables al grupo experimental, por lo que la metodología indagatoria tiene un efecto positivo sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la asignatura de biología de Universidad Continental

Los datos obtenidos son concordantes con otros estudios realizados (9) que abordaron “la metodología

indagatoria como herramienta para explicitar preconceptos sobre orientaciones espaciales en estudiantes de universitarios en ciencias” evidenciando que los estudiantes desarrollan sus habilidades especiales y científicas a partir de los saberes previos (...) que la metodología indagatoria se ha instalado en las aulas por su característica de “construcción del aprendizaje” desde la activación del pensamiento como facilitadora de investigaciones educativas.

De igual manera (10) el programa “las manos en la masa” propuesto para la puesta en práctica de la metodología indagatoria, promueve una educación basada en la observación, la experimentación, la argumentación y el razonamiento, que obtuvo niveles de efectividad concordantes con los hallados en esta investigación (11). Asimismo, investigaciones realizadas en el nivel universitario, han aportado resultados valiosos respecto a la respuesta de los estudiantes luego de implementar intervenciones didácticas en busca de reorientar la formación científica de los estudiantes, lo que eventualmente permitió dotar al docente de herramientas que le permitieron comprender los principios de la alfabetización científica. Estos resultados fueron obtenidos luego de 11 años de emplear estrategias dirigidas al logro del aprendizaje significativo, a partir del desarrollo de habilidades de razonamiento crítico y creativo, componentes del pensamiento científico y de una educación para la vida.

Por lo tanto, se puede determinar que la metodología indagatoria tiene un efecto positivo sobre el rendimiento académico de los estudiantes, que es resultado de la práctica de habilidades científicas en la resolución de casos contextualizados orientados a su rol profesional.

Finalmente, es recomendable la aplicación de la metodología indagatoria desde los primeros semestres de formación universitaria a fin de poder promover en los estudiantes el desarrollo de habilidades y competencias científicas que permitan una sólida formación universitaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Uzcátegui Y., Betancourt C. La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. Revista de Investigación N° 78 Vol. 37. Enero-Abril 2013
- Departamento de Investigación, Universidades e Investigación del gobierno Vasco. Competencia en cultura científica, tecnológica y de la salud. Ubicado en http://ediagnostikoak.net/ediag/cas/materiales-informativos/ED11_marko_

- teorikoak/3_Competencia_cientifica.pdf
3. Programa de especialización en ciencia, tecnología y ambiente dirigido a docentes de instituciones educativas públicas del nivel de educación secundaria de educación básica regular (2012 – 2014)
 4. Cajas F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. (American Association for the Advancement of Science, AAAS). Washington DC. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 2001, 19 (2), 243-254 Ubicable en: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v19n2p243.pdf>
 5. Quintana, C. y Cámac Z. Corrientes pedagógicas contemporáneas. Lima: Ed. San Marcos. 2007.
 6. Morán JJ. Habilidades docentes en el desarrollo pedagógico. DLN° 2012-16361 Huancayo Ed Sol Graf. 2013
 7. Ausubel DP Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México D. F.: Trillas.1976
 8. Loreto AM. Muñoz Fundamentos y Perspectivas de la Metodología indagatoria en la Enseñanza de las Ciencias. Material en línea. 2010 (citado el 20 de junio de 2014) Ubicable en: <http://es.scribd.com/doc/139424230/Metodologia-indagatoria-en-la-ensenanza-de-las-ciencias>
 9. Muñoz LA. La metodología indagatoria como herramienta para explicitar preconceptos sobre orientaciones espaciales en estudiantes de universitarios en ciencias. Rev.Col.Fís., Vol. 43, No. 3 de 2011.
 10. Aviles G. La metodología indagatoria: una mirada hacia el aprendizaje significativo desde "Charpack y Vygotsky". InterSedes. Vol. XII. (23-2011) 133-144. ISSN: 2215-2458
 11. Villaruel F. Formación científica y desarrollo de competencias para la investigación experimental en las ciencias agrícolas. Umbral Editorial, S.A. ISBN: 978-607-619-065-4. Ubicable en: http://cenid.org.mx/libros/colecciones/practicas_educativas_desde_la_perspectiva/libro.pdf#page=55

Comportamiento de la eficiencia de los gobiernos locales de Junín mediante el análisis envolvente de datos

Efficiency behavior of local governments in Junin using data envelopment analysis

Ybnias Elí Grijalva Yauri¹
Universidad Continental
ygrijalva@continental.edu.pe

RESUMEN

La investigación comprende el análisis de los niveles de eficiencia de los gobiernos locales de la región Junín, período 2009 - 2014, mediante el método de análisis envolvente de datos (DEA) y el índice de Malmquist, que se aplican buscando el objetivo de identificar un conjunto de unidades de eficiencia que sirvan de referente a los gobiernos locales de la región y así impulsar el cumplimiento de la misión institucional y de las competencias de gobierno local y por ende promover el desarrollo integral de su jurisdicción. La hipótesis planteada fue que los gobiernos locales que reporten niveles de eficiencia alcanzarán el cumplimiento de su misión institucional y sus competencias así como el cumplimiento de sus funciones, logrando promover el desarrollo integral de su jurisdicción. Los resultados obtenidos, en función de tres competencias de los gobiernos locales (servicios públicos locales; organización del espacio físico y uso del suelo; servicios sociales locales), indican que los gobiernos locales de Junín no alcanzan niveles de eficiencia permanentes en el tiempo. En conclusión, no es posible identificar unidades de toma de decisiones (DMU) de eficiencia que sirvan como referencia a los gobiernos locales de Junín, limitando el cumplimiento de su misión institucional y cabal desempeño de competencias y funciones, en desmedro del desarrollo económico y social de su jurisdicción.

Palabras clave: Eficiencia, gobierno local, análisis envolvente de datos, índice Malmquist.

ABSTRACT

The research includes the Efficiency Analysis of local governments in Junin Region (2009 - 2014 period), using the Data Envelopment Analysis - DEA method and Malmquist Index which is applied to "Identify a efficiency unit set that serve as a reference for local governments in the region, to promote compliance with the institutional mission and local government competences, and consequently, promote the integral development of its jurisdiction". The working hypothesis was: "Local governments that report efficiency levels will reach the fulfillment of its mission and its competences as well as their duties' performance, successfully promoting the integral development of its jurisdiction." The achieved results, applied to three local governments competences -local public services; physical space organization and land use; local social services- indicate that Junin local governments do not reach permanent efficiency levels over time. Finally, it is not possible to identify efficiency Decision Making Units (DMU) that serve as a reference for Junin local governments, thus, limiting the fulfillment of its institutional mission and proper functions and duties' performance, adding to the economic and social development detriment of its jurisdiction.

Keywords: Efficiency, local governments, data envelopment analysis, Malmquist index.

Historial del artículo:

Recibido: 4 de julio de 2015. Aprobado: 23 de octubre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Economista, Ms. en Proyectos, docente de la Universidad Continental.

INTRODUCCIÓN

La idea de eficiencia posee actualmente un gran arraigo e impulso en el sector público, por lo que se ha convertido en un esencial objetivo para los gobiernos locales. La necesidad de considerar el uso eficiente de los recursos es un objetivo explícitamente ya establecido para tales gobiernos.

En la literatura especializada, existe un creciente e importante número de estudios sobre la medida de la eficiencia, utilizando técnicas no paramétricas. Dos estudios podemos destacar como antecedentes: Chediak (1), La técnica DEA para medir y analizar la eficiencia de los municipios del departamento del Tolima (Colombia), en el 2006, cuyo objetivo fue establecer y analizar el ordenamiento de la eficiencia de estos municipios para evaluar la eficiencia en el desempeño local y establecer las mejoras potenciales. Según el modelo, el resultado se calcula empleando el método de DEA, el que permite conocer los municipios eficientes de referencia y las mejoras potenciales para cada municipio no eficiente, en qué proporción deben incrementar sus insumos y/o productos para alcanzar la eficiencia.

El otro estudio es del MINDES (2, 3), referido al análisis de eficiencia del Programa Nacional Wawa Wasi a nivel de sedes zonales, período 2007, 2008 y 2009, y cuyo objetivo fue estimar la eficiencia y productividad de las respectivas sedes mediante el método no paramétrico DEA y el índice Malmquist. Esto debido a que los métodos no paramétricos de análisis de eficiencia son consideradas como las alternativas más adecuadas para medir la eficiencia de las entidades del sector público, ya que en su aplicación se usan inputs y outputs, fácilmente calculables para este tipo de entidades.

El problema en la gestión de los gobiernos locales se caracteriza por la insatisfacción y el descontento de sus acciones, tanto políticos como ciudadanos, e incluso por los mismos servidores públicos, que cuestionan con frases como gestión improvisada, demasiado lenta, burocracia, demasiado alejado de las necesidades de las personas, con alto grado de corrupción, de mala calidad en sus servicios públicos, sin capacidad de gasto teniendo los recursos financieros necesarios y derroche de los recursos financieros.

El objetivo de la investigación fue identificar un conjunto de unidades de eficiencia que sirvan de referente a los gobiernos locales de la región y así impulsar el cumplimiento de la misión institucional y de las competencias de gobierno local y por ende promover el desarrollo integral de su jurisdicción. La hipótesis fue que los gobiernos locales que reporten niveles de eficiencia alcanzarán el cumplimiento de su misión institucional y sus competencias así como el

cumplimiento de sus funciones, logrando promover el desarrollo integral de su jurisdicción.

El Perú ha mantenido una tasa de crecimiento económico (4), que va desde el 9 % en el 2007 hasta el 5,8 % en el 2013, ritmo que se ve reflejado en los niveles de presupuesto destinados a los gobiernos locales de Junín. Los presupuestos de estos gobiernos locales han experimentado un crecimiento no antes visto y muy difícil que se repita de 357 millones de nuevos soles en el 2007 a 1,098 millones en el 2013. Particularmente, los presupuestos para inversiones presentaron un singular crecimiento, de 202 millones de nuevos soles en el 2007 a 668 millones en el 2013.

El rápido crecimiento presupuestario de los gobiernos locales de Junín lleva a plantearse una serie de interrogantes que tienen que ver con la eficiencia con que se administran dichos recursos por parte de las autoridades. Los estudios de eficiencia están relacionados con funciones de producción, y para su estudio en primer instante se debe diferenciar entre los métodos paramétricos y los métodos no paramétricos. La principal diferencia entre ellos está relacionada por la capacidad de formular y establecer la forma funcional de las funciones de producción y las situaciones de multiproducto.

Los gobiernos locales producen bienes y servicios en mercados que funcionan parcialmente o no funcionan; carecen de un sistema automático de incentivos por precios o por competencia para mejorar la asignación de recursos; los costos de oportunidad son altos por la escasez de los recursos. En este contexto, se hace viable medir los niveles de eficiencia de los gobiernos locales de Junín, como una medida de desempeño de la gestión pública recurriendo a los métodos no paramétricos.

En los métodos no paramétricos, el más utilizado es el análisis envolvente de datos (DEA), que en conjunto con el índice de Malmquist permite medir los niveles de eficiencia a través de tiempo de las unidades de toma de decisión (DMU) (gobiernos locales). Dicho proceso consiste en encontrar un conjunto de unidades eficientes y a partir de su combinación lineal, generar una envolvente o frontera eficiente.

El objetivo del DEA es optimizar la eficiencia relativa de cada DMU, para establecer una frontera de eficiencia, usando el criterio de eficiencia de Pareto. La frontera eficiente está conformada por aquellas DMU eficientes. El índice de Malmquist consiste en el cálculo de índices a partir de funciones de distancia. Usando dichas funciones de distancia, establece en qué medida una DMU es eficiente o ineficiente.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación por su finalidad es explicativa. Utiliza un diseño no experimental de panel de datos, con los gobiernos locales seleccionados en el período 2009 - 2014, y emplea el índice de Malmquist mediante el análisis envolvente de datos (DEA).

El estudio considera las siguientes competencias de los gobiernos locales, para las que se estimarán una función de producción correspondiente: (5) servicios públicos locales (recolección de residuos sólidos); organización del espacio físico y uso del suelo (pistas y veredas, licencias de construcción); y servicios sociales locales (programas sociales y seguridad ciudadana).

Según su organización política, Junín tiene 123 distritos, agrupados en 9 provincias. La muestra considera dos indicadores relevantes: población distrital anual, y asignación presupuestal anual. Establecidos los promedios para 2009 - 2014, con un ordenamiento descendente se obtiene la muestra de 26 gobiernos locales.

La técnica de recolección de datos se da mediante el análisis de contenidos. La información está centralizada en el INEI a través del Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU), encuestas obligatorias anuales, y en el MEF, en su Portal de Transparencia Económica.

Aspectos legales de los gobiernos locales

La Ley Orgánica de Municipalidades (5), Ley N° 27972, señala en su artículo IV, Título Preliminar, que los gobiernos locales tienen la finalidad de "representar al vecindario, promover la adecuada prestación de los servicios públicos locales y el desarrollo integral, sostenible y armónico de su circunscripción".

Esta ley identifica siete áreas en las que los gobiernos locales deben intervenir y actuar: 1) organización del espacio físico - uso del suelo; 2) servicios públicos locales; 3) protección y conservación del ambiente; 4) desarrollo y economía local; 5) participación vecinal; 6) servicios sociales locales; y 7) prevención, rehabilitación y lucha contra el consumo de drogas.

Concepto general de eficiencia

La propuesta es "recorrer al uso de 'cónicas o poligonales convexas' para construir isocuantas o fronteras, en forma no paramétrica, y solo partiendo de la información disponible acerca del comportamiento de numerosas DMU comparables, muchas de las cuales serán más eficientes que otras" (6).

Análisis envolvente de datos (DEA)

La medición de la eficiencia tiene sus inicios en el trabajo de Farrell, esfuerzo que es complementado con los trabajos de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) que partían de rendimientos a escala constante. Banker, Cooper y Rhodes (BCC) desarrollan el modelo original incluyendo los rendimientos a escala variable. Esta expansión del modelo permitió que la unidad evaluada fuese comparada con unidades de similar tamaño (7, 8).

Orientación del modelo DEA

La "orientación" está relacionada con la forma que se busca mejorar los índices de eficiencia: (1, 9)

- Orientados a inputs: Buscan, dado el nivel de outputs, la máxima reducción en el vector de inputs. Una unidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier input sin alterar sus outputs.
- Orientados a outputs: Buscan, dado el nivel de inputs, el máximo incremento de los outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no puede ser caracterizada como eficiente si es posible incrementar cualquier output sin incrementar (disminuir) ningún otro output.

Análisis envolvente de datos (DEA) – modelo BCC – O: orientado al output con frontera eficiente a retornos de escala variable (1)

Forma dual para cada DMU:

$$\text{Maximizar } Z = \varphi + \varepsilon \left[\sum_{r=1}^t S_r^+ + \sum_{i=1}^m S_i^- \right]$$

sujeto a:

$$Y_{rj} \varphi - \sum_{i=1}^m Y_{ij} \lambda_j + S_r^+ \leq 0, r = 1, \dots, t$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \lambda_j + S_i^- \leq X_{ij}^*, i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} = 1$$

φ : irrestricta o libre

$$\lambda_j \geq 0; j = 1, \dots, n; S_r^+ \geq 0; r = 1, \dots, t; S_i^- \geq 0; i = 1, \dots, m$$

Donde:

Número de inputs: $i = 1, \dots, m$; $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}$; número

de outputs: $r = 1, \dots, t$; $\sum_{r=1}^t u_r Y_{rj}$; número de DMU:

$j = 1, \dots, n$; DMU n

- ϕ^* : Proporción de inputs actuales que deben utilizarse para alcanzar la eficiencia.
- λ_j^* : Vector columna cuyas componentes son multiplicadores adimensionales, miden la proximidad de la proyección resultante de cada DMU con las unidades eficientes de las que es combinación lineal.
- S_i^{**} : Vector columna de las variables de holgura correspondientes a las desigualdades de los inputs, sus unidades estarán expresadas según las variables inputs.
- S_r^{**} : Vector columna de las unidades de holgura correspondientes a las desigualdades de los outputs, sus unidades están expresadas según sus variables de outputs.

Evolución de la productividad con el índice de Malmquist

El índice de Malmquist (10) consiste en el cálculo de índices a partir de funciones de distancia. Desde dichas funciones se podrá establecer en qué medida un DMU es eficiente, y en caso de no serlo, cómo es de ineficiente, en relación con una eficiencia óptima del mercado para esa DMU. El referido índice presenta ventajas frente a otros métodos tradicionales de medir la productividad global: primero, no se necesitan supuestos sobre el comportamiento de la unidad que se analiza, tales como la maximización de beneficios o la minimización de costos; segundo, el índice está basado en funciones de distancia, por lo que no se requieren precios de inputs u outputs en su construcción.

Utilizando la programación lineal DEA (basada en inputs u outputs) para medir el cambio de la productividad, a través del índice de Malmquist, se especifica un índice basado en el output del cambio de la productividad de Malmquist como:

$$m_0(y_{t+1}, X_{t+1}, Y_t, X_t) = \left(\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \cdot \frac{d_0^{(t+1)}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{(t+1)}(x_t, y_t)} \right)^{1/2}$$

El problema de PL utilizado para el cálculo de la distancia $d_0^t(x_t, y_t)$ exceptúa la restricción de convexidad y se incluye el (subíndice de) tiempo. Es decir:

$$[d_0^t(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} -\phi y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ \phi x_{it} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

RESULTADOS

Aplicación de los índices de Malmquist mediante el DEA a los gobiernos locales del departamento de Junín

La eficiencia mide la relación entre productos obtenidos e insumos utilizados en un proceso productivo. Cualquier actividad productiva puede entenderse como un proceso de optimización, en el cual se busca alcanzar la máxima cantidad de productos sin desperdiciar, o aprovechar al máximo los recursos o insumos disponibles (11).

Función de producción de los servicios públicos locales

Los gobiernos locales deben cumplir con regular y controlar el proceso de recolección, disposición final de los desechos sólidos, líquidos y vertientes industriales

Tabla N° 1: Variables para medir los niveles de eficiencia de los servicios públicos.

Outputs	Inputs
Output 1: Residuos sólidos (toneladas recolectadas por año).	Inputs 1: Vehículos (destinados a la recolección de residuos sólidos). Inputs 2: Costos que genera la recolección de residuos sólidos (nuevos soles). Inputs 3: Obreros (número de trabajadores destinados a la recolección de residuos sólidos).

en su ámbito (12, 13, 14). Asimismo, proveer del servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de desperdicios. La tabla 1 muestra las variables seleccionadas como inputs u outputs, y que son consideradas pertinentes para la estimación de los niveles de eficiencia.

Estimación del modelo

Con las técnicas del DEA e índice de Malmquist se ha realizado estimaciones para los 26 gobiernos locales de la muestra, procedimiento a partir del cual se obtiene la solución mostrada en la tabla 2.

A partir de la tabla 2 se puede identificar los siguientes comportamientos:

- La evolución del índice de Malmquist presenta una alta dispersión, no existe gobierno local que registre durante el período más de un índice que indique continuidad en eficiencia del tratamiento de los

residuos sólidos. Esto es una señal de que no existe una adecuada planificación de mediano y largo plazo en el manejo de los residuos sólidos.

- El gobierno local de Huancayo la función de recolección y disposición de residuos sólidos lo tiene concesionado a una empresa privada, pese a ello, no alcanza los niveles de eficiencia que se esperaría.
- Los gobiernos locales de El Tambo, Satipo, Chupaca, que tienen las mismas autoridades, deberían desarrollar procesos eficientes de tratamiento de

Durante el período analizado la gestión de residuos sólidos, se puede observar que:

- El gobierno local distrital de Sapallanga aparece con niveles de eficiencia en cuatro de un total de cinco períodos de comparación.
- Los gobiernos locales de Perené, Pangoa, Satipo, Chanchamayo, La Oroya, Río Tambo, Río Negro, Junín, Pilcomayo, aparecen en tres de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de Tarma, Pichanaqui,

Tabla N° 2: Índice de Malmquits – residuos sólidos (2009–2014).

Malmquist	2009=>2010	2010=>2011	2011=>2012	2012=>2013	2013=>2014
El Tambo	0,93034054	3,11561951	0,86783771	0,59042315	0,68016554
Huancayo	0,96148650	0,74940683	0,99775533	0,84979402	0,44168042
Chilca	0,76233924	0,99518069	0,20447265	7,12130928	0,14444005
Tarma	2,18226756	1,33051738	0,43964232	0,63375014	0,39129325
Perené	1,00892875	10,72533200	0,02987746	51,44166030	0,26920349
Pichanaqui	0,52498742	0,80712516	1,24634687	0,71484419	1,01732725
Pangoa	1,77809001	1,62413130	1,15426655	0,95658606	0,93685569
Satipo	0,98098283	0,79538109	1,04646126	0,41871072	1,55485177
Chanchamayo	4,09681465	1,20110376	1,02298038	1,04402512	0,52927519
San Ramón	0,82832520	0,67682302	0,50204443	2,83831121	0,95735228
Chupaca	0,08028538	1,01838756	0,41140611	1,11305530	0,84446404
La Oroya	3,99343838	1,01238930	0,81746362	1,39099642	0,41401782
Jauja	0,85506391	1,05622377	0,82166620	2,26599426	0,73887123
Río Tambo	0,84744511	1,18001743	0,01219593	37,88940070	2,73908290
Mazamari	0,76908670	0,78223817	0,41050006	0,36505103	1,16866853
Río Negro	0,01000000	2,68623694	8,84603887	3,15580322	0,55169805
Concepción	0,83839440	2,54006397	1,00571067	1,18221679	0,64026847
Junín	1,75525284	1,65612013	0,01923939	21,88416990	0,61463423
Sapallanga	2,19052357	1,05020785	3,82136101	0,75897814	2,36533074
Pilcomayo	0,72243563	1,41533057	2,44264022	0,85108297	6,48535544
Huancán	0,82118490	0,42143002	4,61156772	0,24085349	5,42924067
San Agustín	0,52090561	0,52113630	7,92659770	0,84061575	0,27966639
Yauli	0,23571234	7,27142123	0,35220890	2,41704809	0,57489678
Morococha	0,01000000	3,28471867	2,05334421	0,34544445	0,93998896
Huay-Huay	0,01000000	0,22791789	1,87627608	0,26887150	11,06403960
Santa Rosa de Sacco	0,94690659	0,05609083	9,73047359	0,45391160	1,57164832

los residuos sólidos, sin embargo, ninguno muestra índices de eficiencia.

- Los gobiernos locales capitales de provincias, manejan mayores niveles de presupuesto, tienen mayor número de personal y disponen de mayor infraestructura; pero tales ventajas no se evidencian en una gestión eficiente.
- El gobierno local de Concepción es el único que cuenta con un área destinado a la disposición final de los residuos sólidos.

Chupaca, Jauja, Concepción, Huancán, Yauli, Morococha, Huay-Huay, Santa Rosa de Sacco, aparecen en dos de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.

- Los gobiernos locales de San Ramón, Mazamari y San Agustín, aparecen en uno de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de El Tambo, Huancayo, Chilca, no aparecen con niveles de eficiencia.

Tabla N° 3: Variables para medir los niveles de eficiencia de los servicios públicos.

Outputs	Inputs
Output 1: Licencias de construcción (número de licencias).	Inputs 1: Maquinaria pesada (número de unidades).
Output 2: Pistas y veredas (construidas y reparadas en metros cuadrados)	Inputs 2: Equipos de oficina (número de unidades).
	Inputs 3: Personal (número de profesionales, técnicos, auxiliares).
	Inputs 4: Gasto en infraestructura (nuevos soles).

Tabla N° 4: Índice de Malmquist – licencia de construcción, construcción de pistas y veredas (2009-2014).

Malmquist	2009=>2010	2010=>2011	2011=>2012	2012=>2013	2013=>2014
El Tambo	0,91472068	1,47675193	0,80586514	1,85938620	0,87511556
Huancayo	0,78502043	1,27780770	0,85798500	1,06795527	1,03232739
Chilca	1,27316118	1,54289084	1,52642204	0,87599684	0,23695897
Tarma	0,08264456	2,37232565	0,90031379	1,73185157	2,31314451
Perené	0,65318904	11,70274100	0,46925153	0,53581338	0,23815196
Pichanaqui	0,32047478	2,00889837	0,47130938	1,66293749	1,58837014
Pangoa	0,24657185	18,65801210	1,40248336	2,99936424	1,57316019
Satipo	0,45718472	2,41962561	1,32847509	0,57685698	0,41960058
Chanchamayo	1,56786013	1,61990398	2,87052211	0,59201854	1,04291960
San Ramón	0,51072547	1,73626772	0,69581260	1,53206960	1,19996176
Chupaca	0,32480039	3,85205307	0,95179125	1,41353906	0,23915221
La Oroya	9,17439653	0,81792790	0,30136728	0,51850596	0,95373877
Jauja	2,49306551	0,97707639	0,14598644	2,71123792	49,37221900
Río Tambo	0,45900825	2,62795470	0,17246869	0,48970217	100
Mazamari	0,24801459	4,60824953	1,53182444	0,09587315	0,02114844
Río Negro	3,16521196	1,22234263	1,54662744	0,02909412	100
Concepción	2,82819007	0,52177919	0,37649993	5,81620016	0,38977166
Junín	0,01089864	93,87517880	0,94150135	0,83171983	3,76935477
Sapallanga	0,17213305	33,98564500	1,53037338	3,89284891	7,91698679
Pilcomayo	3,28978449	1,10988497	1,25465245	0,01376128	65,81083340
Huancán	1,16523759	3,61098811	2,96494069	0,32119453	0,60678540
San Agustín	0,42922472	2,37828896	2,53279625	1,24169647	0,35279088
Yauli	0,93149967	12,72728720	0,17400483	0,53859882	0,27726505
Morococha	2,61930679	0,02471007	100	0,02256298	5,10979191
Huay-Huay	0,29378963	1,72192080	0,37811162	1,88379764	0,64991561
Santa Rosa de Sacco	1,37422291	1,85530076	0,70021387	1,09769427	2,18162068

Función de producción de organización del espacio físico y uso del suelo

En esta competencia deben cumplir con otorgar las licencias de construcción, bajo responsabilidad, ajustándose a las normas sobre barreras arquitectónicas y de accesibilidad (13). Asimismo, aprobar el plan de acondicionamiento territorial que identifique las áreas urbanas y de expansión urbana. Ejecutar directamente o proveer la ejecución de las obras de infraestructura urbana o rural que sean indispensable para el

desarrollo de la vida del vecindario. La tabla 3 muestra las variables seleccionadas como inputs u outputs, y que son consideradas pertinentes para la estimación de los niveles de eficiencia.

Estimación del modelo

Con las técnicas del DEA e índice de Malmquist se han realizado estimaciones para los 26 gobiernos locales de la muestra, procedimiento a partir del cual se obtiene la solución mostrada en la tabla 4.

Tabla N° 5: Niveles de eficiencia de los programas sociales y seguridad ciudadana.

Outputs	Inputs
Output 1: Casos en DEMUNA (número de casos atendidos).	Inputs 1: Vehículos (número de unidades destinadas a servicios sociales).
Output 2: Beneficiarios de programas sociales (número de beneficiarios: vaso de leche, club de madres, comedores populares, wawa wasi, adulto mayor, organizaciones juveniles).	Inputs 2: Equipos de oficina (número de unidades).
	Inputs 3: Serenazgo (número de efectivos).
	Inputs 4: Personal (número de profesionales, técnicos, auxiliares).
	Inputs 5: Medios de comunicación (teléfonos, celulares, etc.).

Tabla N° 6: Índice de Malmquists – programas sociales y seguridad ciudadana (2009 – 2014).

Malmquist	2009=>2010	2010=>2011	2011=>2012	2012=>2013	2013=>2014
El Tambo	0,58078889	0,29476132	1,21538106	0,61616474	0,72440374
Huancayo	0,41918915	1,04545523	1,28781802	0,61665869	0,86066497
Chilca	0,29840759	1,67298888	0,62907796	0,81411337	2,02420858
Tarma	1,63532823	1,15302482	0,92015394	0,58640682	0,92876293
Perené	0,77634225	0,65219789	0,89392268	0,58842571	0,62320893
Pichanaqui	0,48928703	0,42303043	8,20792985	0,56139931	0,69305005
Pangoa	0,78571123	0,32315417	1,09400002	1,62192978	0,37591179
Satipo	1,05842870	0,79577196	3,14926298	0,24691482	0,73335493
Chanchamayo	0,37706567	1,13848703	0,28858157	0,60434760	1,80651977
San Ramón	0,72159033	0,92659344	1,27253872	0,70171112	0,75074712
Chupaca	1,29705294	0,45778322	1,19296526	0,53429528	0,51489457
La Oroya	2,06428744	0,41728891	0,63675230	0,96207804	0,51243061
Jauja	1,22518349	1,80703761	0,70100881	0,78351303	0,36978777
Río Tambo	1,32723780	0,43479211	0,69344453	0,11915660	0,66717700
Mazamari	0,36967085	0,39377277	0,85033885	0,36751791	1,71048717
Río Negro	0,57009326	1,82554995	2,42111623	0,01000000	100
Concepción	0,94431000	0,67444283	1,00092032	1,19157501	0,69312511
Junín	1,09564012	0,91204208	1,58941188	0,28764670	1,09911298
Sapallanga	0,19749587	100	0,26596078	0,19645891	97,05882130
Pilcomayo	0,84748133	0,1575591	0,96346185	0,81829007	1,00474210
Huancán	1,34458924	1,16362172	1,33787334	0,30555538	0,81149023
San Agustín	0,41204832	1,80232443	0,40747420	0,61005560	0,48092567
Yauli	0,20509882	2,52518401	1,70437358	0,52089125	0,58005702
Morococha	1,16904313	0,62098757	1,15012203	0,63181318	1,04501220
Huay-Huay	0,75780981	0,41066514	1,87635646	0,37467481	19,69976300
Santa Rosa de Sacco	0,70184954	0,46257938	0,60933585	0,49455619	0,50537027

A partir de la tabla 4 se puede identificar los siguientes comportamientos:

- La evolución del índice de Malmquist presenta una alta heterogeneidad, no se cuenta con un comportamiento eficiente de casi todos los gobiernos locales durante el período en la gestión de licencias de construcción y construcción de pistas y veredas, reafirmando la no existencia de una adecuada planificación de mediano y largo plazo.
- El gobierno local de Huancayo, en lo referido a licencias de construcción y construcción de pistas y

veredas, es el único que durante el período muestra una mejora permanente y con una tendencia de crecimiento, en el 2009 con un índice de 0,78, para llegar al 2014 con un índice de 1,03.

- Los gobiernos locales de El Tambo, Satipo, Chupaca, pese a tener continuidad en la presencia de las mismas autoridades, no evidencian el fortalecimiento de sus procesos de gestión de manera eficiente.

Para el período analizado la gestión de licencias de construcción y construcción de pistas y veredas mediante

el índice de Malmquist, se puede observar que:

- Los gobiernos locales de Pangoa, Satipo, Chanchamayo, Río Negro, Sapallanga, Pilcomayo, Santa Rosa de Sacco, aparecen en cuatro de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de Huancayo, Tarma, Pichanaqui, San Ramón, Jauja, Huancán, San Agustín, Morococha, aparecen en tres de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de El Tambo, Chilca, Chupaca, Río Tambo, Mazamari, Concepción, Junín, Huay-Huay, aparecen en dos de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de Perené, La Oroya, Yauli, aparecen en uno de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.

Función de producción de los servicios sociales locales

En esta competencia deben cumplir con regular acciones de las Defensorías Municipales de los Niños y Adolescentes (DEMUNA); ejecutar el Programa de Vaso de Leche (15); establecer canales de comunicación y cooperación entre los vecinos y los programas y organizaciones sociales; establecer un sistema de seguridad ciudadana, con participación de la sociedad civil y de la policía nacional. La tabla 5 muestra las variables seleccionadas como inputs u outputs, y que son consideradas pertinentes para la estimación de los niveles de eficiencia.

Estimación del modelo

Con las técnicas del DEA e índice de Malmquist se han realizado estimaciones para los 26 gobiernos locales de la muestra, procedimiento a partir del cual se obtiene la solución mostrada en la tabla 6.

A partir de la tabla 6 se puede identificar los siguientes comportamientos:

- La evolución del índice de Malmquist vuelve a presentarnos un comportamiento heterogéneo, no se cuenta con un proceso eficiente en casi todos los gobiernos locales durante el período en la gestión de las DEMUNAS y los programas sociales, evidenciando una vez más la no existencia de una planificación de mediano y largo plazo.
- Es de destacar que los gobiernos locales de Chilca, Perené, Pichanaqui, Pangoa, Satipo, Chanchamayo, San Ramón, Chupaca, Río Tambo, Mazamari, Concepción, Junín, que según el INEI registran altos

niveles de pobreza y pobreza extrema, ninguno de ellos presenta índices de Malmquist superiores a la unidad (indicador de eficiencia), entre ellos registran un promedio de 0,79 en el 2009 y 0,97 en el 2014, mostrando una tendencia creciente para el periodo.

- Los gobiernos locales de El Tambo, Satipo, Chupaca, pese a tener continuidad en la presencia de las mismas autoridades, no evidencian una política de gestión eficiente en materia de programas sociales.
- Los gobiernos locales capitales de las provincias, no marcan la diferencia pese a manejar mayor nivel de presupuesto, mayor personal y mayor infraestructura.

Para el periodo analizado la gestión de atenciones de casos en DEMUNA y beneficiarios de programas sociales mediante el índice de Malmquist, se puede observar que:

- Los gobiernos locales de Río Negro, Junín, Huancán, Morococha, aparecen en tres de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de Huancayo, Tarma, Pangoa, Satipo, Chanchamayo, Chupaca, Jauja, Concepción, Sapallanga, Yauli, Huay-Huay, aparecen en dos de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de Chilca, Pichanaqui, San Ramón, La Oroya, Río Tambo, Mazamari, Pilcomayo, San Agustín, aparecen en una de un total de cinco oportunidades con niveles de eficiencia.
- Los gobiernos locales de El Tambo, Perené, Santa Rosa de Sacco, no aparecen en ninguna de las cinco oportunidades con niveles de eficiencia.

DISCUSIÓN

La Ley Orgánica de Municipalidades (5) define a los gobiernos locales como "entidades, básicas de la organización territorial del Estado" que tienen la finalidad "representar al vecindario, promover la adecuada prestación de los servicios públicos locales y el desarrollo integral, sostenible y armónico de su circunscripción".

1. El crecimiento de la economía peruana se ve reflejado en presupuestos de los gobiernos locales de Junín. Estos gobiernos en el 2007 disponían de un presupuesto de 357 millones de nuevos soles, mientras que en el 2013 ascendió a 1 098 millones mostrando un crecimiento del 207,5 % (4) de manera que de carencia de recursos no

- padecieron.
2. En el caso del presupuesto para inversiones, en el año 2007 disponían en conjunto de 202 millones de nuevos soles y en el 2013 tenían 668 millones, presentando un crecimiento del 230,7 %, por lo que recursos para inversiones había. Los niveles de ejecución presupuestaria, en cambio, pasaron de 43,3 % en el 2007 a 60,5 % en el 2013.
 3. La evaluación de los niveles de eficiencia aplicada a la competencia: servicios públicos locales (recolección y disposición final de residuos sólidos – tablas 1 y 2) se explica a partir de las variables: número vehículos destinados a la recolección de residuos sólidos; costos que genera la recolección de residuos sólidos; número de trabajadores destinados a la recolección de residuos sólidos:
 - De los 26 gobiernos locales, solo en el período 2010 - 2011 se presentó que el 61,5 % (16 gobiernos locales) alcanzaron niveles de eficiencia, en los períodos restantes fueron más los gobiernos locales que muestran evidencia de ineficiencias.
 - Gobiernos locales como Huancayo, El Tambo, Chilca, que son ciudades con gran población y altos niveles de presupuesto, no han desarrollado sus funciones de servicios públicos locales (residuos sólidos) de manera eficiente (no aparecen en el grupo de gobiernos locales eficientes durante el período).
 - Gobiernos locales como El Tambo, Satipo, Chupaca, que desde el 2007 al 2014 han tenido la misma autoridad edil, tampoco desarrollan un proceso de adecuación al tratamiento de los residuos sólidos con eficiencia, lo cual es muestra de una falta de planificación de mediano y largo plazo.
 4. La evaluación de los niveles de eficiencia aplicado a la competencia: organización del espacio físico y uso del suelo (pistas y veredas, licencias de construcción – tablas 3 y 4) se explica a partir de las variables: número de maquinaria pesada; número de equipos de oficina; número de profesionales, técnicos, auxiliares; gasto en infraestructura:
 - De los 26 gobiernos locales, en los períodos 2009 - 2010 y 2011 - 2012 se presentaron que el 38,5 % (10 gobiernos locales) y 42,3 % (11 gobiernos locales) alcanzaron niveles de eficiencia, evidenciando cierta aproximación a niveles de eficiencia adecuados en los otros períodos o quizás la "vocación" por solo "sembrar cemento" se cumple con las competencias de los gobiernos locales.
 - La evolución del índice de Malmquist presenta una alta heterogeneidad, no se cuenta con una cultura y formación de eficiencia en todos los gobiernos locales durante el período en la gestión de licencias de construcción y construcción de pistas y veredas, reafirmando la no existencia de una adecuada planificación de mediano y largo plazo.
 5. La evaluación de los niveles de eficiencia aplicado a la competencia: servicios sociales locales (número de casos en DEMUNA, número de beneficiarios de programas sociales, tablas 5 y 6) se explica a partir de las variables: número de vehículos destinados a servicios sociales; número de equipos de oficina; número de efectivos de serenazgo; número de profesionales, técnicos, auxiliares; medios de comunicación, teléfonos, celulares, etc.
 - De los 26 gobiernos locales, solo en el período 2011 - 2012 se presentó que el 53,8 % (16 gobiernos locales) alcanzaron niveles de eficiencia, en los períodos restantes fueron más los gobiernos locales que muestran evidencia de ineficiencias, lo cual evidencia un total desinterés por la atención de los temas sociales que son parte de las funciones de un gobierno local.
 - Gobiernos locales como El Tambo, Perené, Santa Rosa de Sacco, no registran indicadores de eficiencia durante el período de estudio, lo cual muestra una carencia total de planificación de mediano y largo plazo.
 - La evolución del índice de Malmquist se muestra altamente heterogéneo, no se cuenta con una cultura y formación de eficiencia en todos los gobiernos locales durante el período en la gestión de los servicios sociales locales.
 6. Si bien autores como Chediak (1), Schuschny (6), Gonzales (10) y Horst (12), llegan a establecer unidades de toma de decisiones que luego sirven como referentes para que las otras unidades alcancen la eficiencia; en el caso de Junín, dado la heterogeneidad del comportamiento del índice de Malmquist durante el período de estudio 2009 - 2014, para el caso particular de las tres competencias que corresponden a los gobiernos locales de Junín, no es posible identificar unidades de toma de decisiones (DMU) de eficiencia que sirvan como referencia a estos gobiernos locales, limitando el cumplimiento de la misión institucional y de las competencias de los gobiernos locales, por lo tanto, postergando el desarrollo integral de su jurisdicción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chediak PF. La técnica DEA para medir y analizar la eficiencia de municipios del departamento de Tolima, 2006 [Tesis de maestría]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial; 2008.
2. Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social. Análisis de eficiencia del Programa Nacional Wawa Wasi a nivel de sedes zonales, período 2007, 2008 y 2009. Lima: MIMDES / Dirección de Monitoreo y Evaluación de Impacto Social; 2011.
3. Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social. Análisis de eficiencia de los equipos de trabajo zonales del PRONAA en la gestión del Programa Integral de Nutrición, Caso Componente Alimentario. Período 2007, 2008 y 2009. Lima: MIMDES / Dirección de Monitoreo y Evaluación de Impacto Social; 2011.
4. Banco Central de Reserva del Perú. Memorias anuales. Lima: BCRP; 2007 - 2014.
5. Ley Orgánica de Municipalidades. Ley N° 27972. Diario Oficial El Peruano, N° 8373, (27-05-2003).
6. Schuschny A. El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL; 2007.
7. Cooper WW, Seiford LM, Tone K. Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, With DEA - Solver Software and References. New York: Springer; 2006.
8. Benedetti BC. Análisis y evaluación de la gestión educacional municipal [Tesis de pregrado]. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas; 2010.
9. Gimenez GV, Prior JD. Evaluación frontera de la eficiencia en costes: Una aplicación a los municipios de Cataluña. VII Encuentro de Economía Pública. España: Universitat Autònoma de Barcelona; 2000.
10. González PR. Utilización del análisis envolvente de datos (DEA) en el desarrollo de una metodología para el establecimiento de costos eficientes de remuneración en la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de distribución eléctrica [Tesis de postgrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería; 2010.
11. Tam MM. Una aproximación a la eficiencia técnica del gasto público en educación en las regiones del Perú. Lima: CIES; 2008.
12. Horst B. ¿Son nuestros municipios eficientes? Una aplicación del modelo de análisis envolvente de datos. Libertad y Desarrollo. 2007; 175(32): 3-30
13. Herrera CP, Francke BP Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2007.
14. Ligarda J, Ñaccha M. La eficiencia de las organizaciones de salud a través del análisis envolvente de datos: Microrredes de la Dirección de Salud IV Lima Este 2003. An Fac Med. 2006; 67(2); 142-151.
15. Pérez RK. Utilización del análisis envolvente de datos en la seguridad ciudadana. EAP de investigación operativa [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas; 2009.

#Ayotzinapa, origen y evolución del movimiento social mexicano en Twitter

#Ayotzinapa, origin and evolution of the Mexican social movement on Twitter

Rocío Abascal Mena¹

Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México
mabascal@correo.cua.uam.mx

RESUMEN

México se consternó una vez más en septiembre de 2014 tras la noticia de los desaparecidos de Ayotzinapa—43 de ellos—, todos de la Escuela Normal Rural del Estado de Guerrero, al sur de la Ciudad de México. Las redes sociales, ya utilizadas en movimientos como #YoSoy132, fueron testigos del reclamo de los mexicanos. Siendo Twitter la red más utilizada para manifestar el reclamo de los usuarios al Gobierno Mexicano porque los devolvieran vivos. En este artículo, mostramos el resultado del estudio de un amplio corpus de tuits #Ayotzinapa en torno a la tragedia. Asimismo, estudiamos en particular las etiquetas constitutivas del joven género discursivo, cuyo anonimato, minimalismo y velocidad comunicativa, pueden revelar algunas facetas de las críticas más fuertes hechas al gobierno. Nuestra hipótesis se basa en que a partir de la popularidad en el uso de hashtags asociados hay una evolución de estos con el fin de llegar a una mayor audiencia. Nuestras conclusiones muestran que es necesaria una transformación de las etiquetas, con el paso del tiempo, para permanecer en la red social.

Palabras clave: Redes sociales, Twitter, popularidad, correlación.

ABSTRACT

Mexico was shocked once again in September 2014 over the missing Ayotzinapa students - 43 of them - news, all from the Rural Normal Guerrero State School in southern Mexico City. Social networks, already in use by movements like #YoSoy132, witnessed the Mexicans' claim. Twitter was the most popular to express the people's claim to the Mexican government asking to return students alive. In this article, we show the study results of a large corpus composed by #Ayotzinapa tweets. Moreover, we also especially study, the young discursive genre labels, whose anonymity, minimalism and communicative speed, can reveal some facets of the government's strongest criticisms. Our hypothesis states that from the popular use of the associated hashtags there is an evolution of them in order to reach a wider audience. Our findings show that labels' transformation is required, over time, to remain in the social network.

Keywords: Social network, twitter, popularity, correlation.

Historial del artículo:

Recibido: 10 de octubre de 2015. Aprobado: 16 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

¹ Dra. en Informática e Información para la Sociedad por el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Lyon, Francia. Profesor-Investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, Ciudad de México.

INTRODUCCIÓN

Existen, actualmente, nuevas formas de comunicación mediadas por la computadora como lo son las llamadas redes sociales digitales siendo estructuras sociales formadas por nodos -personas, grupos u organizaciones-, que están vinculados respecto a intereses y/o puntos de vista en común. Éstas han propiciado una comunicación distinta a la oral en donde la restricción del tiempo y el espacio generan nuevas prácticas lingüísticas.

Entre las redes sociales digitales se encuentra Twitter que es una red social digital cuya característica principal son sus mensajes que se envían teniendo una longitud máxima de 140 caracteres, llamados tuits. Estos pueden ser almacenados y categorizados en temas a partir del uso de etiquetas (#hashtags) permitiendo seguir, buscar y encontrar mensajes del mismo tema. Twitter, así como otras redes digitales, permite a los usuarios ser creadores de la información, volverse elementos claves en la discusión de un determinado tema. Por lo tanto, Twitter ya ha sido utilizado, en varias ocasiones, como un medio para la discusión política en contextos locales y nacionales, protestas y movimientos activistas como las ocurridas en México con #YoSoy132. Twitter se convirtió en un canal legítimo de comunicación en la arena política como un resultado de la campaña presidencial del 2008 realizada en Estados Unidos (1).

Twitter incorpora nuevos elementos tecno-discursivos como lo son el acortamiento de palabras o el uso de etiquetas en un determinado tema. Existen varios ejemplos de investigadores que se han enfocado en el estudio de estos elementos. Entre ellos está Cunha et al. (2) quien estudió la propagación de los hashtags dentro de comunidades de habla, es decir, grupos de personas cuyos miembros lingüísticamente se influyen entre sí. En la investigación se encontró una relación entre la distribución de los hashtags dentro de los rankings de frecuencia y la longitud de las etiquetas para que éstas sean adoptadas por otros usuarios. Por su parte, Romero et al. (3) estudió la manera en que una información se difunde en Twitter a partir del uso del análisis de las variaciones de las características de difusión en distintas temáticas. Para ello, calcularon la probabilidad de adopción de un hashtag basado en el número de exposiciones. Chew & Eysenbach (4) encontraron la existencia de variabilidad en el uso y contexto de las etiquetas al estudiar, durante un periodo de tiempo, el uso de #H1N1 y #swineflu en los tuits generados durante 2009. Los hashtags han sido estudiados para determinar los sentimientos emitidos en todo el tuit. Por ejemplo, Rodríguez et al. (5), a partir de un corpus electoral, categoriza y hace diez etiquetas en positivas, negativas o neutrales y hace un conteo de los tuits que las incluyen para tratar de determinar si las etiquetas pueden ser utilizadas con el

fin de identificar sentimientos emitidos en un tuit.

Es posible encontrar estudios en los que se habla acerca de las comunidades que son grupos de usuarios organizados con un objetivo en común. Las comunidades están, principalmente, asociadas a un grupo de etiquetas (6, 7) permitiendo la formación de públicos ad-hoc alrededor de temas específicos.

Chris Messina propone, en el 2007, el uso del símbolo # para mejorar la contextualización y el filtrado de Twitter (8). El uso del etiquetado amplía la capacidad del mensaje al convertir a la etiqueta en un identificador para (a) re-documentar el tuit haciendo uso de la hipertextualización, (b) categorizar el tuit dentro de grupos ad-hoc y áreas temáticas, (c) generar comentarios metadiscursivos, (d) crear marcas expresivas, (e) crear interpretaciones personales e (f) identificar de manera genérica una temática. En el caso de la generación de comentarios metadiscursivos se toma la definición de Hyland & Tse (9) donde explica que son estrategias utilizadas por el escritor para



Figura N° 1: Movilización por desaparecidos de Ayotzinapa.

organizar el texto y que permiten conectar distintas ideas. Este es un elemento crucial en la escritura argumentativa al facilitar la persuasión (10).

Rusell (11) y Poell (12) se refieren al uso de procesos metadiscursivos para persuadir a los tuiteros en torno a los movimientos suscitados durante la Primavera Árabe. Rusell (11) afirma que la conciencia y el metadiscurso inspirado en estos tuits tienen sus precedentes: se trata de un fenómeno recurrente en la historia del periodismo profesional, que se origina, particularmente, en momentos de crisis política o de polarización (13). Según Georgakopoulou (14), lo que más destaca en estas nuevas formas de narrativa digital es el potencial para una mayor interactividad con el usuario lector y el abanico de formas de involucramiento del lector, que pueden hasta cambiar decisivamente el curso e interpretación de la historia narrada.

Actualmente, el uso de la etiqueta genérica no se ha dado del todo al encontrar que los usuarios etiquetan

su tuit con múltiples hashtags para poder llegar a una mayor audiencia. Bruns y Burgess (7) argumentan que el uso de una etiqueta genérica permitiría organizar a los tuits dentro de una gran variedad de categorías haciendo mucho más fácil la desambiguación con tuits que no tienen nada en común.

La desaparición de 43 estudiantes normalistas de Ayotzinapa en septiembre de 2014 en México (figura 1), generó una gran movilización masiva digital a partir de la creación de tuits etiquetados con #Ayotzinapa, #TodosSomosAyotzinapa, #yamecansé o #justiciaglobalporAyotzinapa. En este artículo se presentan los resultados de un análisis alrededor del uso de los hashtags como elementos básicos en la composición del mensaje. El objetivo es analizar la popularidad de los hashtags, sus relaciones con otros y su evolución a través del tiempo como elementos claves para la difusión de la información. La investigación se realizó a partir de la recuperación de tuits etiquetados con #Ayotzinapa de septiembre a diciembre 2014.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la recuperación de los datos se utilizó Twitter con el fin de monitorear una diversidad de hashtags asociados a #Ayotzinapa. Se utilizó el lenguaje de programación R (<https://www.r-project.org/>) que contiene una librería llamada twitterR y con la que se puede utilizar el API de esta aplicación y así recuperar los tuits que se generan en el momento. Así, se conformó un corpus para cada una de las etiquetas analizadas. Aunque en este artículo sólo se muestran las etiquetas asociadas a un determinado hashtag, los datos obtenidos también contienen otros parámetros como lo son: nombre del autor principal, fecha, id, si se trata de un reply o no, etc.

El proceso consiste en extraer automáticamente todos los tuits que contienen el hashtag #Ayotzinapa e ignorar los tuits duplicados (se eligió considerar sólo el primero de acuerdo a la fecha). El texto se escribe con minúsculas (para homogeneizar la variedad de estilos por parte de los autores). En total se recuperaron 350323 tuits en un periodo de septiembre a diciembre de 2014.

RESULTADOS

El movimiento social de #Ayotzinapa generó bastante participación por parte de los mexicanos pero también por ciudadanos de otras partes del mundo. Por esta razón, es posible encontrar una gran variedad de hashtags que se utilizan junto con #Ayotzinapa para ampliar la difusión de lo ocurrido. Entre los hashtags más utilizados están: #AyotzinapaSomosTodos,

#México, #YameCansé, #FueElEstado, #FueElEjercito, #EPNBringThemBack, y #FueraPeñaNieto.

Todos los tuits analizados tienen como principal característica el uso de #Ayotzinapa independientemente de que se utilicen otros hashtags. Por lo tanto, se puede afirmar que durante todo el movimiento prevalece como estandarte #Ayotzinapa acompañado de elementos que van ocurriendo, durante el tiempo, y que fortalecen el movimiento haciéndolo más visible y permanente.

Los resultados que a continuación se muestran están basados en dos factores:

1) el Índice de Popularidad (IP)

2) el Grado de Correlación (GC). El IP se mide del 0 al 100 y muestra qué tan popular es el hashtag con respecto a la información de todo Twitter. El hashtag más utilizado en Twitter obtendrá un 100. Por su parte, el GC se mide como el porcentaje de los tuits con el hashtag buscado que también utilizan el relacionado.

Tabla N° 1: Popularidad y correlación con #Ayotzinapa.

hashtag	Popularidad	Correlación con #Ayotzinapa
#México	72,6	3,9 %
#YaMeCansé2	58,9	2,7 %
#FueElEstado	55,7	1,8 %
#EPNBringThemBack	50,6	1,7 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,5	2,5 %
#YaMeCansé	61,4	5,6 %

Cuanto más fuerte sea la correlación, mayor será la relación que tienen dos diferentes hashtags.

#Ayotzinapa

Nuestro análisis comienza con la etiqueta #Ayotzinapa el cual aparece con mayor frecuencia con: 1) #México, que tiene un IP de 72,6, y 2) #YameCansé, que tiene un IP de 61,4. En la tabla 1 se muestra el GC de #Ayotzinapa el cual está asociado con #México en el 3,9 % de sus tuits y con #YaMeCansé en el 5,6 % de los tuits.

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #AyotzinapaSomosTodos son: 1) #Ayotzinapa, que tiene un IP de 62,9, 2) #YameCansé, que tiene un IP de 61,4 y 3) #YaMeCansé2, que tiene un IP de 58,9.

Al analizar el GC, en la tabla 2, #AyotzinapaSomosTodos está asociado con #FueElEstado en el 11,1 % de sus tuits, con #FueraPeñaNieto en el 8,7 % de sus tuits y con #Ayotzinapa en el 9,6 % de los tuits. En la tabla 2 se muestra el IP y el GC de #AyotzinapaSomosTodos con

hashtags declarativos tales como: #FueraPeñaNieto, #FueElEstado o #DestituciónyJuicioEPN4. Los hashtags asociados muestran un gran descontento con el actual Presidente de México. De igual forma, se encuentra la introducción de #EPNBringThemBack para alcanzar públicos internacionales.

Algunos ejemplos de tuits con #Ayotzinapa son:

- AMLO @lopezobrador_ es una mala persona ,porque culpa a @epn por #Ayotzinapa si el peje puso a abarca en iguala era su candidato
- Irreverente, Informado y conciso #ElPulsoDeLaRepublica #AYOTZINAPA ¿ENCABEZADO MUNDIAL?
- El papa "eleva sus oraciones" por los estudiantes desaparecidos de #Ayotzinapa

#AyotzinapaSomosTodos

Tabla N° 2: Popularidad y correlación con #AyotzinapaSomosTodos.

hashtag	Popularidad	Correlación con #AyotzinapaSomosTodos
#FueraPeñaNieto	53,1	8,7 %
#FueElEstado	55,7	11,1 %
#Ayotzinapa	62,9	9,6 %
#DestitucionyJuicioEPN4	46,5	2,8 %
#YaMeCanse2	58,9	2,5 %
#EPNBringThemBack	50,6	4,2 %
#AyotzinapaNoSeOlvida	42,9	2,6 %
#YaMeCansé	61,4	6,5 %
#FueElEjercito	44,2	3,4 %

#AyotzinapaSomosTodos invoca un grito de justicia de todos los mexicanos. La desaparición de los 43 estudiantes ha sido el punto de quiebre entre un antes y un después para México. No sólo las instituciones de educación superior, mediante sus jóvenes, piden justicia sino que instituciones como la Iglesia lo hacen a partir también de varias ejecuciones acontecidas hacia sacerdotes. #AyotzinapaSomosTodos aparece, la gran mayoría de las veces, acompañado de otros hashtags que permiten describir el contexto del movimiento.

Algunos ejemplos de tuits con #AyotzinapaSomosTodos son:

- Se radicalizan normalistas en el #Istmo #Oaxaca por estudiantes desaparecidos de #Ayotzinapa #AyotzinapaSomosTodos
- Los familiares de los normalistas desaparecidos de #Ayotzinapa ya se encuentran en Los Pinos para reunirse con @EPN #AyotzinapaSomosTodos

- ¿Qué va a cosechar un país que siembra cuerpos? #Ayotzinapa #AyotzinapaSomosTodos

#YaMeCansé

Durante una conferencia de prensa el Procurador General de la República, Jesús Murillo Karam, lanzó un "Ya me cansé" al dar a conocer una nueva versión del caso de los 43 estudiantes. Su frase se convirtió en un reclamo de la sociedad civil que en cuestión de horas con el hashtag #YaMeCansé se encontraron frases como: "Si ya te cansaste vete", "Si al procurador ya se le acabó la 'pila', por dignidad debiera retirarse", "Me cansé de la clase política que tiene secuestrado a mi país, de la clase que corrompe, que miente, que asesina, yo también ya me cansé". Este #YaMeCansé que ha sido reproducido y multiplicado hasta la saciedad, recuerda el grito que recorrió México de norte a sur en 2011, el "hasta la madre" pronunciado por el activista Javier Sicilia, fundador del Movimiento por la Paz con Justicia y Dignidad, y que ahora tenía

Tabla N° 3: Popularidad y correlación con #YaMeCansé.

hashtag	Popularidad	Correlación con #YaMeCansé
#AccionGlobalporAyotzinapa	52,6	7,7 %
#Ayotzinapa	62,9	7,1 %
#1DMX	53,4	6,9 %
#20NovMx	46,1	3,1 %
#TodosSomosCompas	43,5	2,8 %
#Articulo39RenunciaEPN	43,4	2,3 %
#YaMeCanse2	58,9	2,5 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,5	2,1 %
#TodosSomosAyotzinapa	50,8	2,0 %

nuevas variantes: "Algunos se cansan, otros estamos hasta la madre", decía un 'meme' sobre la foto del procurador.

Algunos ejemplos de tuits con #YaMeCansé son:

- Well, that's it! I'm moving to MEXICO to get a job on a SOAP OPERA!! I hear they PAY 10 MILLION! #Mexico #YaMeCanse
- #YaMeCanse De que México se haya convertido en una NARCOFOSA gracias a @FelipeCalderon y @EPN
- No podemos quedarnos atrapados en Ayotzinapa: Peña Nieto #ComoNoSonSusHijos #YaMeCansé

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #YaMeCansé son: 1) #Ayotzinapa, que tiene un IP de 62,9, 2) #YaMeCansé2 que tiene un IP de 58,9 y 3) #AyotzinapaSomosTodos con 54,5 de IP. En la tabla 3

se muestra el GC de #YaMeCansé que está asociado con #AccionGlobalporAyotzinapa en el 7,7 % de sus tuits, con #Ayotzinapa en el 7,1 % de sus tuits y con #1DMX en el 6,9 % de sus tuits.

Algunos de los hashtags asociados con #YaMeCansé corresponden a marchas y eventos asociados en el que se intenta que sean conocidos y no queden en el anonimato. Tal son las marchas del 20 de noviembre (#20NovMx) y el 1 de diciembre de 2014: (#1DMX).

#YaMeCansé2

#YaMeCansé2 así como #YaMeCansé3, #YaMeCansé4, ..., #YaMeCansé27 surgen a raíz de que el gobierno federal priista de Enrique Peña Nieto utiliza los llamados bots para censurar hashtags con los que no está de acuerdo. Al censurarlo, una gran cantidad de robots (bots) inundan las redes con tuits sin sentido o que contraponen a lo mencionado, por

Tabla N° 4: Popularidad y correlación con #YaMeCansé2.

hashtag	Popularidad	Correlación con #YaMeCansé2
#YaSuperenlo	44,7	6,4 %
#Ayotzinapa	62,9	5,1 %
#DestitucionyJuicioEPN2	44,8	5,0 %
#YaMeCansé	61,4	3,7 %
#TodosSomosCompas	43,5	2,8 %
#DestitucionyJuicioEPN	48,8	2,9 %
#6DMx	40,4	2,6 %
#NiUnPesoAlTeleton	43,5	2,4 %
#México	71,1	1,8 %
#TeletonMexico	41,9	1,7 %
#AccionGlobalPorAyotzinapa	52,6	1,5 %

ejemplo, en #YaMeCansé con el objetivo de sacar a ese hashtag de los Trending Topics de Twitter México. En respuesta, en cuestión de minutos los tuiteros mexicanos responden con un nuevo hashtag agregando un número nuevo consecutivo al final de las etiquetas. Sin embargo, así como el original #YaMeCansé, las subsiguientes etiquetas utilizadas siguen refiriéndose al caso #Ayotzinapa y al cansancio de los mexicanos por la cantidad de violencia existente en el país. Algunos ejemplos de tuits con #YaMeCansé2 son:

- #YaMeCansé2 en México las libertades de las personas están restringidas como en la Alemania Nazi. Llevados a campos de Exterminio.
- Comparecen padres de normalistas ante la ONU #CasoAyotzinapa #justicia #opacidad #YaMeCansé2
- Parents of murdered Mexican students seek justice

at UN watchdog #Ayotzinapa #YaMeCansé2 #Mexico.

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #YaMeCansé2 son: 1) #Mexico con 71,1, 2) #Ayotzinapa con 62,9 y 3) #YaMeCansé con 61,4 de IP.

Al analizar el grado de correlación de #YaMeCansé2 está asociado con #YaSuperenlo en el 6,4 % de sus tuits, con #Ayotzinapa en el 5,1 % de sus tuits y con #DestitucionyJuicioEPN2 en el 5 % de sus tuits. En el caso de #YaMeCansé2 llaman a un bloqueo hacia Televisa, la cadena de televisión más importante en México, debido al apoyo que otorga al actual gobierno. Para ello se usa #NiUnPesoAlTeleton, #TeletonMexico.

#EPNBringThemBack

El caso de los 43 normalistas desaparecidos se expandió rápidamente por las redes sociales logrando

Tabla N° 5: Popularidad y correlación con #EPNBringThemBack.

hashtag	Popularidad	Correlación con #YaMeCansé2
#regresalosepn	42,7	64,4 %
#sospormexico	36,3	22,7 %
#Ayotzinapa	62,9	12,7 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,4	7,8 %
#AccionGlobalAyotzinapa	43,2	5,9 %
#TodosSomosAyotzinapa	50,8	4,8 %
#RegresalosEPN	31,8	4,4 %
#DemandoTuRenunciaEPN	46,7	4,1 %
#43convidaya	44,9	3,7 %
#regresalospenanieto	27,7	2,5 %

la atención de la comunidad internacional. Una de las etiquetas utilizadas llegar al extranjero fue #EPNBringThemBack. Algunos ejemplos de tuits con #EPNBringThemBack son:

- #EPNBringThemBack, el reclamo internacional por caso Ayotzinapa #Ayotzinapa
- #MORENA en L.A. se suman a la movilización del #26DeOctubre #Ayotzinapa #EPNbringThemBack #ConsultaPopular
- #Ayotzinapa #EPNBringThemBack: Ultimátum a @EPN por la desaparición de los 43 estudiantes:

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #EPNBringThemBack son: 1) #Ayotzinapa que tiene 62,9, 2) #AyotzinapaSomosTodos con 54,4 y 3) #TodosSomosAyotzinapa con 50,8 de IP En la tabla 5 se muestra el GC del hashtag #EPNBringThemBack.

Este está asociado con #regresalosepn en el 64,4 % de sus tuits, con #sospormexico en el 22,7 % de sus tuits y con #Ayotzinapa en el 12,7 % de los tuits.

#FueElEstado

"Fue el Estado" dice una consigna escrita en el Zócalo de la Ciudad de México. A partir de ahí, esa voz y la protesta se propagaron al mundo entero con el hashtag #FueElEstado. Este ha aparecido en la gran mayoría de los tuits enviados en el caso Ayotzinapa. Este hashtag retrata una realidad y la visión de una gran mayoría. Algunos ejemplos de tuits con #FueElEstado son:

- #Ayotzinapa #FueElEstado Vivos se los llevaron, vivos los queremos.
- Sabemos lo q hicieron el pasado #26Sept #Ayotzinapa #FueElEstado

Tabla N° 6: Popularidad y correlación con #FueElEstado.

hashtag	Popularidad	Correlación con #FueElEstado
#FueraPeñaNieto	53,1	53,3 %
#DestitucionyJuicioEPN	48,8	10,2 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,5	9,1 %
#YaMeCanse19	47,9	7,1 %
#YaMeCanse23	44,4	6,3 %
#YaMeCanse27	43,6	6,0 %
#Ayotzinapa	62,9	5,8 %
#YaMeCanse13	47,5	5,7 %
#YaMeCanse15	45,6	5,5 %
#YaMeCanse22	43,3	4,7 %

- Lo que reparten los estudiantes en las casetas de cobro #Ayotzinapa #RenunciaEPN #FueElEstado #43YConVida
- #FueElEstado Los gobiernos cambian. El Estado siempre es el mismo. #43VivosYa #Ayotzinapa

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #FueElEstado son: 1) #Ayotzinapa, que tiene un IP de 62,9, 2) #AyotzinapaSomosTodos con 54,5 y 3) #FueraPeñaNieto con un 53,1 de IP. En la tabla 6 se analiza el GC de #FueElEstado con los hashtags asociados. En este caso, se puede apreciar que #FueraPeñaNieto tiene un grado de correlación de 53,3 % con los sus tuits de #FueElEstado. Por su parte #DestitucionyJuicioEPN un 48,8 % y #AyotzinapaSomosTodos tiene un 9,1 % de correlación con los tuits de #FueElEstado.

#FueElEjercito

No sólo #FueElEstado se apoderó de las redes sociales sino también #FueElEjercito cuando el Procurador General de la República da una versión sobre los hechos que, difícilmente, convence a los padres de los normalistas desaparecidos. Una hipótesis en particular, llama atención: la participación directa del Ejército mexicano en la detención y posterior desaparición de los estudiantes. A partir de esta hipótesis, #FueElEjercito crece en popularidad en Twitter. Algunos ejemplos de tuits con #FueElEjercito son:

- Caso cerrado. Démosle todos #Carpetazo a EPN. México ya despertó. El futuro es nuestro #FueElEjercito
- México en Ginebra: "#Ayotzinapa es sólo la punta del iceberg" #fueelestado #fueelejercito #fuerapeña #yamecanse

Tabla N° 7: Popularidad y correlación con #FueElEjercito.

hashtag	Popularidad	Correlación con #FueElEjercito
#FueraPeñaNieto	53,1	68,5 %
#FueElEstado	55,7	29,9 %
#YaMeCanse24	42,3	27,2 %
#YaMeCanse25	43,1	23,5 %
#YaMeCanse23	44,4	18,3 %
#DestitucionyJuicioEPN4	46,5	18,3 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,5	17,8 %
#YaMeCanse3	49,9	8,1 %
#EselEstado	45,7	6,4 %
#DestitucionyJuicioEPN	48,8	5,4 %

- #AyotzinapaVerdadYJusticia #FueElEjercito #FueElEstado

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #FueElEjercito son: 1) #FueElEstado, 2) #AyotzinapaSomosTodos y 3) #FueraPeñaNieto con 55,7, 54,5 y 53,1 de IP respectivamente.

Analizando la tabla 7 existen algunos hashtags declarativos y en el que hay una consigna precisa como lo es #FueraPeñaNieto que tiene un grado de correlación del 68,5 % con los tuits de #FueElEjercito. También existe una fuerte correlación con #FueElEstado en el 29,9 % de sus tuits y con #YaMeCanse24 en el 27,2 % de los tuits.

#AyotzinapaNoSeOlvida

Han transcurrido muchos meses desde la desaparición de los estudiantes pero México no los ha olvidado y

la muestra es el uso de #AyotzinapaNoSeOlvida que puede encontrarse no solamente en tuits relacionados sino que se usa en diferentes movimientos y en el actual movimiento en México #EnDefensaDeAristegui. Algunos ejemplos de tuits con #AyotzinapaNoSeOlvida son:

- #AyotzinapaNoSeOlvida #Ayotzinapa de luto
- #Crónica | Mira aquí la realidad del pueblo de #Ayotzinapa #AyotzinapaNoSeOlvida
- #NoEsPorPresionartePero queremos respuestas @EPN #Ayotzinapa #AyotzinapaSomosTodos #AyotzinapaNoSeOlvida
- #Ayotzinapa #AyotzinapaNoSeOlvida El círculo de personas con las que convivo no tiene ni idea del caso #AyotzinapaFueElEstado

Tabla N° 8: Popularidad y correlación con #AyotzinapaNoSeOlvida.

hashtag	Popularidad	Correlación con #AyotzinapaNoSeOlvida
#FueElEstado	55,7	31,5 %
#DestitucionyJuicioEPN	48,8	30,7 %
#AyotzinapaSomosTodos	54,5	16,5 %
#Ayotzinapa	62,9	12,3 %
#YaMeCanse	61,4	5,1 %
#YaMeCanse2	58,9	3,6 %
#TodosSomosAyotzinapa	50,8	3,4 %
#SOSMexico	44,5	3,3 %
#JusticiaParaAyotzinapa	46,3	2,5 %
#México	71,1	2,2 %

- Observamos muy detenidamente las acciones del gobierno en el caso #ayotzinapa #México #AyotzinapaSomosTodos #AyotzinapaNoSeOlvida

Los tres hashtags con mayor popularidad relacionados con #AyotzinapaNoSeOlvida son: 1) #Mexico, que tiene un IP de 71,1, 2) #Ayotzinapa, que tiene un IP de 62,9 y #YaMeCanse, que tiene un IP de 61,4.

#AyotzinapaNoSeOlvida reúne hashtags muy interesantes debido a que hace propuestas, fundamenta las creencias de los ciudadanos y sitúa a la ciudadanía frente a un problema. En esta caso, usa el declarativo #FueElEstado el cual está correlacionado en un 31,5 % de los tuits. Se hace una petición mediante los tuits utilizando #DestitucionyJuicioEPN en el 30,7 % de los tuits. Por su parte, los ciudadanos no se olvidan de Ayotzinapa y parecido a movimientos anteriores se usa el Yo o el Todos como es #AyotzinapaSomosTodos aplicado en el 16,5 % de los tuits.

En todos los ejemplos anteriores hay una clara utilización de múltiples hashtags para tratar de contextualizar y ampliar la información ya contenida en el propio tuit. La carencia de un hashtag genérico propicia el uso de otras etiquetas para poder alcanzar un público mayor.

DISCUSIÓN

Las redes sociales digitales han sido utilizadas como un medio alternativo para pronunciarse en contextos sociales y políticos que antes no permitían involucrar en la discusión a la gran mayoría de la población. Existen números ejemplos en los que, por ejemplo, Twitter ha sido esencial para conocer la actualidad de manos del propio involucrado. En la inmediatez y velocidad generada por las redes sociales es importante analizar el nuevo género narrativo tuit que se caracteriza por la inserción de metadatos en forma de hashtags. Estos permiten darle seguimiento a la gran cantidad de información que se genera minuto a minuto y que son una alternativa para filtrar los tuits pertinentes.

En este artículo se estudió el caso de #Ayotzinapa surgido en México en septiembre de 2014 y que creció en los meses siguientes debido a su presencia en la red a nivel nacional e internacional. En general, se presenta la evolución del movimiento con los hashtags que fueron surgiendo, en diferentes periodos de tiempo, con el fin de entender cuándo surgen los hashtags y de qué manera permiten seguir manteniendo a la ciudadanía participando en la discusión.

Cada uno de los hashtags analizados muestra la situación actual de México y permiten entender la problemática sin tener que leer cada uno de los tuits generados durante el movimiento.

La evolución de los hashtags y la inserción de varios en un tuit implican varios puntos 1) añadir mayor información al tuit, 2) introducir palabras claves que permiten la recuperación del tuit desde diferentes términos, 3) generar hashtags que sean conocidos por los usuarios para propiciar la generación de comunidad.

El trabajo futuro consiste en el análisis de movimientos sociales similares que puedan conducir a una teoría del hashtag y que permitan detectar y extraer a tiempo cuándo un determinado hashtag puede volverse un Trending Topic. De igual manera, el estudio de hashtags (etiquetas) puede conducir a conocer las características que este debe de tener para poder posicionarse de manera adecuada frente a la gran diversidad de información existente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tumasjan A, Sprenger TO, Sandner PG, Welpel IM. Predicting Elections with Twitter: What 140 Characters Reveal about Political Sentiment. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, Washington DC: George Washington University; 2010.
2. Cunha E, Magno G, Comarela G, Almeida V, Gonçalves M A, Benevenuto F. Analyzing the dynamic evolution of hashtags on twitter: a language-based approach. Proceedings of the Workshop on Language in Social Media. Portland: Association for Computational Linguistics; 2011.
3. Romero D, Meeder B, Kleinberg J. Differences in the mechanics of information diffusion across topics: Idioms, political hashtags, and complex contagion on Twitter. 20th International World Wide Web Conference. Hyderabad: ACM; 2011.
4. Chew C, Eysenbach G. Pandemics in the age of Twitter: Content analysis of tweets during the 2009 H1N1 outbreak. PLoS ONE. 2010; 5(11): 1-13.
5. Barbosa GAR, Silva IS, Zaki MJ, Meira Jr. W, Prates RO, Veloso A. Characterizing the effectiveness of twitter hashtags to detect and track online population sentiment. Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts. Austin: ACM; 2012.
6. Zappavigna M. Ambient affiliation: A linguistic perspective on Twitter. *New media & society*, 2011; 13(5): 788-806.
7. Bruns A, Burgess JE. The use of Twitter hashtags in the formation of ad hoc publics. 6th European Consortium for Political Research General Conference. Reykjavik: University of Iceland; 2011.
8. FactoryCity. 2007 Aug 25 [cited 2015 July 10]. In: Twitter Hashtags for Emergency Coordination and Disaster Relief [Internet]. Available from: <http://factoryjoe.com/blog/2007/10/22/twitter-hashtags-for-emergency-coordination-and-disaster-relief/>
9. Hyland K, Tse P. Metadiscourse in academic writing. *Applied Linguistics*. 2004; 25(2): 156-177.
10. Crismore A, Markannen R, Steffensen M. Metadiscourse in persuasive writing: A study of texts written by American and Finnish university students. *Writ Commun*. 1993; 10(1): 39-71.
11. Russell A. The Arab Spring Extra-National Information Flows, Social Media and the 2011 Egyptian Uprising. *International Journal of Communication*. 2011; 5: 1238-1247.
12. Poell T, De Kloet J, Zeng G. Will the real Weibo please stand up? Chinese online contention and actor-network theory. *Chinese Journal of Communication*. 2014; 7(1): 1-18.
13. Gitlin T. *The whole world is watching: mass media in the making & unmaking of the new left*. London: University of California Press; 2003.
14. Georgakopoulou A. Narrative analysis and computer-mediated communication. In: Herring S, Stein D, Virtanen T. *Pragmatics of Computer-Mediated Communication*. Berlín: Illustrated; 2013.

Instrucciones para los autores

Para su publicación el trabajo a presentar debe ser original o inédito y pueden ser: artículos originales, artículos de revisión, comunicación corta, 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 12 páginas. Los artículos de revisión deben lograr resumir, analizar, evaluar o sintetizar información ya publicada, máximo 10 páginas. Comunicaciones cortas, máximo 6 páginas. Reporte de casos, máximo 8 páginas. Carta al editor, máximo 4 páginas.

Los trabajos deben tener la siguiente estructura:

Artículo original

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 con la contribución realizada.
4. Resumen con palabras clave, en un solo párrafo con no más de 230 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. Máximo 10 tablas y figuras.
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 con el estilo Vancouver, numeradas según el orden citado en el texto. De 10 a 30 referencias.
12. Correo electrónico del autor.

Artículo 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 con 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 20 a 30 referencias.
8. Correo electrónico del autor.

Comunicación corta

1. Título en español e inglés.
2. Autor y filiación institucional.
3. Resumen y abstract con palabras clave y keywords.
4. Introducción.

5. Cuerpo del documento.
6. Discusión.
7. Referencias bibliográficas. De 10 a 20 referencias.
8. Correo electrónico del autor.

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. De 10 a 20 referencias.
8. Correo electrónico del autor.

Carta 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 del autor.

Redacción y arbitraje

Para la redacción considerar las siguientes pautas:

- 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 arábiga.
- Las imágenes 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 con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Proceso de arbitraje

- Los artículos en formato digital se recepcionarán en la dirección electrónica: revista-apuntes@continental.edu.pe, se debe adjuntar una Declaración Jurada de Autoría, formato descargable del sitio web <http://www.revista-apuntes.pe>
- Los autores serán informados por correo electrónico sobre la recepción del artículo y mientras se esta considerando el trabajo para su publicación, no debe estar postulando para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.
- Todo original será sometido a un proceso de dictamen por pares académicos (especialistas), bajo la modalidad simple ciego (peer review single blind). El proceso de dictamen es anónimo, al menos por parte de los árbitros.
- Los autores recibirán una comunicación en un tiempo no mayor a 30 días para ser informados de la opinión de los árbitros respecto al resultado. Los resultados pueden ser: aprobado, aprobado con observaciones (el autor deberá subsanar) y denegado. En caso de encontrar evidencias de plagio el autor será informado de este hecho y no podrá presentar en el futuro ningún otro documento.

Una vez aprobado para la publicación, los derechos de reproducción total o parcial pasan como propiedad de la revista. Los autores no están obligados a realizar pago alguno por el envío o publicación de sus artículos.

Guidelines for authors

To its publishing, your work must be original or unpublished, these can be: original articles, review articles, short communication, cases report, letters to the editor or other scientific academic documents from the various knowledge areas.

The original articles must describe research results with solid theoretical foundations, methodological work with support on empirical evidence based on any research approach, maximum 12 pages. The review articles must summarize, analyze, evaluate or synthesize already published information, maximum 10 pages. Short communications, maximum 6 pages. Cases report, maximum 8 pages. Letters to the editor, maximum 4 pages.

The works must have the following structure:

Original article

1. Spanish title, it should be concise but informative, maximum 20 words are recommended.
2. English title.
3. Author(s), names, paternal and maternal name. In the footer, the academic degree and the position at the institution where you work. In case of multiple authors, the order should be according to the realized contribution.
4. Summary with keywords, in a single paragraph with no more than 230 words. It should contain: objectives, methods, results and conclusions. The keywords, minimum 3, maximum 10 words.
5. Abstract with keywords (in english).
6. Introduction, it should include the research problem, objectives, hypothesis, justification, background, author contributions, difficulties and/or limitations.
7. Material and methods (if applicable), equipment and used supplies, research design, population, sample and data

- collection techniques, and data analysis.
8. Results, in a clear and detailed way, with tables and figures as a complement. Maximum 10 tables and figures.
9. Discussion; explains the results and compare with the consulted authors results. Include the conclusions.
10. Acknowledgements (optional).
11. Bibliographic references, according to the Vancouver style, numbered by the cited order in the text. From 10 to 30 references.
12. Author's e-mail address.

Review article

1. Spanish title, it should be concise but informative, maximum 20 words are recommended.
2. English title.
3. Author(s), names, paternal and maternal name. In the footer, the academic degree and the position at the institution where you work. In case of multiple authors, the order should be according to the realized contribution.
4. Introduction.
5. Document body.
6. Conclusions.
7. Bibliographic References, according to the Vancouver style, numbered by the cited order in the text. From 20 to 30 references.
8. Author's e-mail address.

Short communication

1. Spanish and English title.
2. Author and institutional affiliation.
3. Abstract and keywords (in Spanish and English).
4. Introduction.
5. Document body
6. Discussion.
7. Bibliographic References. From 10 to 20 references.
8. Author's e-mail address.

Case report

1. Spanish and English title.
2. Author and institutional affiliation.
3. Abstract and keywords (in Spanish and English).
4. Introduction.
5. Case presentation.
6. Discussion and conclusions.
7. Bibliographic References. From 10 to 20 references.
8. Author's e-mail address.

Letters to the editor

1. Spanish and English title.
2. Author and institutional affiliation.
3. Must begin mentioning the letter objective reason; if necessary, only one table or figure.
4. Reason for the opinion approach.
5. Results discussion and/or recommendations.
6. Bibliographic references, according to the Vancouver style, no more than 6 references.
7. Author's e-mail address.

Writing and arbitration

For the writing consider the following guidelines:

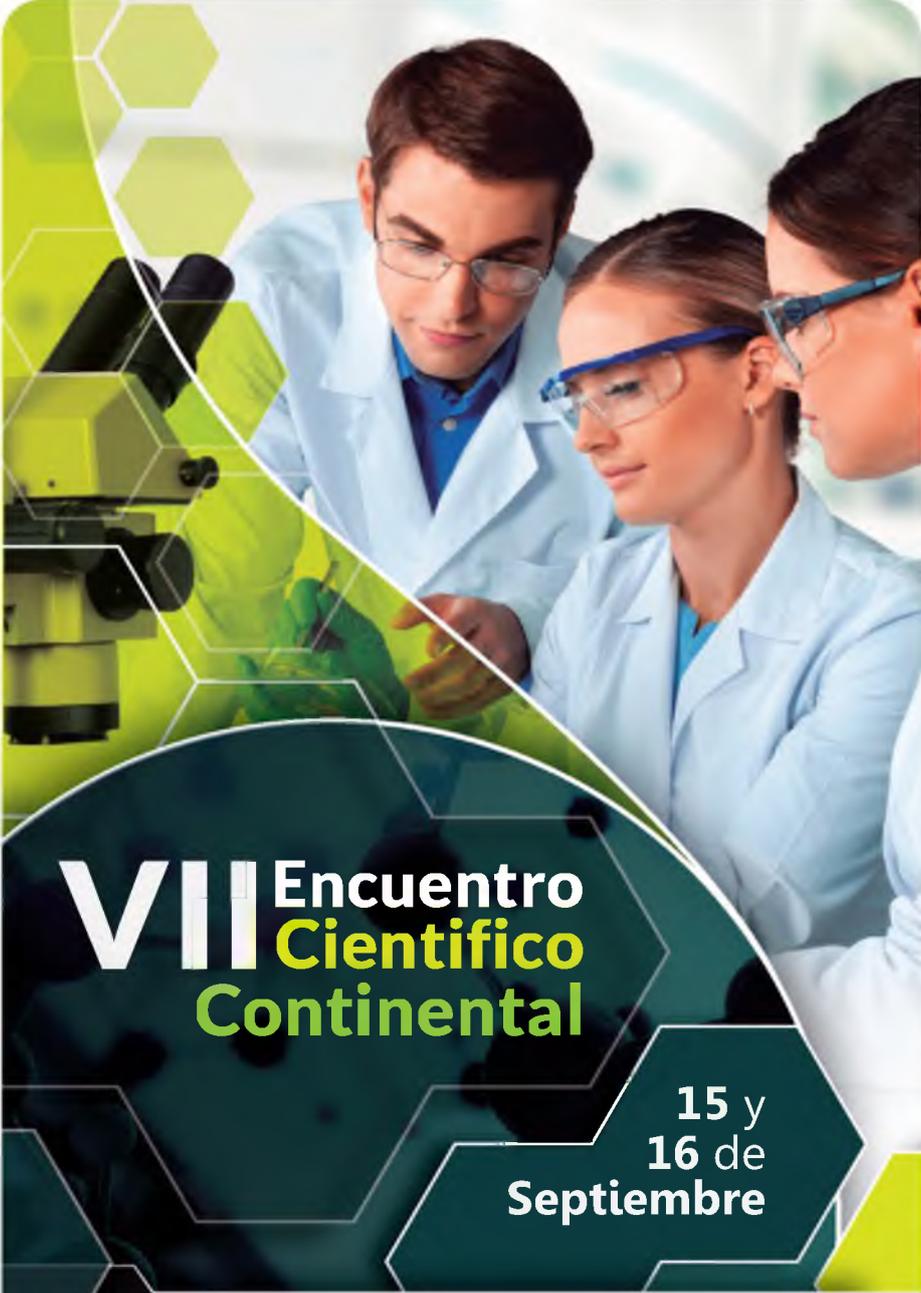
- It should be written with a word processor, A4 size single-spaced sheet, Arial font, size 11, 3 cm top and left margins, 2,5 cm right and bottom margins. Paragraphs should be separated by a space, without indentation.
- Tables should have the legend at the top, and figures at the bottom, with Arabic numerals.
- Digital images should be in JPG format, with a minimum size of 1024 x 768 pixels (180 pixels/inches).
- The quotations in the text are consecutively numbered by order of mention or entry, with a number in brackets; in that order it will be placed in the bibliographic references.
- The numbers and measure units should be expressed according to the International System of Units (SI).

Arbitration process

- The digital format articles will be received at: revista-apuntes@continental.edu.pe, you must attach an Authorship Affidavit, downloadable format from the website <http://www.revista-apuntes.pe>.
- Authors will be informed by email about the article reception and while the work is being considered for its publication, it must not be applying for simultaneous publication in other journals or publishing organs.
- All original work will be submitted to a dictum process by academic peer (specialists), under the peer review single blind mode. The dictum process is anonymous, at least for the arbitrators' side.
- The authors will receive a communication in a period of time not exceeding 30 days, for being informed about the arbitrators' opinion respect to the result. The results can be: approved, approved with comments (the author must correct them) and denied. In case to find plagiarism evidence, the author will be informed of this fact and he/she cannot present any other document in the future.

Once the article is approved for its publication, the total or partial reproduction rights pass as property of the journal.

The authors are not required to make any payment by sending or posting their articles.



VII Encuentro Científico Continental

15 y 16 de Septiembre

Auditorio de la Universidad Continental
Huancayo, Perú

Dirección de Investigación
Av. San Carlos 1980, Huancayo
Teléfono: (064) 481430 Anexo: 7562
eventosi@continental.edu.pe
www.universidad.continental.edu.pe

 **UNIVERSIDAD CONTINENTAL**
Vive tu propósito



**PRIMER TALLER DE LA RED DE
FOTÓMETROS
SOLARES (ALASNET)
PARA LA MEDICIÓN DE AEROSOLES EN
AMÉRICA LATINA**

**12 - 15 de Septiembre, 2016
Huancayo, Perú**

Comité Organizador Internacional:

Dr. Brent Holben, NASA, USA
Dr. Juan C. Antuña, GOAC, Cuba
Dra. Victoria Cachorro, GOA-UVA, España
Dr. Ángel de Frutos, GOA-UVA, España
Dra. Yamina Silva, Instituto Geofísico del Perú, Perú
Dra. Olga Mayol, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico
Dr. René Estevan, Universidad Continental, Perú
Mg. Wilfredo Bulege, Universidad Continental, Perú

ORGANIZAN

**UNIVERSIDAD
CONTINENTAL**
Vive tu propósito

Universidad Continental



Lima

Jr. Junin 355, Miraflores
Teléfonos: 01-2132760

Huancayo

Av. San Carlos 1980 - Huancayo
Teléfonos: (064) 481430

Arequipa

Calle San Jose 308 2° piso Cercado - Arequipa
Teléfonos: (054) 412030

Cusco

Av. Collasuyo S/N | Urb. Manuel Prado - Cusco
Teléfonos: 084 480070

<http://www.universidad.continental.edu.pe>

Números anteriores accesibles desde:

<http://www.revista-apuntes.pe>



Año 2008



Año 2011
Vol. 01 - Nº 01



Año 2011
Vol. 01 - Nº 02



Año 2012
Vol. 02 - Nº 01



Año 2012
Vol. 02 - Nº 02



Año 2013
Vol. 03 - Nº 01



Año 2013
Vol. 03 - Nº 02



Año 2014
Vol. 04 - Nº 01



Año 2014
Vol. 04 - Nº 02



Año 2015
Vol. 05 - Nº 01

Escanea este código QR para visitar nuestra web



Scan this QR code to visit our website