



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

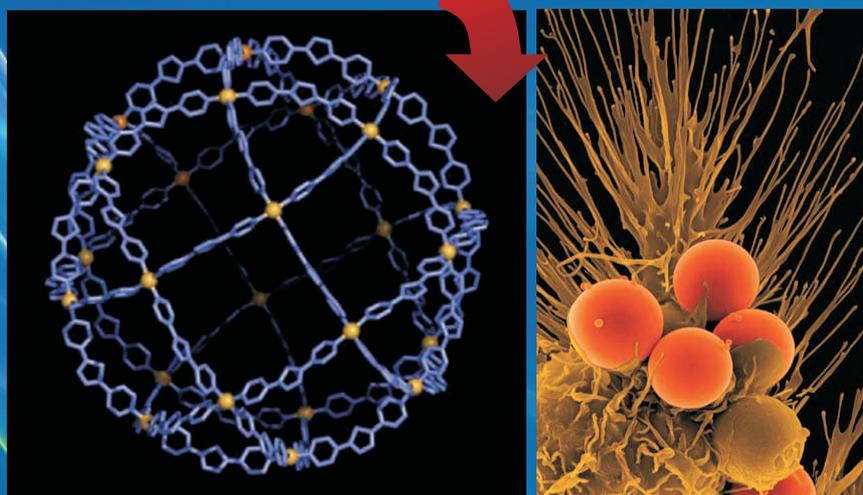
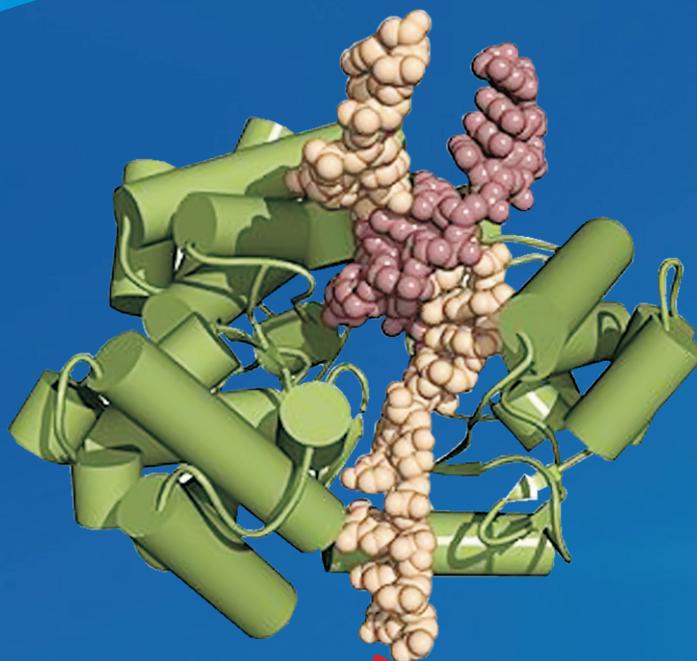
UNT

SCIÉENDO

CIENCIA PARA EL DESARROLLO

VOLUMEN 13(2)

JULIO – DICIEMBRE 2010



REVISTA DE INVESTIGACIONES APLICADAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

GERENCIA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PROYECCIÓN SOCIAL Y EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

GICPSEU
TRUJILLO - PERÚ

SCIÉENDO

CIENCIA PARA EL DESARROLLO

VOLUMEN 13(2)

JULIO – DICIEMBRE 2010

Director:

Julio Chico Ruiz

Editor:

Manuel R. Rodríguez Lacherre

CONSEJO EDITORIAL

- **Dr. Abundio Sagástegui Alva**
Facultad de Ciencias Biológicas, UNT.
- **Dr. Javier Romero Cano**
Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA, Madrid, España.
- **Ph.D Mónica Guzmán Barney**
Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colombia.
- **Dr. Antonio Andrade-Torres**
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada Universidad Veracruzana, México.
- **Dr. Francisco J. Gallego Rodriguez**
Universidad Complutense de Madrid, España.

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. César Jara Campos, UNT.
- Dr. Alfredo Gómez Quezada, UNT.
- Dr. Radigud Fernández Romero, UNT.
- Dr. Luis Angelats Silva, UNT.
- Dr. Pablo Aguilar Marín, UNT.
- Mg. Julio Arellano Barragán, UNT.
- Mg. Juan A. Villacorta Vásquez, UNT.

Publicación Semestral.

La Revista SCIÉENDO Ciencia para el Desarrollo, es el órgano oficial de la Gerencia de Investigación Científica, Proyección Social y Extensión Universitaria (GICPSEU), dedicado a la publicación de los resultados de investigaciones originales e inéditas en las diversas áreas académicas. SCIÉENDO publica trabajos realizados por investigadores de la Universidad Nacional de Trujillo y de otras instituciones nacionales y extranjeras, de carácter multidisciplinario.

SCIÉENDO ES UNA REVISTA ARBITRADA E INDIZADA INTERNACIONALMENTE EN EL SISTEMA LATINDEX.

© Revista arbitrada
Derechos Reservados

Tiraje: 500 ejemplares

Hecho el **Depósito Legal** en la Biblioteca Nacional del Perú **Nº 01418-2001**.

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio o procedimiento, sin la autorización escrita del titular del Copyright.

Descargo de responsabilidades:

El contenido de la información de los artículos incluidos en la presente edición es responsabilidad exclusiva de su autor o autores y no compromete la opinión de la revista.

Para canje de publicaciones por favor dirigir correspondencia a:

Interchange of publications is requested please direct correspondence to:

Oficina General de Promoción y Desarrollo de la Investigación.

Universidad Nacional de Trujillo.

Dirección:

Jr. Diego de Almagro Nº 344, Trujillo, La Libertad. Perú.

Teléfono: 0-51-044-224505

Fax : 0-51-044-256629

Apartado: 315

Sitio web: www.unitru.edu.pe/gerencias/Dirección de Investigación Científica/

e-mail: pro_inves_unt@hotmail.com

jchico22@gmail.com

Autoridades Universitarias

Rector

Dr. ORLANDO VELÁSQUEZ BENITES

Vicerrectora Académica

Dra. VILMA MÉNDEZ CRUZ

Vicerrectora Administrativa

Dra. FLOR LUNA VICTORIA MORI

Directivos y Funcionarios de

Gerencia de Investigación Científica, Proyección Social y Extensión Universitaria

Mg. JULIO CÉSAR ARELLANO BARRAGÁN, Gerente.

CPCC ROSA VIOLETA LEÓN LÓPEZ, DSA III F-4.

Realización de arte y diagramación: GICPSEU-DIC

Gráfica: Líder Gráfico S.R.L.

Foto de Portada: La nanotecnología permite el autoensamblaje de sistemas biológicos complejos para el diseño de estructuras más resistentes y con nuevas funciones en base a las proteínas sintetizadas por un genoma. A partir de esto podríamos diseñar transportadores de nuevos compuestos farmacéuticos el cual podría focalizar la liberación de sustancias químicas o radiactivas en el tratamiento del cáncer, sin afectar las células sanas. Podríamos cubrir la superficie con anticuerpos específicos para estas células cancerígenas y diseñar tratamientos más eficientes.

SCIÉENDO

CIENCIA PARA EL DESARROLLO

VOLUMEN 13(2)

JULIO – DICIEMBRE 2010

EDITORIAL

A propósito del Proyecto Trujillo: Ciudad Sostenible

Hace poco, la ciudad de Trujillo-Perú ha sido elegida, entre 26 ciudades de América Latina y Caribe por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para aplicar un proyecto "Trujillo: Ciudad Sostenible", como parte de la plataforma Ciudades Emergentes Sostenibles, que busca incentivar el desarrollo urbano integrado y sostenible. Fue la Municipalidad Provincial de Trujillo-Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo- BID, los que firmaron el convenio para poner en marcha el referido proyecto. La iniciativa busca aplicar acciones a corto, mediano y largo plazo en áreas como medio ambiente, cambio climático, seguridad ciudadana, fortalecimiento fiscal, transporte público y aguas residuales. El BID ha elegido a la ciudad de Trujillo; debido, a que cuenta con positivos indicadores fiscales, financieros, gestión, medio ambiente y planificación urbana.

Es por ello que, en breve, la ciudad de Trujillo estará ante los ojos del mundo, lo que aquí se haga será replicado en otras ciudades intermedias o en permanente crecimiento del país y del extranjero.

Cabe señalar, que para el logro de este proyecto, se requiere de una educación para la sostenibilidad, que ayude: a) a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su conjunto, teniendo en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, en toda colectividad dada; b) a comprender que no es sostenible un éxito que a su vez exija el fracaso de otros. La importancia dada por los expertos en sostenibilidad al papel de la educación queda reflejada en el lanzamiento por la UNESCO, de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible o, mejor, para un futuro sostenible (2005-2014).

Así mismo, se debe tener muy en cuenta el desafío urbano del que habla la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD) que ha de enfrentar, bastantes problemas, como los de contaminación; pero también, los que plantea el consumo exagerado de recursos energéticos, la destrucción de terrenos agrícolas, la degradación de los centros históricos, etc. En la actualidad, puede decirse que las ciudades constituyen el paradigma de la improvisación y de la especulación, es decir, de la insostenibilidad. Será pues, en las ciudades del siglo XXI donde se decida el destino humano y donde se dicte el destino de la biósfera. No existirá un mundo sostenible sin ciudades sostenibles. Es necesario, pues, conciliar urbanización y sostenibilidad, desarrollando propuestas que garanticen el avance hacia ciudades que contribuyan a la sostenibilidad y con ello la continuidad de la especie humana y de las futuras generaciones.

Finalmente, debemos tener en cuenta que para que una ciudad sea sostenible, debe convertirse en: *una ciudad justa*, donde la justicia, los alimentos, el abrigo, la educación, la salud y las posibilidades se distribuyan debidamente y donde todos sus habitantes se sientan partícipes de su gobierno municipal; *una ciudad bella*, donde el arte, la arquitectura y el paisaje incentiven la imaginación y fortalezcan el espíritu; *una ciudad creativa*, donde la amplitud de miras y la experimentación movilicen todo el potencial de sus recursos humanos y permita una más rápida capacidad de respuesta ante los cambios; *una ciudad ecológica*, que minimice su impacto ecológico, donde la relación entre espacio construido y paisaje sea equilibrada, y donde las infraestructuras utilicen los recursos de manera racional, segura y eficiente; *una ciudad que favorezca el contacto*, donde el espacio público promueva la vida comunitaria y la movilidad de sus habitantes, y donde la información se intercambie tanto de manera personal como colectivamente; *una ciudad compacta y policéntrica*, que proteja el entorno, centre e integre a las comunidades en el seno de vecindarios y optimice su proximidad; *una ciudad diversa*, en la cual el grado de diversidad de actividades, inspire y promueva una comunidad humana vital y dinámica.

Sólo si logramos cambiar de actitud habrá alguna posibilidad de cambio, y podremos llegar a construir juntos la ciudad sostenible que deseamos.

El Editor

SCIÉENDO

CIENCIA PARA EL DESARROLLO

VOLUMEN 13(2)

JULIO – DICIEMBRE 2010

TABLA DE CONTENIDOS / TABLE OF CONTENTS

Editorial

ARTICULOS ORIGINALES / ORIGINAL PAPERS

Pág.

- El Índice *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.** 1- 15
Biological Monitoring Index Working Party (BMWP), modified and adapted to three watersheds of the Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.
Medina-Tafur, César; Hora-Revilla, Manuel; Asencio-Guzmán, Ivonne; Pereda-Ruiz, Walter; Gabriel-Aguilar, Ronal.
- Efecto de la concentración de jabón doméstico a diferentes temperaturas sobre el desarrollo de *Pseudomonas aeruginosa* MBLAM-02, aislada del río Moche (Perú).** 16-20
Effect of the concentration of laundry soap at different temperatures on the growth of Pseudomonas aeruginosa MBLMA-02 isolated from the Moche river (Perú).
Guevara-González, Juan.
- Estudio farmacognóstico de la semilla de *Phalaris canariensis* L. “alpiste” y su cuantificación de esteroides.** 21-30
Pharmacognostic study of Phalaris canariensis L. birdseed seed and its quantification of sterols.
Villarreal-La Torre, Víctor; Reyes-Caicedo, Jeissy; Ruiz-Reyes, Segundo; Venegas-Casanova, Edmundo .
- Concentración del campo magnético en las cercanías a líneas de transmisión y subestaciones de transformación de energía eléctrica en la provincia de Trujillo – Perú 2007.** 31-41
Magnetic concentration near to the power transmission lines and electric stations of electric energy transformation in Trujillo –Perú 2007.
Huamanlazo-Barríos, Elida; Guerrero-Padilla, Ana.
- Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de “betarraga”.** 42-48
Effect of temperature and lighting on stability of betalains from red beet.
González-Sánchez, José; Seijas-Bernabé, Nadia; Seijas-Bernabé, Priscilla.
- Efecto del probiótico *Bifidobacterium bifidum* sobre la supervivencia de *Listeria monocytogenes* en helado.** 49-56
Effect of probiotic Bifidobacterium bifidum on the survival of Listeria monocytogenes in ice cream.
Mercado-Martínez, Pedro; Villanueva-Carrasco, Gabriela; Mendoza-Mariños, Tania.

- Efecto musculotrópico uterina del decocto de *Nasturtium officinale* en *Rattus rattus* var. *albinus* in vitro.** 57- 66
Uterine muscle tropism's effect of water decoction's Nasturtium officinale of Rattus rattus var. albinus in vitro.
Castillo-Saavedra, Ericson; Castillo-Viera, Segundo; Reyes-Alfaro, Cecilia.
- Hongos causantes de enfermedades de postcosecha en *Lactuca sativa* var. *capitata* L. "lechuga", procedentes de zonas de distribución del distrito Trujillo, Perú.** 67-71
Fungi causing postharvest diseases in Lactuca sativa var. capitata L. "lettuce" from distribution areas of the district Trujillo, Perú.
Rodríguez-Lacherre, Manuel.
- Antígenos de excreción-secreción de las formas adultas de *Toxocara canis* detectados por Western Blot utilizando anticuerpos específicos producidos en conejo.** 72-79
Excretory-secretory antigens of Toxocara canis adult parasites detected by Western blot using specific antibodies produced in rabbits.
Chuyo-Zavaleta, Mirtha; Jara-Campos, César.
- Maduración, muda y crecimiento de hembras del camarón de río *Cryphiops caementarius* con ablación del pedúnculo ocular, en condiciones de laboratorio.** 80-87
Maturation, moulting and growth of females prawn Cryphiops caementarius with eyestalk ablation, in laboratory conditions.
Reyes-Avalos, Walter; Melgarejo-Velásquez, Gladis; Rojas-González, Elizabeth.
- NOTA CIENTÍFICA/ RESEARCH NOTE.** 88-94
Nuevos registros de Pteridophyta en la región San Martín - Perú.
New records of Pteridophyta from the region San Martin - Peru.
Peláez-Peláez, Freddy; Alarcón-Rojas, Narda; Vergara-Medrano, Segundo; Torres-Delgado, Jorge.
- ACTUALIDADES /SCIENTIFIC NEWS.** 95-101
Atención Farmacéutica: elemento clave en el diseño de la carrera de Licenciatura en Farmacia en Cuba (I).
Pharmaceutical Care: key element to the Pharmacy curriculum designing in Cuba (I).
Martínez - Sánchez, Alina; Piminchumo - Carranza, Ramón.

**El índice *Biological Monitoring Working Party* (BMWP),
modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama.
La Libertad. Perú. 2008.**

The index Biological Monitoring Working Party (BMWP) modified and adapted to three micro-basin of the high Chicama. Freedom. Peru. 2008.

Medina-Tafur, César¹, Hora-Revilla, Manuel², Asencio-Guzmán, Ivonne³, Pereda-Ruiz, Walter², Gabriel-Aguilar, Ronal².

RESUMEN

En la actualidad muchos de los ríos del Perú, son utilizados como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas, encontrándose notablemente modificadas en su composición biológica y en un estado de degradación general. La presente evaluación se realizó en las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro, **en La Libertad**, entre agosto y octubre del 2008, como parte del programa de monitoreo de estas cuencas (2008-2009) establecido por el Convenio UNT-AMAS-2008. En total se establecieron 18 estaciones de muestreo. Se reportaron la presencia de 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias, constituidos por las clases. Insecta, Gastropoda, Crustacea, Bivalvia, Turberllaria, Oligoquetos y Ostracoda y estableciéndose que la calidad de agua en el Alto Chicama, basado en los resultados obtenidos con la aplicación de una modificación y adaptación del índice *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), muestra que la parte alta de la microcuenca Perejil, se encuentra con una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena; la parte que discurre hacia abajo muestra una calidad biológica mala. La parte alta o naciente de la microcuenca Caballo Moro, se encuentra con una calidad biológica mala, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena o aceptable y la naciente de la microcuenca Chuyugual, se encuentra con una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable. En general estos ríos, están siendo alterados en su condición físico-químico y los cambios en el Alto Chicama, se deberían a las actividades de minería, ganadería y agricultura, así como a la mala disposición de las aguas residuales de los centros poblados.

Palabras clave: Índice biológico, calidad biológica, **macroinvertebrados bentónicos, ríos.**

ABSTRACT

At present many of the rivers of Peru, are used as final deposit of the evacuation of waste water of the industrial, mining companies and you domesticate. Being notably is modified in your biological composition and in a state of general degradation. The present evaluation I realize in the basins Perejil, Chuyugual and Caballo Moro, in **La Libertad**, between August and October, 2008, as report of the program of monitoring of these basins (2008-2009) established by the Agreement UNT-AMAS-2008. In whole 18 stations of sampling were established. There being reported the presence of 7 Classes, 13 orders and 46 families, constituted by the classes. Unsect, Gastropoda, Crustacean, Bivalvia, Turberllaria, Oligoquetos and Ostracoda and there being established that the water quality in the High place Chicama, based on the results obtained with the application of the modification and adaptation of the index *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), shows that the high part of the basin **Perejil**, it meets a biological regular quality, but the adjacent not influenced stations, they show a biological acceptable or good quality, the part that passes down shows a biological bad quality. The high or nascent part of the basin **Caballo Moro**, it meets a biological bad quality, but the adjacent not influenced stations, they prove to be a biological good or acceptable quality and the naciente of the basin Chuyugual, it meets a biological regular quality, but the adjacent not influenced stations, they show a biological acceptable or good quality, the low part demonstrates a recovery in your biological quality, appearing acceptably. In general these rivers, physicist - chemist are being altered in your condition and this change should to the activities extractives established in the surface (mining industry), the ranching and the agriculture, as well as to the bad disposition of the waste water of the populated centers.

Key words: Biotic index, quality biological, **macroinvertebrates bentónicos, river.**

¹ Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas, Perú.

² AMAS. Asociación Marianista de Acción Social.

³ Universidad Cesar Vallejo – Trujillo. Programa de Formación General.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la calidad del agua superficial basado en métodos biológicos comenzó con Kolenati¹, Hassal² y Cohn³ quienes observaron que los organismos que se presentan en agua contaminada son diferentes a los organismos que ocurren en agua limpia. A partir de entonces centenares de métodos para el análisis biológico de la calidad del agua se han desarrollado^{4,5,6,7}. Knoblen *et al.*⁸, observaron que de los más de 100 diversos métodos biológicos usados actualmente en el monitoreo biológico de agua dulce, dos tercios de ellos se basan en los macroinvertebrados.

La evaluación biológica de la calidad de los ecosistemas fluviales y el ajuste de sus fundamentos teóricos y metodológicos a las particulares de cada región o país constituye un importante tema de debate desde hace más de dos décadas⁹. Los métodos que consideran a los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas, tienen su origen en los desarrollados por Kolkwitz & Marsson¹⁰, quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, sentando las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: Trent Biotic Index (TBI), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Belgium Biotic Index (BBI). Chutter¹¹ desarrolló un índice de calidad de agua para ríos de Sudáfrica, el cual fue modificado por Hilsenhoff¹² para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF).

Las razones del uso amplio de los macroinvertebrados en el monitoreo biológico son muchas. Cairns y Pratt¹³ indican que los estudios de cuerpos de agua basados, en comunidades de macroinvertebrados, forman la base biológica de los estudios de la calidad del agua por razones pragmáticas: los macroinvertebrados son algo fáciles de recolectar y de identificar; los macroinvertebrados son alimento de los peces y son fáciles de explicar al público en general; y los análisis de las comunidades de macroinvertebrados permiten que las inferencias sean orientadas sobre la base del alimento (algas, hojas), la calidad del hábitat, y la salud relativa de la comunidad (muchas o pocas especies). Sin embargo, un buen número de cualidades se pueden enumerar para explicar el uso popular relativo de macroinvertebrados en biomonitoreo, tal como: ser ubicuo, y mucho se sabe de los diversos estresores que afectan la distribuciones taxonómica en diversos tipos de aguas; la riqueza de los taxa, y el extenso número de especies da lugar generalmente a una amplia diversidad de los tipos de comunidad¹⁴.

Los macroinvertebrados de las corrientes de agua dulce incluyen varios grupos como platelmintos, anélidos, moluscos (los caracoles y los bivalvos), crustáceos (camarones,

cangrejos, otros), ácaros, y sobre todo, los insectos (ephemeroptera, plecópfera, trichoptera, coleóptera, díptera). Los taxa (familias, géneros, especie) dentro de estos grupos de organismos poseen una amplia gama de requisitos para colonizar el hábitat, cuya diferencia está basada en los grados de tolerancia a diversos factores químicos (concentraciones del oxígeno disuelto, pH e iones metálicos), y a la amplia gama de alimento. Pueden ser clasificados según sus papeles ecológicos dentro de las corrientes de agua como herbívoros, detritívoros, omnívoros y carnívoros, o usando las categorías funcionales que acentúan las maneras de las cuales se alimentan, y por lo tanto las clases (y los tamaños) de los materiales del alimento que comen. El papel central de los macroinvertebrados en las corrientes de los ríos es que contienen la información sobre la base de la energía del ecosistema, de la calidad del agua, de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener las poblaciones de peces nativos. Pueden ser vistos como integradores de la información sobre la estructura y la función del ecosistema de corriente de agua así como la calidad de ésta. Estas características hacen que los macroinvertebrados sean los agentes ideales de supervisión, una situación importante por la facilidad con la cual se muestrean en muchas situaciones. Además, son excelentes organismos para la investigación por el uso en pruebas biológicas y químicas^{15,16}.

Uno de los índices más usados en España, como en Portugal, en la última década es la modificación del BMWP¹⁷, conocida como índice BMWP¹⁸, o IBMWP "*Iberian Biomonitoring Working Party*"^{18,19}. No obstante, tal adaptación es considerada como propuesta abierta, debido a la todavía limitada información taxonómica y ecológica sobre la macrofauna fluvial mediterránea²⁰. Incluso en regiones con faunas más estudiadas, el actual conocimiento sobre los procesos estructuradores de las comunidades líticas y de los mecanismos que las alteran en situaciones de estrés es todavía fragmentario²¹, y su mejora es un objetivo deseable para conseguir una base científica firme en su utilización para la evaluación de la calidad ecológica fluvial²².

En España, los primeros trabajos que abordan el estudio de los ecosistemas acuáticos desde la perspectiva de las comunidades de macroinvertebrados y su relación con parámetros ambientales, por encima de una visión únicamente físico-química, surgen en la Península Ibérica al final de los años 40 y principios de los 50^{23,24}. Durante el final de los 70 se incrementó notablemente el estudio de los ríos como ecosistemas complejos^{25,26}, tendencia que continúa hoy en día^{27,28,29}.

En Latinoamérica, existen algunas experiencias como en Bolivia, donde se realizó

un monitoreo de la contaminación por descargas de relaves mineros³⁰; en Colombia, se indican los metales pesados provenientes de la industria minero-metalúrgica³¹; en Chile, se reportan trabajos utilizando los macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas como indicadores de la calidad del agua, utilizando el índice IBF (Índice biótico de Familias) para evaluar la calidad del agua del río Damas (Osorno)³² y el estudio de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la cuenca del estero Peu Peu³³.

En nuestro país, numerosos ríos y lagunas de la costa, sierra y selva están alteradas en su capacidad física, química y biológica. Utilizando estos sistemas acuáticos, como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas³⁴. En la actualidad los ríos de las microcuencas del norte del Perú vienen padeciendo numerosas alteraciones de origen antrópico como: vertidos de lixiviados de grandes y pequeñas mineras informales, vertidos orgánicos de poblaciones rurales, regulación de caudales para uso agrícola, alteración del bosque de ribera, movimiento de los suelos agrícolas, generando un estado de degradación general; por ello, la implementación de metodologías, con énfasis en la caracterización de los componentes biológicos, en el Perú, deben ser estandarizadas para su aplicación en la gestión del agua ya que es posible que metodologías desarrolladas en otros países puedan no ser aplicadas correctamente en la zona norte del país. El objetivo de este trabajo es determinar la calidad de agua de las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro del alto Chicama, a través del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado, adaptado y propuesto como índice biótico de calidad del agua para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), usando **como fuente de información los macroinvertebrados bentónicos**, en un intento por aplicar esta metodología en la evaluación **de los ríos del norte del país**.

MATERIAL Y MÉTODOS.

1.1. Ubicación geográfica de las microcuencas:

Las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, se encuentran en el Alto Chicama, en la región La Libertad. La microcuenca Perejil tiene entre sus principales afluentes al río Canibamba, quebrada Huacamochal y quebrada la Fundación, con diecinueve (19) poblaciones, con un aproximado de 3000 habitantes, que se ven influenciadas de manera directa e indirecta por el paso del agua del Río Perejil, río principal que le da el nombre a la microcuenca. La microcuenca Caballo Moro, influye sobre las actividades de veintiún (21) comunidades (entre las principales) que hacen alrededor de 1700 campesinos los que se dedican prioritariamente a la agricultura y la

ganadería, la cuenca concluye su recorrido en la unión del río San Antonio con la quebrada Chacomas (Altura del poblado Chacomas a 2800 m.s.n.m aproximadamente); destacan entre sus principales afluentes la quebrada Peña el Pájaro, quebrada Alto la Flor, río Chacomas, etc.; las aguas de esta microcuenca finalmente confluyen formando parte de la cuenca del Santa. La **microcuenca Chuyugual** contribuye con las actividades de diecisiete (17) comunidades, con un aproximado de 2000 pobladores, que dependen de estas aguas; entre sus principales afluentes destacan la quebrada Vira vira, quebrada el Salitre, quebrada Laguna Negra, quebrada Quishuar, río Caracmaca.

1.2. Reconocimiento y muestreo

La presente investigación se realizó en tres excursiones de campo, una de reconocimiento del área (**23, 24 y 25 de junio**) y dos muestreos: entre invierno (16 y 17 de agosto) y primavera (18 y 19 de octubre) del 2008 (Figura 1), en 18 estaciones de muestreo, entre los 1990 - 4090 msnm, entre los paralelos 9111590 y 9140160 S y 0792130 y 0815570 W, distribuidas en el curso principal del río, como en sus principales afluentes (Figura 2) y georeferenciadas en UTM (Unities Translators Mercator) (Tabla 1), con un GPSMAP (Geographical Possession Spatial) MODELO 60CSX, marca Garmin.

La muestra de macroinvertebrados bentónicos, estuvo constituido por dos réplicas por punto de muestreo, cubriendo una longitud de 500 m. y una hora de esfuerzo, aproximadamente. Asegurándose además un muestreo representativo de todos los microhábitats, con y sin vegetación, zonas de piedras, arenas, en corriente y sin ella, etc. Se muestreó de aguas abajo a aguas arriba, utilizando una malla de 300 µm; mediante dos redes semi-triangular "D-net", con los cuales se realizaron "barridos" a lo largo de las orillas con vegetación.

El contenido de cada redada, se vació, en una fuente de color blanco y luego las muestras colectadas fueron almacenadas en envases plásticos de 250 ml., rotulados y fijados en alcohol al 70%, más dos gotas de glicerina. En el laboratorio de Evaluación de los recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo se separaron y determinaron con ayuda de un Estereoscopio Olympus, ocular micrométrico, a nivel de Orden y Familia utilizando claves taxonómicas^{35, 36, 37}.

1.3. Flujo metodológico

El flujo metodológico general comprende 06 etapas y son las siguientes: Revisión bibliográfica, reconocimiento y determinación de los puntos de muestreo, toma de muestras, identificación de organismos en laboratorio, valoración del índice **biótico** nPeBMWP y resultados.

1.4. Valoración de la calidad biológica

La calidad biológica se valoró mediante el

índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP)³⁸, basado en una modificación y adaptación del índice biótico andino (ABI)³⁹ y de sus similares elaborados para Inglaterra, (BMWP: Biological Monitoring Working Party Score); España (IBMWP), Colombia (IBMWP/Col), Venezuela (IBMWP (RP-NdS)), Costa Rica (BMWP-CR) y Chile (ChBMWP). Esta metodología está basada en algunas incorporaciones de familias y sus puntajes teniendo como referencia los modelos de^{17, 18, 19, 40}

y los aportes latinoamericanos de Zúñiga de Cardoso⁴¹, Roldan⁴², Sánchez-Herrera⁴³. El índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) y sus similares son índices aditivos que van sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la contaminación. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación^{18, 44} (Tabla 7).

Tabla 1. Ubicación georeferenciadas de los puntos de muestreo, en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

| EN | DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO | Ubicación Geográfica UTM | | Altura msnm. |
|-----------------|--|--------------------------|---------|--------------|
| | | E | N | |
| El Perejil | 01 Quebrada a 30 m antes del encuentro con la naciente del río Perejil | 0802075 | 9119034 | 3973 |
| | 02 Río negro, 300 m antes del encuentro con el río Perejil | 0800128 | 9124502 | 3489 |
| | 03 Río Perejil, a la altura del canal El Grillo 2 a canibamba | 0799661 | 9124182 | 3440 |
| | 04 Río Huacamochal, altura de bocatoma canal Chambuc | 0793512 | 9140160 | 2330 |
| | 05 Río Perejil, 50 m después del encuentro con el río negro | 0799558 | 9124484 | 3430 |
| | 06 Río Chicama, altura de fundición Siguis-canal de riego | 0792130 | 9135442 | 1990 |
| El Caballo Moro | 07 Laguna Verde con pequeño islote, Cabecera de cuenca el Caballo Moro | 0804114 | 9117508 | 4090 |
| | 08 Efluente de la laguna El Toro, Naciente de cuenca El Caballo Moro | 0803850 | 9116298 | 4070 |
| | 09 Quebrada Chachamudal, sector Las Pajillas, a 250 m de la carretera | 0801278 | 9113730 | 4030 |
| | 10 Quebrada, sector Tres Cruces, a 400 m del cerro La Encalada | 0801087 | 9111590 | 4008 |
| El Chuyugual | 11 Quebrada Vira Vira, tributario a 650 mts del río chuyugual | 0807665 | 9120532 | 3836 |
| | 12 Río Chuyugual, a 20 m antes del encuentro entre Quebrada Negra y el río Chuyugual | 0806894 | 9121532 | 3763 |
| | 13 Río Chuyugual, 40 m del encuentro entre la quebradas Quishuar sur y Chuyugual | 0806682 | 9122214 | 3680 |
| | 14 Quebrada Quishuar norte, afluente del río chuyugual, arriba de la carretera al sauco. | 0806799 | 9122982 | 3600 |
| | 15 Quebrada las Vizcachas, afluente al río chuyugual, arriba del cruce carretera el sauco. | 0806635 | 9125502 | 3484 |
| | 16 Afluente del río Chuyugual, peña el salitre a 100 mts de la unión con el río Chuyugual. | 0807360 | 9126716 | 3363 |
| | 17 Río Chuyugual a 500 m del poblado el Chuyugual, debajo del puente. | 0807304 | 9127134 | 3337 |
| | 18 Río caranmaca, altura Sanagorán, 10 m arriba del puente | 0815570 | 9140000 | 2690 |

EM = Estaciones de Monitoreo

UTM = Universal Transverse Mercator

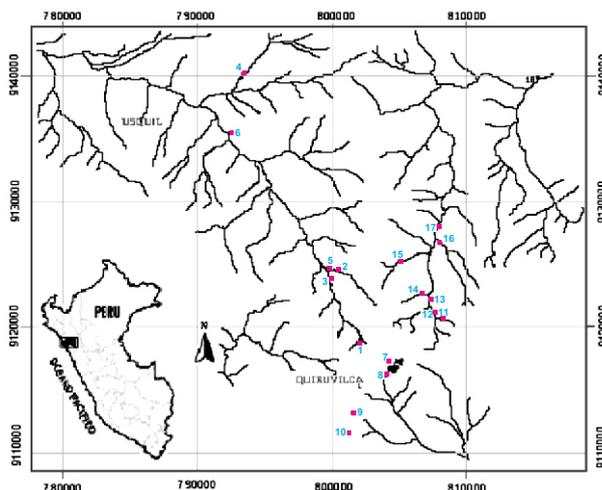


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el Alto Chicama. Región La Libertad. Perú.

RESULTADOS

En las 18 estaciones en los ríos del Alto Chicama comprendidos entre los 1990 y

4090 msnm., la composición taxonómica de macroinvertebrados encontrados pertenecen a 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias (43 familias determinadas y 03 morfoespecies no

determinadas); constituidos por la clase Insecta, con los ordenes Díptera (11 fam.), Trichoptera (10 fam.), Coleóptera (8 fam.), Heteróptera (4 fam.), Ephemeroptera (3 fam.), Plecóptera (3 fam.), Odonata (1 fam.); la clase Gastropoda, con el orden Basommatophora (1 fam.); la clase

Crustacea, con el orden Amphipoda (1 fam.); la clase Bivalvia, con el orden Ostracoda (1 fam.), la clase Arachnida con el orden Hydracarina (1 fam.), la clase Turbellaria, con el orden Tricladida (1 fam.) y la clase Oligoquetos con el orden Oligochaeta, (1 fam.) y la clase Bivalvia (1 fam.) (Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2. Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

| Clase | Orden | Familia | |
|-------------|--------------|---|---|
| Oligoquetos | Oligochaeta* | Morfoespecie*. | |
| Insecta | Diptera | Simuliidae, Stratiomyidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Culicidae, Tabanidae, Psychodidae, Muscidae, Dolichopodidae, Blepharoceridae | |
| | | Ephemeroptera | Baetidae, Leptophlebiidae, Oligoneuridae, Ameletiidae, Tricorythidae, |
| | Plecoptera | Perlidae, | |
| | | Trichoptera | Hydrobiosidae, Helicopsychidae, Calamoceridae, Leptoceridae, Glossosomatidae, Polycentropodidae, Hydropsychidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Hydroptilidae |
| | Coleoptera | Staphylinidae, Elmidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Curculionidae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae). | |
| | | Odonata | Coenagrionidae. |
| | Gastropoda | Heteroptera | Corydalidae, Gerridae, Corixidae, Mesovellidae. |
| | | Basommatophora | Ancylidae |
| | Crustacea | Amphipoda* | Morfoespecie*. |
| | Bivalvia | Ostracoda* | Morfoespecie*. |
| Arachnida | Hydracarina | Hydrachnidae | |
| Turbellaria | Tricladida | Planariidae | |

* Para aplicar el nPeBMWP no es necesario determinar el orden y familia de la clase Oligochaeta y Ostracoda.

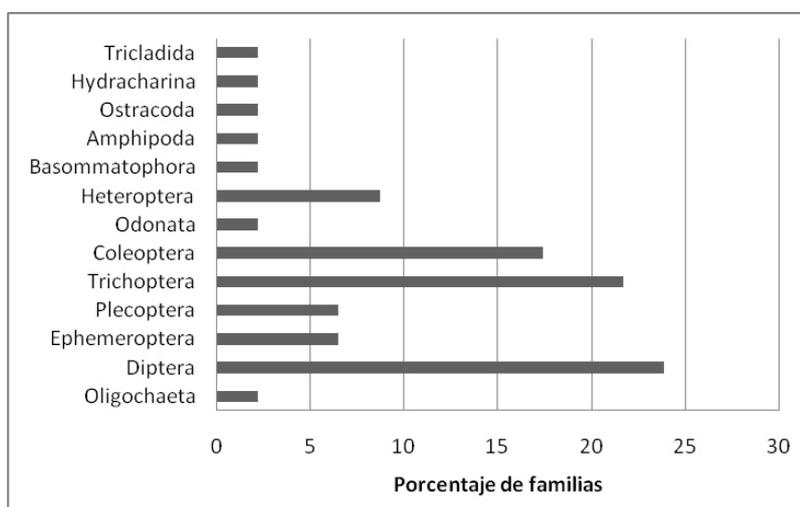


Fig. 2. Número de familias de cada orden de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

La **Tabla 5** muestra las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las microcuencas *Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008*, con el cual se ha generado el índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), a partir del Andean Biotic Index

(ABI), del Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona, propuesto por Ríos et al. ³⁵, incorporando familias y valores de los índices: IBMWP, para ríos de Chile (Peu Peu), elaborado por la Universidad Católica de Temuco ³³; el ChBMWP, para ríos de Chile mediterráneo, elaborado en la Universidad de Chile ⁴⁵ y Molina ⁴⁶, el índice BMWP (RP-NdS) del

río Pamplonita del Norte de Santander, elaborado en Venezuela ⁴³, el índice BMWP-CR, modificado para Costa Rica ⁴⁷, el índice BMWP,

para el río Chama, elaborado en la Universidad de los Andes de Venezuela ⁴⁸ y el índice BMWP-Col, elaborado por la Universidad de Antioquia de Colombia. ⁴².

Tabla 3. Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo (E1-E9) de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008

| Clase | Orden | Familia | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---|
| Insecta | Oligoquetos | Morfoespecie | x | | | | | | | | | |
| | | Simuliidae | x | | | x | x | x | | | | |
| | Diptera | Stratiomyidae | | | | x | | | | | | |
| | | Chironomidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | Tabanidae | x | | | | x | | | | | x |
| | | Muscidae | x | x | | x | x | x | | | | |
| | | Psychodidae | x | | | x | | | | | | x |
| | | Dolichopodidae | | | | x | x | x | x | | | |
| | | Tipulidae | | | | | x | | | | | |
| | | Culicidae | | | | | x | | | | | x |
| | | Ceratopogonidae | x | | | | | | | | | x |
| | | Ephemeroptera | Baetidae | x | x | x | x | x | x | | | x |
| | Leptophlebiidae | | x | x | | | | | | | | x |
| | Trichoptera | Perlidae | x | x | x | x | x | | | | | x |
| | | Hydrobiosidae | x | | x | x | x | x | | | | x |
| | | Hydropsychidae | | | | | x | | | | | x |
| | | Glososomatidae | | | | | x | | | | | |
| | | Policentropodidae | | | | | x | | | | | |
| | | Leptoceridae | x | x | | | | | | | | x |
| | | Calamoceridae | | | | | | | | | | x |
| Helicopsychidae | | | | | | | | | | | x | |
| Coleoptera | | Staphylinidae | | | | | x | | | | | |
| | | Elmidae | x | x | x | x | x | x | x | | x | x |
| | Hidrophilidae | | | | | x | | | | | x | |
| | Dytiscidae | | | | x | x | | x | x | x | x | |
| | Gyrinidae | | | x | | | | | | | | |
| Odonata | Coenagrionidae | | | | | | x | | | | | |
| Heteroptera | Corydalidae | | | | | x | | | | x | x | |
| | Corixidae | | | | | | | | x | x | x | |
| Gastropoda | Basommatophora | Ancylidae | | | | | | | | | x | |
| Crustacea | Amphipoda | Morfoespecie | | x | x | | | | | | | |
| Bivalvia | Ostracoda | Morfoespecie | | | | | | | | | x | |
| Arachnida | Hydracarina | Hydrachnidae | x | x | | | | | x | | x | |
| Turbellaria | Tricladida | Planariidae | | | | | | | x | x | x | |
| Índice biótico nPeBMWP | | | 67 | 54 | 42 | 89 | 47 | 30 | 19 | 30 | 120 | |

El cálculo de calidad de agua de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008, empleando el índice biótico nPeBMWP considera la diversidad de taxa indicadores (familias), que es presentada en la **Tabla 6**, que es un índice aditivo que va

sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación ^{18,44}.

Tabla 4. Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo (E10-E18) de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

| Clase | Orden | Familia | E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Oligoquetos | Oligochaeta | Morfoespecie | | | | | | x | x | | |
| Insecta | Diptera | Simuliidae | x | x | x | | x | x | x | x | x |
| | | Chironomidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | Tabanidae | | x | x | | x | | x | x | |
| | | Muscidae | | x | x | x | x | | | | |
| | | Dolichopodidae | | | | | x | | x | x | |
| | | Tipulidae | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | Culicidae | x | | | x | | | x | | |
| | | Ceratopogonidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Blepharoceridae | | | | | | | | x | x | x |
| | Ephemeroptera | Baetidae | x | x | x | | x | x | x | x | x |
| | | Leptophlebiidae | x | x | | | | | x | x | x |
| | | Oligoneuridae | x | | | | | | | | |
| | | Ameletidae | | | | | | | x | x | |
| | Plecoptera | Tricorythidae | | | | | | | x | | |
| | | Perlidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Trichoptera | Hydrobiosidae | x | x | | | x | x | x | x | x |
| | | Hydropsychidae | | | | x | | | | | x |
| | | Leptoceridae | | | | | x | | | x | |
| | | Helicopsychidae | | | | | x | | x | | |
| | | Odontoceridae | | x | x | x | x | | | | |
| | | Philopotamidae | | | | | x | | | | |
| | | Hydroptilidae | | | | | | | x | | |
| | | Staphylinidae | x | | x | x | x | | | x | |
| Elmidae | | x | x | x | x | | | x | x | x | |
| Hidrophilidae | | x | | | | | | | | x | |
| Coleoptera | Dytiscidae | | | | | x | | x | | | |
| | Gyrinidae | x | | | | | | x | | | |
| | Psephenidae | | | | | | | | | x | |
| | Scirtidae (Helodidae) | | | | x | x | x | | x | | |
| | Curculionidae | | x | | | | | | | | |
| | Gerridae | | | | | | | | x | | |
| | Corydalidae | | | | | | | | | x | |
| Heteroptera | Corixidae | x | | | | | | | | | |
| | Mesovellidae | | | | | | | x | | | |
| Bivalvia | Ostracoda | | | | | | x | | | | |
| Arachnida | Hydracarina | | x | | | | | x | | | |
| Turbellaria | Tricladida | | | | | x | x | | | | |
| Índice biótico nPeBMWP | | | 74 | 77 | 54 | 53 | 99 | 68 | 122 | 97 | 69 |

El mapa de calidad de agua de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008, basado en los resultados obtenidos con la aplicación del índice biótico nPeBMWP (Tabla 7 y Fig. 3), muestra que la parte alta de la cuenca Perejil, que discurre directamente del Alto Chicama, se encuentra

con una calidad biológica regular, con valores de 54, 42 y 47, en las estaciones de muestreo 2, 3 y 5, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable, con valores de 67 y 89, en las estaciones de muestreo 1 y 4, la parte que discurre hacia abajo muestra una calidad biológica mala, con un valor de 30, en la estación de muestreo 6.

Tabla 5. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las microcuencas *Perejil*, *Caballo Moro* y *Chuyugual*, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

| Orden | Familia | Referencia bibliográfica de la Puntuación | Puntuación asignada al nPeBMWP |
|---------------------|-----------------------|---|--------------------------------|
| Oligochaeta (Clase) | Morfoespecie | 1 (1)(3)(4)(5)(6)(7) | 1 |
| | Chironomidae | 2 (1)(3)(4)(5)(6)(7) | 2 |
| | Simuliidae | 5 (1)(2)(4)(6) 4(5) 8(7) | 5 |
| | Stratiomidae | 4 (1)(3)(5)(7) | 4 |
| | Ceratopogonidae | 4 (1)(3) 3(7) | 4 |
| | Tipulidae | 5 (1)(2)(4)(6) 4(5) 3(7) | 5 |
| | Díptera | Culicidae | 2 (1)(3)(4)(5)(7) |
| Tabanidae | | 4 (1)(3)(5) 5(7) | 4 |
| Blepharoceridae | | 10 (1)(5)(7) | 10 |
| Dolichopodidae | | 4 (1)(5)(7) | 4 |
| Muscidae | | 2 (1)(7) | 2 |
| Psychodidae | | 3 (1) 7(7) | 3 |
| Ephemeroptera | | Baetidae | 4 (1)(2)(3)(6) 5(5) 7(7) |
| | Leptophlebiidae | 10 (1)(2)(3) 8(5) 9(7) | 10 |
| | Oligoneuridae | 10 (1) | 10 |
| | Ameletidae | 10 (3) | 10 |
| Plecóptera | Tricorythidae | 10 | 10 |
| | Perlidae | 10 (1)(2)(3)(5)(6)(7) | 10 |
| Trichoptera | Hydrobiosidae | 7 (3) 8(1) 10(5) | 8 |
| | Hidropsychidae | 5 (1)(5) 7(7) | 5 |
| | Glosomatidae | 7 (1)(7) 8(5) | 7 |
| | Odontoceridae | 10 (1)(5)(6)(7) | 10 |
| | Polycentropodidae | 8 (1) 6(5) 7(6) 9(7) | 8 |
| | Leptoceridae | 8 (1)(5) 10(6) 8(7) | 8 |
| | Calamoceridae | 10 (1)(7) 8(5) | 10 |
| | Helicopsychidae | 10 (1) 8(7) | 10 |
| | Philopotamidae | 8 (1) 7(5) 9(7) | 8 |
| | Hydroptilidae | 6 (1)(6) 7(7) | 6 |
| Coleóptera | Staphylinidae | 3 (1) 4(5)(7) | 3 |
| | Elmidae | 5 (1)(2)(3)(5) 6(6) | 5 |
| | Hidrophilidae | 3 (1)(2)(3)(5) 5(6)(7) | 3 |
| | Dytiscidae | 3 (1)(2)(3) 4(5) 5(6) | 3 |
| | Gyrinidae | 3 (1)(2)(3) 4(5) 5(6) | 3 |
| | Psephenidae | 5 (1) | 5 |
| | Scirtidae (Helodidae) | 5 (1) 4(5) 7(7) | 5 |
| | Curculionidae | 4 (3)(5) | 4 |
| Odonata | Coenagrionidae | 6 (1)(2)(3)(6) | 6 |
| Heteróptera | Corydalidae | 6 (4) 6(5)(7) 10(3) | 6 |
| | Gerridae | 5 (1)(2)(3) 8(7) | 5 |
| | Corixidae | 5 (1)(6) 7(7) | 5 |
| | Mesovellidae | 5 (6)(7) | 5 |
| Basommatophora | Ancylidae | 6 (1)(7) | 6 |
| Ostracoda (Clase) | Morfoespecie | 3 (1)(2)(6) | 3 |
| Hydracarina | Hydrachnidae | 4 (1)(5) | 4 |
| Amphipoda (Clase) | Morfoespecie | 6 (1) 5(5) | 6 |
| Tricladida | Planariidae | 5 (1)(6) 7(7) | 5 |

(1) ABI, Andean Biotic Index, Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona. España. Ríos et al., 2006.

(2) IBMWP, Para ríos de Chile (Peu Peu). Universidad Católica de Temuco. Chile. Leiva, 2004.

(3) ChBMWP. Para ríos de Chile mediterráneo. Universidad de Chile. Figueroa, 2004 y Molina, 2006.

(4) ÍBMWP (RP-NdS). Río Pamplonita - Norte de Santander. Venezuela. Sánchez-Herrera, 2005.

(5) BMWP-CR. Modificada para Costa Rica (2005).

(6) BMWP-Chama. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. Correa, 2000.

(7) BMWP-Col. Universidad de Antioquia – Medellín; Colombia. Roldan, 2003.

Tabla 6. Calidad del agua para ríos de la costa del norte del Perú empleando el Índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP).

| Familias | Puntaje |
|--|---------|
| <i>Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae</i> | 10 |
| <i>Leptoceridae, Polycentropodidae Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.</i> | 8 |
| <i>Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohyphidae.</i> | 7 |
| <i>Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda).</i> | 6 |
| <i>Turbellaria, Hydropsychidae Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planariidae, Amphipoda</i> | 5 |
| <i>Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.</i> | 4 |
| <i>Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrametridae, Mesovellidae, Psychodidae</i> | 3 |
| <i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.</i> | 2 |
| <i>Oligochaeta, Syrphidae</i> | 1 |

Órdenes y familias presentes en las microcuencas *Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.*

Tabla 7. Valores obtenidos del índice biótico nPeBMWP mediante el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos en 18 estaciones en las microcuencas *Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.*

| Cuencas | EM | Valores | COLOR | Calidad Biológica |
|-----------------|---------|---------|--|-------------------|
| El Perejil | 01 (EC) | 67 |  Verde | Aceptable |
| | 02 (EP) | 54 |  Amarillo | Regular |
| | 03 (EP) | 42 |  Amarillo | Regular |
| | 04 (EC) | 89 |  Verde | Aceptable |
| | 05 (EP) | 47 |  Amarillo | Regular |
| | 06 (EP) | 30 |  Naranja | Mala |
| El Caballo Moro | 07 (EP) | 19 |  Naranja | Mala |
| | 08 (EP) | 30 |  Naranja | Mala |
| | 09 (EC) | 120 |  Azul | Buena |
| | 10 (EC) | 74 |  Verde | Aceptable |
| El Chuyugual | 11 (EC) | 77 |  Verde | Aceptable |
| | 12 (EP) | 54 |  Amarillo | Regular |
| | 13 (EP) | 53 |  Amarillo | Regular |
| | 14 (EP) | 99 |  Verde | Aceptable |
| | 15 (EP) | 68 |  Verde | Aceptable |
| | 16 (EC) | 122 |  Azul | Buena |
| | 17 (EP) | 97 |  Verde | Aceptable |
| | 18 (EP) | 69 |  Verde | Aceptable |

| CALIFICACION | VALORES | COLOR | Calidad Biológica |
|-----------------------------------|---------|--|-------------------|
| Aguas muy limpias | = 100 |  Azul | Buena |
| Aguas con signos de estrés | 61-100 |  Verde | Aceptable |
| Aguas contaminadas | 36-60 |  Amarillo | Regular |
| Aguas muy contaminadas | 16-35 |  Naranja | Mala |
| Aguas extremadamente contaminadas | = 15 |  Rojo | Pésima |

Valores del índice biótico nPeBMWP, según los rangos de calidad (Prat et al., 2000)

La parte alta de la microcuenca Caballo Moro, en el Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica mala, con valores de 19 y 30, en las estaciones de muestreo 7 y 8, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena, con un valor de 120, en la estación de muestreo 9 ó una calidad biológica aceptable, con un valor de 74, en la estación de muestreo 10.

La parte alta o naciente de la microcuenca Chuyugual, que discurre directamente del Alto Chicama, se encuentra

con una calidad biológica regular, con valores de 54 y 53, en las estaciones de muestreo 12 y 13, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable, con valores de 77, 99 y 68, en las estaciones de muestreo 11, 14 y 15, respectivamente, o una calidad biológica buena, con valor de 122, en la estación de muestreo 16, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable, con valores de 97 y 69, en las estaciones de muestreo 17 y 18.

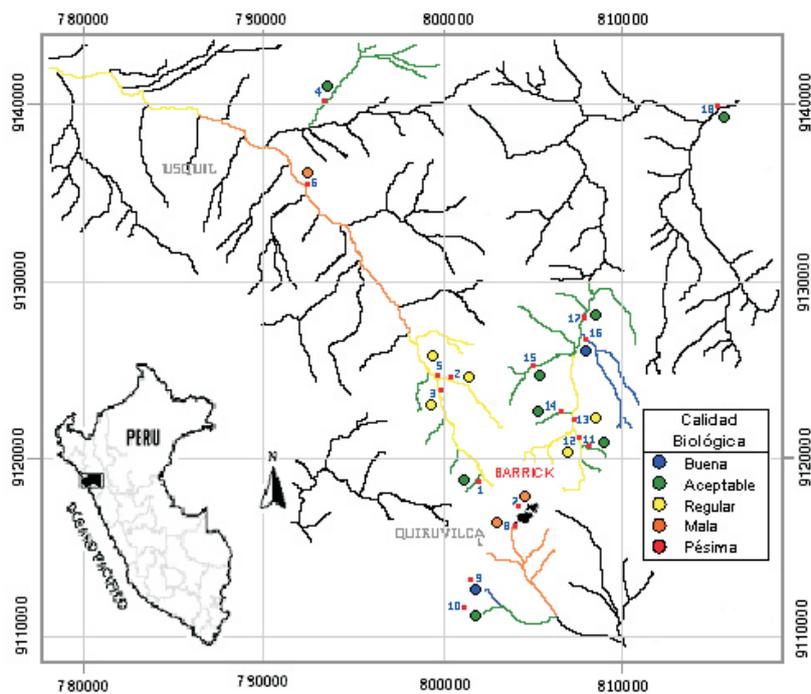


Fig. 3. Calidad de agua en 18 estaciones de muestreo de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama en La Libertad, basado en los resultados obtenidos con la aplicación del índice biótico nPeBMWP, durante el 2008.

DISCUSIÓN

Usar como parámetro de evaluación de la calidad ecológica a los macroinvertebrados se justifica, debido a su papel central en las corrientes de los ríos, ya que contienen la información sobre la base de la energía del ecosistema, de la salud relativa de la comunidad (muchas o pocas especies), de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener las poblaciones de peces nativos; pueden ser vistos como integradores de la información sobre la

estructura y la función del ecosistema de corriente de agua así como la calidad de esta; además, son excelentes organismos para la investigación por el uso en pruebas biológicas y químicas. Estas características hacen que los macroinvertebrados sean los agentes ideales de supervisión, utilizando índices bióticos, situación importante por la facilidad con la cual se muestrean en muchas situaciones^{6, 16, 40}. Por lo tanto, se puede utilizar un índice biótico a un nivel taxonómico superior como familia, basado en que su aplicación es sencilla, rápida y de bajo costo, permitiendo evaluar la calidad del agua

en un período corto de tiempo, ya que se reduce la complejidad taxonómica, al no requerir claves específicas para la identificación de los insectos, ni el apoyo de expertos en la materia, disminuyendo el costo en términos de tiempo y dinero³³. La utilización de índices bióticos, es uno de los más efectivos métodos para obtener información sobre la situación de calidad del agua de una cuenca hidrográfica en particular⁴⁹, pero, para el cálculo de un índice biótico se requiere asignar a cada taxa un valor de importancia como indicador^{12, 17, 18}, este indicador mide la respuesta de los organismos, en términos de tolerancia, a diferentes condiciones ambientales. Como resultado de ello, crea una gran dificultad para la aplicación de los índices bióticos en las regiones biogeográficamente diferentes de aquellas donde fueron desarrollados y donde, además, existe un pobre conocimiento taxonómico de la fauna

regional⁴⁸. Por esta razón, la aplicación de un índice biótico en el Alto Chicama, requiere de una nueva reasignación de valores indicados para los taxa que sean comunes con la región original del índice y/o la asignación de nuevos valores indicados para los taxa exclusivos de la nueva zona. Nuestra alternativa fue la adaptación de una tabla de valores de cálculo del índice biótico, modificando el Andean Biotic Index (ABI), el cual se ha adaptado para los ríos andinos de América por encima de los 2000 m de altitud, propuesto por Ríos et al.³⁹, insertando algunas familias y valores de índices similares de Venezuela, Costa Rica, Colombia y Chile, por la similitud en los rangos de altitudes, la pendiente, el caudal y el sustrato de las áreas evaluadas, generando una propuesta abierta de índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP), en base a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el Alto Chicama.

Antes de la evaluación, se realizaron algunos muestreos previos, para intercalibrar y seleccionar el protocolo de muestreo para evaluar la calidad biótica del río Chicama, ya que al implementar una metodología de muestreo en una zona donde no existe, lo primero que se debería hacer es testar varias, seleccionar alguna y adaptarla de manera conveniente^{6, 22}. En cada estación, se utilizó un tiempo de muestreo de búsqueda de macroinvertebrados, con el método de barrido de aproximadamente 60 minutos (1 hora), ya que se obtenía una colecta superior a 100 individuos; basándonos en la intercalibración de la metodología GUADALMED, propuesto por Bonada, et al.⁵⁰, que indican que contando 100 individuos es suficiente para obtener un número de individuos para un IBMWP óptimo, sin embargo, en los PRECE (Protocolos Rápidos

de Evaluación de la Calidad Ecológica), propuesto por Tiller & Metzling⁵¹ y Metzling & Miller⁵², recomiendan obtener unos 200 individuos, basado en un muestreo y procesado de la muestra en el campo durante 30 minutos.

En la literatura, existen numerosos métodos para la recolección de macroinvertebrados en función del tipo de río y de los objetivos planteados⁵³. El método de barrido es un método no cuantitativo, sencillo y útil cuando el uso de muestras cualitativas no es un problema y está recomendado en los estudios de calidad biológica⁵². Además, los métodos no cuantitativos pueden ser utilizados en sustratos donde las técnicas cuantitativas no son aplicables pero que al contener taxones característicos es necesario muestrearlos⁵⁴. El tipo de datos a utilizar (cualitativos o cuantitativos) es irrelevante para mostrar los patrones de las comunidades⁵⁵, aunque a pequeña escala y en función de los objetivos planteados, los datos cuantitativos son necesarios⁵⁶.

El establecimiento de una comunidad específica de macroinvertebrados bentónicos en un cuerpo de agua, depende de los factores físicos, químicos y biológicos que ocurren en ese cuerpo de agua^{57, 58}. Los resultados obtenidos demuestran que la presencia de taxas como Plecóptera, Ephemeroptera y Trichoptera⁵⁹, se producen en sitios con buenas condiciones ecológicas, como en las estaciones de muestreo 9 y 16, mientras que la presencia de otros taxas como los Chironomidae y Planaridae, parecen indicar la existencia de un cierto deterioro y es propia de zonas con condiciones ecológicas desmejoradas, como en las estaciones de muestreo 6, 7 y 8, de los afluentes del Alto Chicama.

Como en la mayoría de ríos de la región neotropical, hay una progresiva sucesión, aguas abajo, de taxones sensibles a la contaminación por otros más tolerantes (quironomidos, turbellarios, oligoquetos), ante la mayor presencia de contaminantes y nutrientes, cerca a las estaciones de muestreo en la zonas baja del río, procedentes de la actividad agrícola, el vertido de afluentes residuales y en nuestro caso, por la escorrentía de suelos modificados por la actividad minera establecida en la cabecera de la cuenca⁶⁰. Los taxones característicos de aguas de cabecera (Blepharoceridae, Amelletidae, Tricorythidae, Perlidae, Helicopsychidae, Leptophlebiidae, Calamoceridae) son sustituidos en los tramos medios y bajos por un amplio grupo de taxones más tolerantes como Chironomidae, Culicidae, Baetidae, Simuliidae, Muscidae, Dolichopodiade, Tipulidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Planaridae, Amphipoda, Oligochaeta).

Zamora-Muñoz et al. ⁶¹, demostraron que los juicios de calidad elaborados con el IBMWP son independientes de la estacionalidad, hecho que sugiere la simplificación de los muestreos anuales. En nuestro caso, en dos muestreos se obtuvo una riqueza específica de 46 taxas, con la que se elaboró un juicio de calidad de los afluentes del Alto Chicama, con el índice biótico nPeBMWP, aunque los juicios con datos combinados, como muestra Furse et al. ⁶², permiten categorizar mejor los ríos que uno solo. Medina et al. ⁶⁰ sugiere que, para el caso de los muestreos en el río Chicama, el mejor período de evaluación debería ser considerado entre invierno y primavera (junio-diciembre), por ello nuestra evaluación fue ejecutada entre agosto y octubre del 2008, ya que el período comprendido en verano, resulta muy dificultoso obtener muestras biológicas y elaborar juicios de calidad, debido a los elevados caudales naturales que se presentan ⁶⁰ y que convendría tener presente para la evaluación de los ríos que desembocan en el pacífico norte del Perú.

Aunque los criterios para la determinación de la calidad biológica, están basados en parámetros biológicos y son relativos a las condiciones de referencia de cada grupo de puntos o tipo de río ⁶³, que según Chovarec et al. ⁶⁴ una localidad de referencia se define como el estado que ha existido antes de las perturbaciones humanas que hayan alterado de manera significativa las características naturales de un río. La mayor parte de los segmentos de la cuenca hidrológica del Alto Chicama evaluada (1990 hasta 4090 msnm), están afectados por perturbaciones humanas de diferente tipo, hecho que ha dificultado encontrar estaciones de referencia en la zona de estudio y poder discriminar las clases de la calidad biológica; sin embargo, sí se ha conseguido encontrar estaciones de referencia, considerando que son estaciones adyacentes no influenciadas; ya que de las 6 estaciones de muestreo seleccionadas, 4 de ellas, presentan calidad biológica aceptable y 2 presentan calidad biológica buenas. Considerando que, aun para los expertos, se les presentan algunos problemas para establecer los límites entre una categoría de calidad de agua y otra, los cuales proponen establecer rangos para los límites de las diferentes categorías ⁶⁵, y desarrollar criterios biológicos para la evaluación de la calidad de las aguas a nivel regional ⁶⁶.

En el presente estudio se han utilizado las categorías de calidad recomendado por Prat, et al. ⁶⁷, donde considera las categorías: aguas muy limpias (≥ 100), aguas con signos de estrés (61-100), aguas contaminadas (36-60), aguas muy contaminadas (16-35) y aguas

extremadamente contaminadas (≤ 15), las cinco clases de estado ecológico que son las propuestas en la Directiva Marco de la Unión Europea ⁴⁴.

Sin embargo, hay otra propuesta respecto a las categorías de calidad de agua, como la del índice BMWP propuesto por Domínguez y Fernández ⁴⁹, donde considera las categorías: aguas limpias (>40), con algún grado de contaminación (30-40), aguas contaminadas (20-30), aguas muy contaminadas (10-20) y aguas fuertemente contaminadas (<10), este esquema de clases de calidad del agua, cambiaría notablemente los juicios de calidad ecológica que se elaboraron con el índice biótico nPeBMWP, por ello se recomienda continuar con la búsqueda de condiciones de referencia apropiadas para ríos. Este índice deberá ser mejorado en el futuro en función de los trabajos que se puedan ir realizando en los ríos del norte del Perú ³⁸, ya que el ajuste de los fundamentos teóricos y metodológicos de la evaluación biológica de la calidad de los ecosistemas fluviales, a las particulares de cada región o país constituye un importante tema de debate ^{6,9}.

CONCLUSIONES

- ☞ El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), modificado, adaptado y propuesto, como índice biótico de calidad del agua para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), es un método aplicable, como un indicador de la calidad del agua, por la simplicidad del nivel taxonómico requerido (familia) y por el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y costos.
- ☞ La parte alta de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual en el Alto Chicama, basado en la aplicación del índice biótico nPeBMWP, se encuentra con una calidad biológica mala y regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena; la parte que discurre hacia abajo de la microcuenca Perejil, muestra una calidad biológica mala, mientras que la parte baja, de la microcuenca de Chuyugual manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable, para el 2008.
- ☞ Los macroinvertebrados de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama, en el 2008 están constituidos por 7 Clases y 13 Órdenes; distribuidos en 46 familias. Los insectos es el grupo más representativo, con 11 familias.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del convenio AMAS-UNT. Los autores agradecen el financiamiento de la Asociación Marianista de Acción Social (AMAS) y a la Universidad Nacional de Trujillo, por las facilidades logísticas brindadas para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kolenati, F. Über Nutzen und Schaden der Trichopteren. Stettiner entomol. Ztg. 9. 1848.
2. Hassal, A. A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and suburban districts. London. 1850.
3. Cohn, F. Über lebendige Organismen im Trinkwasser. Z. klin. Medizin, 4, 229-237. 1853.
4. Sládecék, V. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih 7, 1-218. 1973a.
5. Sládecék, V. The reality of three British biotic indices. Water Res.7, 995-1002. 1973b.
6. Rosenberg, D. & V. Resh (Eds.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp. 1993.
7. De Pauw, N. y H. Hawkes. Biological monitoring of river water quality. Pages 87-111. In: W. J. Walley and S. Judd (Eds.), River water quality monitoring and control. Aston University, UK. 1993.
8. Knoben, E.; Roos, C. & M. Van Oirschot. Biological Assessment Methods for Watercourses. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. 1995.
9. Karr, J.R. & E.W. Chu. Restoring Life in Running Waters: Better Biological monitoring. Island Press. Washington. DC, U.S.A. 206 p. 1999.
10. Kolkwitz, R. & M. Marsson. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2: 126-152. 1909.
11. Chutter, F. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. Water Research 6: 19-30. 1972.
12. Hilsenhoff, W. An improved biotic index of organic stream pollution. The Great Lakes Entomologist, 20 (1): 31–39. 1987.
13. Cairns, J. & J. Pratt. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. pp. 10-27, In: Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. 1993.
14. Skriver, J. Biological Monitoring in Nordic Rivers and Lakes. Report to Nordic Council of Ministers, Denmark TemaNord 2001:513. 2001.
15. Ministry For The Environment. The Use of Macroinvertebrates in Water Management Recommendations of the New Zealand Macroinvertebrate Working Group. Wellington New Zealand. 1999.
16. Kalender, E.; Engin-Emlek, & Faruk-Yilmaz. Determination of water quality with microorganisms and macroinvertebrates as bioindicators (a preliminary study on abant creek-bolu) department of biology faculty of arts and sciences abant izzet baysal university bolu – turkey. 2001.
17. Armitage, P.; Moss, D.; Wright, J. y M. Furse. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Research, 17: 333-347. 1983.
18. Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez-Ortega. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). Limnetica, 4: 51-56. 1988.
19. Alba-Tercedor, J. y A. Pujante. Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: Assessing the Biological Quality of Freshwater: RIVPACS and similar techniques. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. Furse (eds.): 207-216. Freshwater Biological Association. 2000.
20. Aguilar, F.; Ferreira, M. y P. Pinto. Relative influence of environmental variables on macroinvertebrate assemblages from an Iberian basin. J. N. Am. Benthol. Soc., 21: 43-53. 2002.
21. Hildrew, A. Food webs and species interactions. In: The River Handbook. P. Calow & G.E. Petts (eds.): 309-330. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1992.
22. Wright, J.F., An Introduction to RIVPACS. In Assessing the biological quality of fresh waters. RIVPACS and other techniques. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M.T. Furse (eds.): 1-24. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK. 2000.
23. Margalef, R., Contribución al conocimiento hidrobiológico del país vasco-navarro. En: Margalef, R., M.R. de San Miguel y J. Rodríguez-Roda (Eds.) Aportaciones al estudio de la fauna y flora vasco-navarras (Sierra de Aralar). CSIC, Zaragoza. 1946.

24. Margalef, R., Algunos organismos interesantes de las aguas dulces de los Pirineos. P. Ins. Bio. Apl. 28: 407-420. 1953.
25. González Del Tánago, M.; García De Jalón, D. & I. Martínez Elcoro. Estudio sobre la fauna de macroinvertebrados de los ríos Cigüela, Záncara y Córcoles; aplicación de índices biológicos para el estudio de la calidad de las aguas. Boletín de la estación central de Ecología, ICONA, 8(15): 45-50. 1979a.
26. González Del Tánago, M.; García De Jalón, D. & I. Martínez Elcoro. Aplicación de algunos índices biológicos a diversos ríos españoles para la estimación de la calidad de las aguas. Téc. Invest. y Tratam. del Medio Ambiente, 14(1): 28-38. 1979b.
27. Pires, A.; Cowx, I. & M. Coelho. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). Hydrobiologia, 435: 167-175. 2000.
28. Prat, N. & T. Munné. Water Use and quality and stream flow in a Mediterranean Stream. Water Research, 34(15): 3876-3881. 2000.
29. Vivas, S., Casas, J.; Pardo, I.; Robles, S.; Mellado, A.; Alba-Tercedor, J.; Bonada, N.; Álvarez, M.; Jáimez, P.; Suárez, M.; Toro, M. & N. Prat. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED. Limnetica, 21(3-4), 2002: 149-173. 2004.
30. Ríos, C. Estudio de contaminación ambiental por las descargas mineras de COM sur en la empresa Milluni. Univ. Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. Bolivia. 1985.
31. Zúñiga, M. Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. XXVII Congreso Nacional de ACODAL. Agosto. Colombia. 1984.
32. Figueroa, R.; Valdovinos, C.; Araya, E. & O. Parra. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 76: 275-285. 2003.
33. Leiva, M. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu. Comuna de Lautaro IX Región, Chile. Tesis para optar el Grado de Licenciado en Recursos Naturales. 111 pp. 2004.
34. Montalvo, C. & A. Nakamura. Informe de la comisión a la planta concentradora de Shalipayco. Ministerio de Energía y Minas. DAA. Lima. Perú. 1986.
35. Bouchard, Jr. W. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. University of Minnesota. U.S.A. 2004.
36. Domínguez E; M. Hubbard y M. Pescador. Los Ephemeroptera en Argentina. PROFADU CONICET. Vol (33). Fascículo (01). 1994.
37. Fernandez R, H y E. Dominguez. Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. 282 pp. 2001.
38. Medina, C. Estado ecológico del río Chicama. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006. Tesis para optar el grado de doctor en Medio Ambiente. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo. 2007.
39. Ríos, B; Acosta, R. & Prat, N. JNABS. En prensa. 2006.
40. Alba-Tercedor, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, España: 203-213. 1996.
41. Zúñiga de Cardoso M. Los insectos como bioindicadores de calidad de agua. Universidad del valle. Departamento de Procesos químicos y Biológicos. Colombia. 22 pp. 2001.
42. Roldán, G. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWP - COL. Colección ciencia y tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 168p. 2003.
43. Sánchez-Herrera, M. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. Universidad de Pamplona. Venezuela. Bistua Vol. 3 No. 2. ISSN 0120 - 4211. 2005.
44. Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R. & M. Rieradevall. C.E.R.A. Un protocolo para determinar el ESTADO ECOLÓGICO de los ríos Andinos. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Departament d'Ecologia. Universidad de Barcelona. España. Proyecto financiado por: Ministerio de Educación y Ciencia Programa Intercampus (AECI). 2006. Disponible en: <http://www.diba.es/mediambient/ecostrimed.asp>.
45. Figueroa, R. Calidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Chillan. VIII Región. Chile. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Dpto. de Ecología y Geología. Universidad de Malaga. 260 pp. 2004.
46. Molina, M. Manual de evaluación de la calidad del agua. Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Chile.

- 2006.
47. Mafía-Herrera, M. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 2005.
48. Correa, I. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua de los ríos de la cuenca alta del río Chama, utilizando macroinvertebrados bénticos. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 2000.
49. Domínguez E, E. y H. R. Fernández. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán-Argentina) medida por un índice biótico. Serie conservación de la Naturaleza n° 12. Fundación Miguel Lillo, Republica Argentina, 39 pp. 1998.
50. Bonada, N., Rieradevall, M. y N. Prat. Temporalidad y contaminación como claves para interpretar la biodiversidad de macroinvertebrados en un arroyo mediterráneo (Riera de San Cugat, Barcelona). *Limnetica*, 18: 81-90. 2000.
51. Tiller, D. & L. Metzeling. Rapid Bioassessment of Victorian Streams. Victoria: EPA publication 604, Environment Protection Authority. 1998.
52. Metzeling, L. & J. Miller. Evaluation of the sample size used for the rapid bioassessment of rivers using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 444: 159-170. 2001.
53. Elliot, J. M. y P. A. Tullett. A supplement to a bibliography of samplers for benthic invertebrates. *Occ. Publ. Freshwat. Biol. Ass.*, 20: 1-27. 1983.
54. Chessman, B. C. y D. P. Robinson. Some effects of the 1982-83 drought on water quality and macroinvertebrate fauna in the lower La Trobe River, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 38: 289-299. 1987.
55. Gauch, H. G. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press. 1982.
56. Marchant, R. Robustness of classification and ordination techniques applied to macroinvertebrate communities from the La Trobe River, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 41: 493-504. 1990.
57. Vannote R., Minshall G., Cummins K., Sedell J. & C. Cushing. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37:130-137. 1980.
58. Allan, J. D. y A. S. Frecker. Biodiversity Conservation in URNG Waters. *Bioscience* 43 (1): 32-42. 1993.
59. Norris, R. & C. Hawkins. Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435: 5-17. 2000.
60. Medina, C; Balmaceda, J; Ramírez, R; Peláez, F; Reyes, W & J. Puhe. Caracterización físico-química y microbiológica del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca, Perú. 2006. *Revista SCIENDO* 10 (2): 31-40. 2007.
61. Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. & D. García De Jalón. The larvae of the genus *Hydropsyche* (*Hydropsychidae*; *Trichoptera*) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 68: 189-210. 1995.
62. Furse, M. T., D. Moss, J. F. Wright & P. D. Armitage. octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.
63. D.O.C.E. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.
64. Chovarec, A., P. Jäger, M. Jungwirth, V. Koller-Kreimel, O. Moog, S. Muhar y ST. Schmutz. The Austrian way of assessing the ecological integrity of running waters: a contribution to the EU Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 422/423: 445-452. 2000.
65. Lenat, D.R. Water quality assessment using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *The North American Benthological Society* 7(3), 222-223. 1988.
66. Yoder, C. O. The development and use of biological criteria for Ohio surface water. *Water Quality Standards for 21st Century*, 136-146. 1989.
67. Prat, N., Munne, A., Rieradevall, M., Sola, C. & N. Bonada. ECOSTRIMED: Protocol per a determinar l'Estat Ecològic dels rius mediterranis. *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*, Diputació de Barcelona. Àrea Medi Ambient. 2000.

Correspondencia:

César Augusto Medina Tafur

Dirección:

Av. Carrión 380 Dpto. 402

Teléfono:

044-317117

E-mail:

cemeta@hotmail.com

Efecto de la concentración de jabón doméstico a diferentes temperaturas sobre el desarrollo de *Pseudomonas aeruginosa* MBLAM-02, aislada del río Moche (Perú).

Effect of the concentration of laundry soap at different temperatures on the growth of Pseudomonas aeruginosa MBLMA-02 isolated from the Moche river (Peru).

Guevara-González, Juan¹

RESUMEN

Se ha evaluado el efecto de dos concentraciones de jabón Bolívar a cinco temperaturas de incubación, en un medio mínimo de sales, sobre el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* aislada de aguas del río Moche de Trujillo. Se realizaron tres repeticiones y, aplicando un diseño factorial de 2x5, se combinaron las concentraciones de 400 y 800 mg/L de jabón Bolívar con las temperaturas de: 20, 25, 30, 35 y 40 °C. Las soluciones de jabón fueron puestas en volúmenes de 500 mL en 10 biorreactores aireados y agitados de 1L de capacidad. Cada biorreactor fue inoculado con 1 mL de suspensión de células de *P. aeruginosa* a 3.97×10^6 UFC/mL, incubándose hasta por ocho días y contándose el número de células viables cada dos días. Se ha encontrado un elevado incremento en el número de células en las dos concentraciones de jabón y en las cinco temperaturas a los dos días de incubación. La tasa de crecimiento desde el cuarto al octavo día se ha mantenido lenta y constante. Sólo se han determinado diferencias significativas entre la temperatura de 40°C con las de 20, 25, 30 y 35°C respectivamente a la concentración de 800 mg/L del jabón.

Palabras clave: Temperatura, concentración, jabón, desarrollo, *Pseudomonas*.

ABSTRACT

In minimal medium of salts, It has been evaluated the effect of two concentrations of Bolivar soap at five incubation temperatures on the growth of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from fresh water of Moche river of Trujillo. Three replicates were performed using a 2x5 factorial design with 400 and 800 mg/L of Bolívar soap and temperatures of 20, 25, 30, 35 and 40°C. The 500 ml-soap solutions were dispensed in each of 10 aerated and agitated 1L-bioreactors. Each bioreactor was inoculated with 1 ml of cell suspension of *P. aeruginosa* at 3.97×10^6 CFU/mL, incubated up to 8 days and counted the viable cell number every two days. On the second day of incubation, it was found a high increment of cell number in both soap concentrations and every assayed temperature. However, the growth rate from the fourth to the eight day was kept a low constant rate. It was only determined a significant difference between the temperature of 40°C and 20, 25, 30 and 35°C respectively, at 800 mg/L of soap concentration.

Key words: Temperature, concentration, soap, growth, *Pseudomonas*.

INTRODUCCIÓN

La contaminación antropogénica se incrementa aceleradamente en nuestro planeta; hidrocarburos, pesticidas, fertilizantes, aerosoles, plásticos, pinturas, solventes, jabones, detergentes, etc., causan considerable contaminación del suelo y del medio acuático, originando diversos problemas de salud como resultado de su persistencia, toxicidad o transformación en metabolitos difíciles de degradar¹. Al mismo tiempo, la utilización de microorganismos (especialmente bacterias) en

ambientes contaminados, crece cada día en virtud de su gran capacidad para degradar una diversidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, reduciéndolos hasta metabolitos que pueden ser fácilmente removidos del ambiente².

Las aguas residuales domésticas son descargadas en alcantarillados como disposición final y otras veces son puestas en tanques para su tratamiento y eliminación adecuada; esto propicia condiciones especiales para que ecosistemas microbianos encuentren condiciones favorables para su crecimiento; así,

¹Departamento Académico de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Perú.

Presentado el 10.11.2010, aceptado el 20.12.2010.

se encuentran bacterias del género *Pseudomonas*, que tienen alta adaptabilidad a utilizar una gran variedad de sustancias químicas como fuentes de carbono y energía³. Esta adaptación es un proceso catabólico que implica la producción de enzimas codificadas por genes adquiridos por procesos de transferencia horizontal, característica muy común en bacterias Gram negativas, y en donde interviene el DNA extracromosomal (plásmidos) o mecanismos genómicos como los transposones^{3,4,5}. Los jabones y detergentes domésticos constituyen una importante fuente de sustancias orgánicas e inorgánicas descargadas por sistemas de evacuación de aguas residuales urbanas e industriales, por lo que se produce una amplia dispersión de los mismos en el entorno acuático⁶.

La producción mundial de tensoactivos sobrepasa los 16 millones de toneladas, de las cuales el 56% son jabones⁷. Después de miles de años de amplio consumo del jabón, su aceptabilidad medio-ambiental está fuera de duda tanto para especies de la cadena trófica: microorganismos, algas, peces, etc., como para el hombre⁸. No se han reportado casos de toxicidad o bioacumulación debidos a la presencia de jabón en el medio ambiente. Las bacterias se encargan de metabolizar el compuesto químico y convertirlo en productos menos complejos por una serie de reacciones enzimáticas⁹. El género *Pseudomonas* adquiere mucha importancia por su gran aplicación en la degradación de sustancias químicas peligrosas^{10,11}. *P. aeruginosa* es la bacteria más importante por su habilidad de crecer hasta 42°C, utiliza una gran variedad de compuestos orgánicos como sustrato para su crecimiento y ha sido aislada de ambientes tan inhóspitos como: combustible Diesel, kerosene, soluciones de clorhexidina y el jabón. *P. aeruginosa* tiene especial importancia para el hombre tanto por causar problemas de salud, como por ser útil en procesos de biorremediación de aguas y suelos contaminados con diversos productos naturales y sintéticos que contaminan el medio ambiente¹².

P. aeruginosa puede ser aislada de una gran variedad de ambientes tanto acuáticos como terrestres, por lo que es considerada ubicua¹³. Esta bacteria tiene diversas aplicaciones biotecnológicas, sobre todo en el área ambiental. Produce biosurfactantes útiles para la limpieza de suelos contaminados con compuestos orgánicos^{14,15}. Las bacterias para utilizar los tensoactivos como fuente de carbono y de energía requieren de condiciones fisicoquímicas y nutricionales óptimas (Nitrógeno inorgánico, fósforo, azufre, vitaminas y otros¹⁶). El crecimiento bacteriano en presencia de tensoactivos se cuantifica por diversas

técnicas como: recuento en placa, espectrofotometría y otros¹⁷. El recuento en placa determina microorganismos viables presentes en una muestra utilizando un medio de cultivo y condiciones de incubación adecuadas¹⁸.

Considerando que en nuestro entorno no existen trabajos relacionados con la influencia de la temperatura y la concentración del jabón sobre su utilización y desarrollo por *P. aeruginosa*, ni sobre su participación en biorremediación de aguas residuales contaminadas con desechos de jabón; y siendo necesario conocer cómo afectan la variación de la temperatura y la concentración del jabón en la utilización del mismo y en el desarrollo de *P. aeruginosa*, con el propósito de obtener datos que apoyen el diseño posterior de un sistema de tratamiento de aguas contaminadas con jabón, el presente trabajo tuvo por finalidad determinar: el efecto de las concentraciones de 400 y 800 mg/L del jabón Bolívar en combinación con las temperaturas de 20, 25, 30, 35 y 40°C sobre el desarrollo de *P. aeruginosa* aislada del río Moche.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material:

Cultivo de *Pseudomonas aeruginosa* MBLAM-02, aislada de agua del río Moche, de la ciudad de Trujillo. Identificada y coleccionada en Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo. Además se utilizó una barra de jabón "Bolívar" blanco, comprada en el mercado Mayorista de Trujillo.

Procedimiento:

El cultivo caracterizado de *P. aeruginosa* fue purificado por resiembra en caldo glutamato, después fue resembrado en agar glutamato más jabón Bolívar al 1%; luego, varias colonias se resembraron en frasquitos con agar blando glutamato para su conservación. Todas las incubaciones se hicieron a 37 °C por 18 a 24 horas.

Construcción de biorreactores:

Se utilizó diez frascos anchos de vidrio de 1L de capacidad, con cuatro deflectores de 1.2 x 8 cm en cada frasco. Se confeccionaron diez tapas de jebe con tres orificios de 12 mm de diámetro. Se adaptaron diez motorcitos de seis voltios y 3,000 RPM, diez rayitos como eje para las hélices. Se acopló mangueritas para la distribución del aire a cada biorreactor. Los biorreactores fueron lavados con solución de hipoclorito de sodio al 10%, enjuagado con agua destilada estéril y luego esterilizado por exposición a luz "UV" de 240 a 280 nm por dos horas a 30 cm de distancia.

Los diez biorreactores se dispusieron en cinco pares, cada par para dos concentraciones

de jabón y una temperatura; además, un transformador, un motor aireador y una botella trampa con CuSO_4 al 3%; luego, cada par fue colocado en una canastilla para ser incubados en estufa.

Medio Mínimo de Sales (MMS) y solución de jabón

Se preparó 5L de un medio mínimo de sales (MMS), utilizando KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , CINH_4 y asparragina; se ajustó el pH a 7,0. Luego, a 2,5L se añadió 2.0g de jabón Bolívar obteniendo la concentración de 800 mg/L; y a los otros 2,5L se añadió 1.0 g de jabón obteniendo 400 mg/L, luego fueron esterilizados en autoclave.

Preparación del inóculo e inoculación

Se sembró el cultivo puro de *P. aeruginosa* en agar nutritivo inclinado y se incubó por dieciocho horas a 35°C. Luego, se hizo una suspensión en 10 mL de SSF y se estandarizó a la concentración del tubo N° 2 del Nefelómetro de Mac Farland (6×10^6 UFC/ mL). Se colocó en cada biorreactor 500 mL del MMS a las concentraciones correspondiente del jabón y se inoculó 1 mL de suspensión de *P. aeruginosa*; luego, se sembró 0.1 mL de la misma suspensión en superficie de agar nutritivo para su conteo inicial, el cual se obtuvo como promedio 3.97×10^6 UFC/mL. Luego, los cinco pares de frascos se incubaron a 20, 25, 30, 35 y 40°C según correspondía.

Monitoreo de muestras de los biorreactores

Cada dos días se extrajo de los biorreactores 0.5 mL y se realizó diluciones decimales hasta 10^6 , esta última dilución se sembró en placa por superficie. Se incubó por 24 a 48 horas a 35°C y luego se contaron las colonias desarrolladas.

RESULTADOS

Con relación al efecto de la concentración del jabón Bolívar a 400 mg/L y a las cinco temperaturas de experimentación se observó un aumento considerable de *P. aeruginosa* a los dos días de incubación y en las cinco temperaturas; sin embargo, el mayor desarrollo se muestra a los 35°C ($6,63 \times 10^8$), que equivale a un aumento de $6,59 \times 10^8$ células, y el menor desarrollo se produce a 20°C ($4,23 \times 10^8$), que equivale a un aumento de $4,19 \times 10^8$ células. El incremento bacteriano desde los cuatro hasta los ocho días y a las cinco temperaturas ha sido lento y constante. Tomando en consideración el tiempo total de incubación de 8 días y comparando el menor desarrollo producido a los 20°C ($4,55 \times 10^8$) y 40°C ($4,47 \times 10^8$) con el mayor desarrollo que fue a los 35°C ($6,78 \times 10^8$) no se encontraron diferencias significativas entre dichas temperaturas. (Tabla 1).

Con relación al efecto del jabón Bolívar a la concentración de 800 mg/L y a las cinco temperaturas de experimentación, se observó

que también hay un aumento considerable de *P. aeruginosa* a los dos días y en las cinco temperaturas. El mayor desarrollo se muestra a los 35°C ($6,87 \times 10^8$), con un aumento de $6,83 \times 10^8$ células; mientras que el menor desarrollo se produjo a los 40°C ($5,32 \times 10^8$) con un aumento celular de $5,28 \times 10^8$ bacterias. Del mismo modo, el crecimiento a partir de los cuatro hasta los ocho días muestra un incremento lento en el número de células, aunque siempre el mayor desarrollo se produjo a los 35°C ($7,87 \times 10^8$) y el menor desarrollo fue a los 40°C ($2,28 \times 10^8$) encontrándose diferencias significativas entre las temperaturas de 20, 25, 30 y 35°C con la de 40°C. (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Los resultados indican que *P. aeruginosa* desarrolla eficazmente en las soluciones del jabón "Bolívar" a las dos concentraciones (400 y 800 mg/L) y a las cinco temperaturas (20, 25, 30, 35 y 40°C); esto es debido a su capacidad enzimática inducida por lo cual degrada parcialmente la estructura del jabón y lo utiliza como única fuente de energía y de carbono, que pasaría a formar parte de la estructura bacteriana; esto se ve reflejado en el acelerado incremento en el número de células obtenido a los dos días de inoculación, período en que se produjo mayormente la fase logarítmica; luego, el desarrollo se torna lento y constante hasta los ocho días de la evaluación, manteniéndose en fase estacionaria por la acumulación de metabolitos no favorables para el desarrollo óptimo de los microorganismos¹. Por otro lado, *P. aeruginosa* tiene la habilidad de crecer en un rango amplio de temperatura, más aun, si es nativa de ambientes acuáticos¹²; esto ha sido corroborado en el presente trabajo, pues *P. aeruginosa*, que ha sido aislada del río Moche ha desarrollado abundantemente desde los 20 hasta los 40°C. Se han reportado algunos trabajos de *Pseudomonas* sp. como biodegradador potencial de diversos compuestos xenobióticos, entre los cuales están los detergentes y jabones^{19,20}.

Las bacterias sometidas a limitación de nutrientes, como lo es en presencia de tensioactivos, pueden experimentar fenómenos de tolerancia hacia el compuesto, esto les permite sobrevivir por algún tiempo empleando sólo su metabolismo basal y las reservas carbonadas de su propia estructura; pero luego de este período que se presenta en las primeras horas (fase lag), comienza la producción abundante de enzimas para la degradación de los tensioactivos^{16,18}. Este fenómeno de tolerancia explica el poco aumento en el desarrollo bacteriano antes de las 24 horas de incubación en los primeros ensayos realizados. Al mismo tiempo, las bacterias necesitan una

fuelle de energía adicional para metabolizar sustratos complejos, por ello el crecimiento microbiano en sustratos sencillos es más rápido y mayor que en los complejos. Como el jabón "Bolívar" forma parte de los sustratos complejos, se observa un crecimiento notable de *P. aeruginosa*, al término de las 48 horas, lo que supone una degradación inicial parcial que le brindaría suficiente fuente de carbono para el incremento acelerado en este período^{21,22}.

El aumento considerable registrado a los dos días podría deberse a que después que cesa el fenómeno de tolerancia, que es a menos de 24 horas, empieza una formación abundante de enzimas que lo lleva a una degradación alta del jabón y que luego se hace constante a partir de los cuatro días, debido a que también se producen por el metabolismo degradativo, sustancias tóxicas que neutralizan la producción de enzimas, además de los sistemas de autorregulación enzimática de los

cultivos, después que han alcanzado su fase logarítmica y sólo se mantiene una fase estacionaria hasta el agotamiento del sustrato¹⁸. Según los resultados obtenidos, hasta los ocho días de incubación y a la concentración de 400 mg/L del jabón el menor crecimiento que se observa a los 20 y a los 40°C es debido a que la baja temperatura disminuye el metabolismo bacteriano y, por el contrario, las altas temperaturas aceleran los procesos de autólisis^{23,24}; sin embargo, aplicando la prueba de análisis de varianza no alcanzan diferencias significativas. En cambio, el crecimiento de *P. aeruginosa* hasta los ocho días y a la concentración de 800 mg/L sí muestra diferencias significativas entre las temperaturas de 20, 25, 30 y 35°C con la de 40°C; esto se debería a que la mayor concentración de jabón proporciona mayor opción a utilizar el sustrato como fuente de carbono por las células.

Tabla 1. Desarrollo de *P. aeruginosa* en solución de jabón Bolívar a 400 mg/L y a cinco temperaturas durante 8 días de incubación en biorreactores aireados y agitados.

| Días | Temperaturas de incubación | | | | |
|------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C |
| 0 | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ |
| 2 | 4,23x10 ⁸ | 5,71x10 ⁸ | 5,20x10 ⁸ | 6,63x10 ⁸ | 4,53x10 ⁸ |
| 4 | 4,02x10 ⁸ | 5,80x10 ⁸ | 5,26x10 ⁸ | 7,03x10 ⁸ | 2,78x10 ⁸ |
| 6 | 3,05x10 ⁸ | 4,03x10 ⁸ | 4,85x10 ⁸ | 5,69x10 ⁸ | 5,32x10 ⁸ |
| 8 | 4,55x10 ⁸ | 5,98x10 ⁸ | 6,26x10 ⁸ | 6,78x10 ⁸ | 4,47x10 ⁸ |

(Promedio de tres repeticiones)

Con P< 0.05, no se encuentran diferencias significativas entre las temperaturas.

Tabla 2. Desarrollo de *P. aeruginosa* en solución de jabón Bolívar a 800 mg/L y a cinco temperaturas durante 8 días de incubación en biorreactores aireados y agitados.

| Días | Temperaturas de incubación | | | | |
|------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C |
| 0 | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ | 3,97x10 ⁶ |
| 2 | 6,04x10 ⁸ | 6,39x10 ⁸ | 6,07x10 ⁸ | 6,87x10 ⁸ | 5,32x10 ⁸ |
| 4 | 6,07x10 ⁸ | 6,76x10 ⁸ | 6,84x10 ⁸ | 6,62x10 ⁸ | 2,47x10 ⁸ |
| 6 | 3,87x10 ⁸ | 4,48x10 ⁸ | 5,31x10 ⁸ | 6,51x10 ⁸ | 2,22x10 ⁸ |
| 8 | 6,15x10 ⁸ | 6,69x10 ⁸ | 6,14x10 ⁸ | 7,87x10 ⁸ | 2,28x10 ⁸ * |

Nota: Promedio de tres repeticiones.

* Con P<0.05, Se encuentran diferencia significativas entre las temperaturas de 20, 25, 30, y 35°C con la de 40°C

CONCLUSIONES

P. aeruginosa MBLMA-02, aislada de las aguas del río Moche:

- Incrementa significativamente su desarrollo a los dos días a las concentraciones de 400 y 800 mg/L del jabón Bolívar y a las temperaturas de 20 a 40°C.

- Presenta un crecimiento significativamente mayor a 800 mg/L y a 20, 25, 30 y 35°C que a 400 mg/L y a 40°C.

- Es posible utilizarla eficazmente en los procesos de biorremediación de aguas contaminadas con jabón doméstico a las temperaturas de 20 a 35°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAUDRY G, CHAPALAMADUGU S. Microbiological Reviews. 1991.
2. MONTICELLO D, The molecular biology of dibenzothiophene desulfurization. The Seven International IGT Symposium of Gas, Oil and Environmental Microbiology. 1994. pp. 1-15.
3. RITTMANN B, MAC CARTY P. Biotecnología del Medio Ambiente, principios y aplicaciones. España: Mc Graw-Hill. 2001.
4. BOYE M, MOLIN S. Application of a strain Specific rRNA oligonucleotide probe targeting *Pseudomona fluorescens* Ag1 in a mesocosm study of bacterial release into the environment. App Environ Microbiol 1995; 61(4): 1384 - 1390.
5. MADIGAN M, MARTINKO J, PARKER J, Brock. Biología de los Microorganismos. 10^{ma} ed. España: Edit. Prentice Hall. 2004.
6. BIRCH R, GLEDHILL W, LARSON R, NIELSEN M. El papel de la biodegradabilidad anaeróbica en la aceptabilidad ambiental de los detergentes materiales. 3^a ed. CESIO International Surfactants Congress & Exhibition - A Worl and Mercado, Proceedings Sección E. 1992. 26-33.
7. CEE. Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de mayo de 1991. Tratamiento de las aguas residuales urbanas. 1991. D.O.L135 de 30.5.91.
8. FERNANDEZ F, GARCIA P. Depuración anaerobia de aguas residuales. Bases y parámetros de operación. RETEMA. 1993; 36:75-83.
9. HEINZE J, BRITTON L. Anaerobic biodegradation: environmental relevance. American Oil Chemist Society (AOCS). 3rd Worl Conference and Exhibition on Detergent. Montreux, Switzerland, 1993. September 26-30.
10. MERCK "Manual de Microbiología". E. Merck, Darmstastadt. Alemania. 2000.
11. KONEMAN E. Diagnóstico Microbiológico. 5^a ed. Buenos Aires, Argentina: Edit. Panamericana. 1999.
12. HARDALO C, EDBERG S C. *Pseudomonas aeruginosa*: Assessment of risk from drinking water. Crit Rev Microbiol 1997; 23: 47-75
13. COSTERTON J. *Pseudomonas aeruginosa* in nature and disease: In C. D. Sabath (ed.), *Pseudomonas aeruginosa*: the organism, diseases it causes and their treatment. Hans Huber Publishers, Bern, Switzerland. 1980. p 15-24.
14. SCHAEFFER TL, CANTWELL SG, BROWN JL, WATT DS, FALL RR. Microbial growth on hydrocarbons: terminal branching inhibits biodegradation. 1979. Appl. Environ. Microbiol. 38: 742-746.
15. SOBERÓN-CHÁVEZ G, LÉPINE F, DÉZIEL E. Production of rhamnolipids by *Pseudomonas aeruginosa*. Appt Microbiol Biotechnol 2005; 68: 718-725.
16. ATLAS R, BARTHA R. Ecología y Microbiología Ambiental. Madrid-España: Edit. Pearson Addison Wesley. 2002.
17. PORTER MR, Handbook of surfactants. 2nd ed. Blackie Academic & Professional. Glasgow. 1994.
18. STANIER R, ADELBERGE E, INGRAHAM J. Microbiología. Versión Española actualizada de "The Microbial World". 4^a ed. Barcelona-España: Edit. Revertè, S.A., 1986.
19. BRACHO M, DÍAZ L, SOTO L. Crecimiento de *Pseudomonas stutzeri* en presencia de dibenzotiofeno y en función de nitrógeno y fósforo. Ciencia 2004; 12(3): 125-131.
20. CANTINI L, DÍAZ L, DÁVILA S, SOTO L. Crecimiento a diferentes concentraciones de fósforo y nitrógeno de un cultivo puro de bacterias degradadoras de fenantreno. Ciencia 2004; 9 (2): 207-216.
21. Van OVERBEEK L, EBERL S, GIVSKOV L, MOLIN M, van ELSAS JD. Survival of, and induced Stress resistance in, Carbon-Starved *Pseudomonas fluorescens* cells residing in soil. Appl Environ Microbiol 1995; 61(12): 4202 - 4208.
22. VEGA JC. Manejo de residuos de la industria química y afin. 2^o ed. Alfaomega. 1999.
23. VARO GALVAN J. Contribución al estudio sobre el comportamiento ambiental y degradación de jabones. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 1996. España.
24. RHEINHEIMER G. Aquatic Microbiology, 4th ed. Wiley, Chichester. 1991.

Correspondencia:

Juan José Guevara Gonzáles

Dirección:

Mz. B Lote 12 Urb. COVIDUNT

Teléfono:

(044) 290134

E-mail:

jjdguevara@yahoo.es

Estudio farmacognóstico de la semilla de *Phalaris canariensis* L. "alpiste" y su cuantificación de esteroides

Pharmacognostic study of Phalaris canariensis L. "birdseed" seed and its quantification of sterols

Villarreal-La Torre Víctor E.¹; Reyes-Caicedo Jeissy M. ¹; Ruiz-Reyes Segundo G¹;
Venegas-Casanova Edmundo A¹.

RESUMEN

Se realizó el estudio farmacognóstico de la semilla de *Phalaris canariensis* L., procedente del distrito de Simbal, determinándose las características macromorfológicas, parámetros físico-químicos del control de calidad de la droga según la Norma Ramal para drogas crudas del MINSAP, tales como: porcentaje de humedad residual, cenizas totales, cenizas insolubles en ácido, cenizas solubles en agua, materia extraña; cuyos valores promedios obtenidos, se encontraron dentro del rango permisible. Además, se realizó la huella dactilar del extracto hidroalcohólico al 70%^{v/v}; y el tamizaje fitoquímico – según la prueba de la gota, evidenciándose la presencia de esteroides. Se identificó y cuantificó los esteroides mediante espectrofotometría UV/Visible a 236nm; donde, según las reglas de Woodward-Fieser, el esqueleto base de los esteroides es la 3 – hidroxiandrosta – 5,7 – dieno, y se encuentran en una cantidad de 3,2471 ± 0,0119%.

Palabras Clave: *Phalaris canariensis* L., estudio farmacognóstico, esteroides, cuantificación, espectrofotometría UV/Visible.

ABSTRACT

It was realized the pharmacognostic study of the seed of *Phalaris canariensis* L., from Simbal district, where was determined macromorphologic characteristics, and parameters physical-chemist of the control of quality of the drug according to the Norma Ramal for raw drugs, of the MINSAP, fell like: percentage of moisture, total ashes, foreign matter; where values obtained averages, were inside the permissible range. Moreover, it was performed the fingerprint of the hydroalcoholic extract 70%^{v/v}; and the phytochemical screening - as the "Prueba de la Gota" of evidenced the presence of sterols. It also identified and quantified the sterols by UV/Visible spectrophotometry to 236nm, where, according to Woodward-Fieser rules, the skeleton of the sterols is 3 – hydroxiandrosta – 5, 7 – diene, and they are in an amount of 3, 2471 ± 0, 0119%.

Key words: *Phalaris canariensis* L., pharmacognostic study, sterols, quantification, UV/Visible spectrophotometry.

¹ Departamento Académico de Farmacognosia de la UNT-Perú.

INTRODUCCIÓN

Las plantas han sido desde la antigüedad un recurso al alcance del ser humano para su alimentación y curaciones de sus enfermedades, estas últimas llamadas plantas medicinales, eran veneradas por las virtudes que se les había reconocido, transmitiéndose estos conocimientos de generación en generación; nadie buscaba el saber porque o como actuaban, pero era un hecho incontestable que parecía mágico¹.

El empleo de las plantas medicinales con fines curativos es una práctica que se ha utilizado desde tiempo inmemorial. Durante mucho tiempo los remedios naturales, y sobre todo las plantas medicinales, fueron el principal e incluso el único recurso que disponían los médicos. Esto hizo que se profundizara en el conocimiento de las especies vegetales que poseen propiedades medicinales y ampliar su experiencia en el empleo de los productos que de ellas se extraen^{2,3}.

Aún en la actualidad cientos de plantas son utilizadas en la medicina, pero la ciencia moderna, analizando y estudiando los efectos terapéuticos de las plantas, quiere precisar, comparar y clasificar las diversas propiedades, con el fin de aumentar la confianza en la naturaleza^{1,3}.

Nuestro país, es mundialmente reconocido por la variedad de especies vegetales que posee y que son utilizadas desde tiempos inmemoriales con fines terapéuticos, alimenticios, ornamentales, entre otros. Las variadas condiciones climáticas y geográficas que nuestro país ofrece han permitido que se desarrolle una gran diversidad de flora y fauna, lo que constituye una gran riqueza para el Perú¹.

Una de las plantas de uso convencional por sus propiedades medicinales es *Phalaris canariensis* L. (alpiste), que crece en los departamentos de La Libertad, Lima y Arequipa a unos 50 m.s.n.m.⁴.

La semilla del alpiste de España, contiene los siguientes principios activos: almidón, lípidos, resinas, ácidos salicílicos y oxálicos, y sustancias nitrogenadas⁵.

Es de uso popular el decocto de la semilla de *Phalaris canariensis* L. como hipolipemiante, utilizando una a dos cucharadas soperas por vaso, haciéndolo hervir durante 5 minutos y dejándolo en reposo por 6 a 8 horas, consumiéndose desde 1 a 3 tazas al día. También se le atribuye efectos como: demulcente y diurético.

El alpiste, es utilizado cuando se requiere un aumento de la diuresis, en afecciones genitourinarias (cistitis), hiperazotemia, hiperuricemia, gota, hipertensión arterial, edemas, sobrepeso acompañado de retención de líquidos y para el tratamiento de eczemas como uso externo. Además de ello, es una planta utilizada para el tratamiento en

hipercolesterolemia y prevención de la aterosclerosis, lo cual puede deberse a una posible presencia de esteroides, debido a su similitud estructural al colesterol, los esteroides de origen vegetal reducen la absorción de colesterol y por lo tanto los niveles circulantes del mismo. Se conoce que el consumo de alimentos que contienen esteroides de plantas reduce el colesterol en las lipoproteínas de baja densidad (LDL), con el grado ajustado de reducción en un rango de 5 a 15%. Además, muchos expertos; "National Cholesterol Education Panel" (USA), "American Heart Association", y la "International Atherosclerosis Society"; han sugerido el consumo de aproximadamente 2g/día de esteroides de plantas como una forma para controlar los niveles de circulación del colesterol LDL^{5,6}.

El *Phalaris canariensis* L. (alpiste) es originario del Mediterráneo, pero se cultiva comercialmente en varias partes del mundo usando la semilla como alimento de aves domésticas.

Pertenece al Reino Plantae, División Magnoliophytas, Clase Liliopsita, Orden Poales, Familia Poáceas, Género *Phalaris* y Especie *Phalaris canariensis*⁴.

Si en España, se le atribuye a ésta planta propiedades hipolipemiantes, nos preguntamos si el alpiste que crece en el Perú también las posee. Para ello, debemos conocer primero que metabolitos secundarios contiene, estos dan la mayoría de las acciones farmacológicas a las plantas; además, debemos saber si esta planta es apta para el consumo humano. Es por ello, que nos planteamos las siguientes interrogantes:

- ¿Qué características farmacognósticas presenta la semilla de *Phalaris canariensis* L. que se cultiva en el distrito de Simbal de la provincia de Trujillo, del departamento de La Libertad?
- ¿Cuál es la concentración de esteroides presentes en la semilla de *Phalaris canariensis* L. que se cultiva en el distrito de Simbal de la provincia de Trujillo, del departamento de La Libertad?

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico:

250g de semilla de *P. canariensis* L., recolectadas del borde del río de Simbal (distrito de Simbal – provincia de Trujillo – departamento de La Libertad).

Diseño de experiencia:

Métodos y técnicas:

1. Estudio farmacognóstico:

A. Selección de especie vegetal:

Se recolectó la especie procedente del distrito de Simbal, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad; lugar situado a los 7°58'0"S, 78°49'0"O y a 669 m.s.n.m..

B. Identificación botánica

La semilla de *P. canariensis* L. "alpiste" se llevó al Herbario Truxillensis de la Universidad Nacional de Trujillo para su identificación taxonómica.

C. Caracterización macromorfológica: ^{7,8,9}

Se determinaron los siguientes caracteres macro – morfológicos: aspecto, superficie, olor, color, tamaño, peso y materia extraña ⁷.

Tamaño: Se determinó el diámetro de 100 semillas de alpiste, utilizando un calibrador Vernier. Posteriormente se halló el tamaño promedio y su desviación estándar.

Peso: Se determinó utilizando diez muestras de 100 semillas de alpiste cada uno. Posteriormente se halló el peso promedio de una semilla y su desviación estándar.

Materias Extrañas: 100g de muestra fue esparcido sobre un papel y se separó la materia extraña manualmente. Pesándose el material separado en una balanza triple brazo y se determinó su porcentaje en base al peso de la muestra ensayo, con ayuda de una lupa. Los límites para las materias extrañas, para la semilla de alpiste es de 1% ^{8,9}.

D. Determinación de humedad:

Este análisis se realizó por triplicado. Una cápsula fue colocada durante 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto. Empleando pinzas, se trasladó la cápsula al desecador y se dejó enfriar durante 30min. Pesándose la cápsula en una balanza analítica con una aproximación de 0,1mg ^{10,11,12}. 2g de muestra previamente homogeneizada fue colocada, con cápsula, en la estufa a 105°C durante 5 horas. Posteriormente, cápsula con la muestra de la estufa, se dejó enfriar en un desecador durante 30 minutos. El procedimiento de secado es repetido por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5mg ^{11,12}.

E. Determinación de cenizas totales:

Se determinó la masa de no menos de 2,0g ni más de 3,0g de la porción de ensayo pulverizada y tamizada con una desviación permisible de 0,5mg en un crisol de porcelana previamente tarada. Calentándose suavemente la porción de ensayo aumentando la temperatura hasta carbonizar y posteriormente se incineró en un horno mufla a temperatura de 700 a 750°C durante 2h. El crisol fue enfriado en una desecadora a temperatura ambiente y posteriormente pesado, repitiéndose el proceso hasta que dos pesadas sucesivas no difieran en más de 0,5mg por gramo (masa constante) ^{11,14,15}. Para obtener la masa constante los intervalos entre calentamiento y pesada son de 30 minutos. Al enfriar el crisol, el residuo debe ser de color blanco o

casi blanco ¹⁵.

F. Determinación de cenizas solubles en agua:

Aproximadamente 0,5g de cenizas, fueron colocados en un Erlenmeyer, junto con 25mL de agua destilada, y calentado hasta alcanzar el punto de ebullición. Se filtró a través de un papel "libre de cenizas". Lavando el residuo con agua caliente hasta obtener aproximadamente un volumen de filtrado de 60mL. Posteriormente, fue colocado el papel de filtro y su contenido en un crisol previamente tarado e incinerado cuidadosamente. Finalmente, fue dejado en un desecador por 30 minutos y pesado en una balanza analítica ^{11,15}.

G. Determinación de cenizas insolubles en ácido:

Se hirvió una muestra de cenizas de 0,5g aproximadamente, con 25mL de solución de HCl al 10% durante 5 minutos. Luego, filtrado a través de papel de filtro sin cenizas. Lavando cuidadosamente con agua caliente y colocando el papel de filtro con las cenizas insolubles en ácido en el crisol. Fue calcinado, enfriado y pesado según el método ya explicado en la determinación de cenizas solubles en agua. Este procedimiento se repitió hasta obtener peso constante ^{11,15}.

H. Huella dactilar de la sustancia extraída:

Se maceró, por una semana, 10g de muestra triturada en 100mL de solución hidroalcohólica al 70%^{v/v}, y midió, 20mL del extracto en una probeta de 500mL de aproximadamente 5cm de diámetro y 45cm de altura ^{11,16}.

Se colocó una tira de papel de filtro (Whatman #1) de 4cm de anchura por 15cm de longitud verticalmente de manera que su borde superior esté fijado a una varilla metálica que permita la suspensión de la tira de papel y su extremo inferior esté sumergido dentro de la muestra de ensayo pero sin tocar el fondo ni las paredes del recipiente. Se cerró la cámara y dejó transcurrir 2h; finalizada ésta, se retiró el papel filtro y dejó secar. Una vez seco, se procedió a su inspección visual y caracterización ^{11,16}.

Examen e interpretación de la imagen: se consideró lo establecido en la Normal Ramal para extractos fluidos y tinturas ¹¹.

2. Tamizaje fitoquímico: Se empleó el método de la "Prueba de la Gota", preparándose 4 extractos de la siguiente manera: se pesó 1g del material de estudio, y agregó 10mL del solvente (para los extractos diclorometánico, etanólico, acuoso ácido y acuoso). Manteniéndose a reflujo controlado por 10 minutos en Baño María. Luego se dejó enfriar y posteriormente filtró. Finalmente se realizó

los ensayos correspondientes para cada extracto¹⁷.

A. Extracto Diclorometánico: Nos permite identificar metabolitos de muy baja polaridad como: Esteroles, Quinonas realizando los siguientes ensayos:¹⁷

- **Reacción de Liebermann-Burchard:**
- Semidió X gotas del extracto, y agregó X gotas de anhídrido acético, XX gotas de ácido acético y I gota de ácido sulfúrico concentrado. La reacción es positiva si aparece coloración verde, violeta, roja o azul³.
- **Reacción de Bortranger:** Se midió X gotas del extracto, llevándose a sequedad y agregando XX gotas de tolueno y XX gotas de NaOH 10%. La reacción es positiva si se observa una coloración roja en la fase acuosa³.

B. Extracto Etanólico: Nos permite identificar metabolitos de polaridad variada como: Esteroides, Alcaloides, Flavonoides y Taninos; realizando los siguientes ensayos:¹⁷

- **Reacción de Liebermann-Burchard:** Se midió X gotas del extracto, llevándose a sequedad y agregando X gotas de anhídrido acético, XX gotas de ácido acético y I gota de ácido sulfúrico concentrado. La reacción es positiva si aparece coloración verde, violeta, roja o azul³.
- **Reacción de Cianidina:** A la muestra problema se agregó limadura de magnesio seguido por gotas de ácido clorhídrico concentrado, las coloraciones roja nos indica preliminarmente la presencia de flavonas, la coloración roja a crimson, la presencia de flavonoles, y crimson a magenta, flavanonas; algunas veces azul o verde, también son consideradas positivas³.
- **Reacción de FeCl₃:** Se midió X gotas del extracto y se añadió II gotas de Cloruro Férrico 1%, la aparición de un color azul-negro, nos indica la presencia de tanino derivados del ácido gálico y la aparición de un color verde indica la presencia de taninos derivados del catecol¹⁸.
- **Reacción de Gelatina:** Se midió XX gotas de extracto, secándose y solubilizándose en agua, luego se añadió II gota de solución de gelatina 1% en solución salina. El precipitado blanco, nos indica la presencia de Taninos¹⁸.
- **Reactivo de Dragendorff:** Se midió XX gotas del extracto, secándose y solubilizándose en una solución diluida de HCl; posteriormente se añadió II gotas del reactivo de Dragendorff. La presencia de alcaloides forma precipitados característicos de color rojo o anaranjado

^{3,19}

- **Reactivo de Mayer:** Se midió XX gotas del extracto, secándose y solubilizándose en una solución diluida de HCl; posteriormente se añadió II gotas del reactivo de Mayer. La presencia de alcaloides forma precipitados de color blanco, blanco amarillento o amarillo limón claro^{3,19}.

C. Extracto acuoso ácido: Nos permite identificar alcaloides en su forma de sal, por lo cual se empleó los siguientes reactivos:¹⁸

Reactivo de Dragendorff: Se midió XX gotas del extracto y añadió II gotas del reactivo de Dragendorff. La presencia de alcaloides forma precipitados característicos de color rojo o anaranjado^{3,19}.

- **Reactivo de Mayer:** Se midió XX gotas del extracto y añadió II gotas del reactivo de Mayer. La presencia de alcaloides forma precipitados característicos de color blanco, blanco amarillento o amarillo limón claro^{3,19}.

- **Reactivo de Wagner:** Se midió XX gotas del extracto y añadió II gotas del reactivo de Wagner. La presencia de alcaloides forma precipitados floculentos que varían del color café claro al rojo o pardo oscuro^{3,19}.

D. Extracto acuoso: Nos permite identificar metabolitos de alta polaridad, como: Flavonoides, Leucoantocianidinas, Saponinas, Taninos¹⁸.

- **Reacción de Cianidina:** Se midió y secó gotas del extracto y solubilizó en etanol 96°GL, se agregó limadura de magnesio seguido por gotas de ácido clorhídrico concentrado, las coloraciones roja nos indica preliminarmente la presencia de flavonas, la coloración roja a crimson, la presencia de flavonoles, y crimson a magenta, flavanonas; algunas veces azul o verde, también son consideradas positivas³.
- **Reacción de Rosenheim:** Se midió XX gotas de la muestra se le agregó X gotas del reactivo (HCl 2N en 1-propanol), se mezcla y calienta por 10 minutos a 100°C. La reacción es positiva si se observa color rojo intenso o rosado débil para leucoantocianidinas y marrón para catequinas³.
- **Espuma:** Se midió XX gotas del extracto, se agitó por 5 minutos y dejó en reposo por 1 minuto. La formación de espuma nos indica la presencia de saponinas. Esta prueba se contrasta con la reacción de Rosell⁹.
- **Reacción de Gelatina:** Se midió X gotas de extracto y añadió II gota de solución de gelatina 1% en solución salina. El

precipitado blanco, nos indica la presencia de taninos¹⁸.

3. Cuantificación de esteroides:

La cuantificación de los esteroides se realizó por espectrofotometría UV/Visible²⁰.

A. Extracción: 10g de muestra de semilla de alpiste molido, se dejó macerar a temperatura ambiente por 24 horas, en 100mL de mezcla Cloroformo: Metanol 2:1. Se filtró, y al filtrado, se agregó un volumen adecuado de agua para realizar una partición. La fase clorofórmica contiene compuestos liposolubles como Esteroides, Triglicéridos, ácidos grasos, entre otros. Posteriormente a 20mL de esta fase, se llevó a sequedad en Baño María, y seguidamente solubilizado en 20mL de alcohol metílico y filtrado²⁰.

B. Identificación de Esteroides: Se realizó por espectrofotometría UV (200–360nm),

hallando la longitud de onda de máxima absorbancia ($\lambda_{\text{máx}}$) utilizando como solvente metanol. Así, mediante la regla de Woodward-Fieser y la $\lambda_{\text{máx}}$ obtenida, se pudo inferir el tipo de esqueleto base que contienen los esteroides presentes²⁰.

C. Curva de Calibración: Fue empleada solución stock de Colesterina en metanol a concentración de 1mg/mL. A partir de ella, se midió alícuotas de 1, 2, 4 y 5mL y aforó a 10mL con metanol, obteniendo concentraciones de 0,1; 0,2; 0,4 y 0,5mg/mL respectivamente. Estas, fueron llevadas al espectrofotómetro y leídas su absorbancia a 236nm²⁰. Posteriormente se graficó la absorbancia vs la concentración, obteniendo finalmente la ecuación de la recta mediante regresión lineal²⁰.

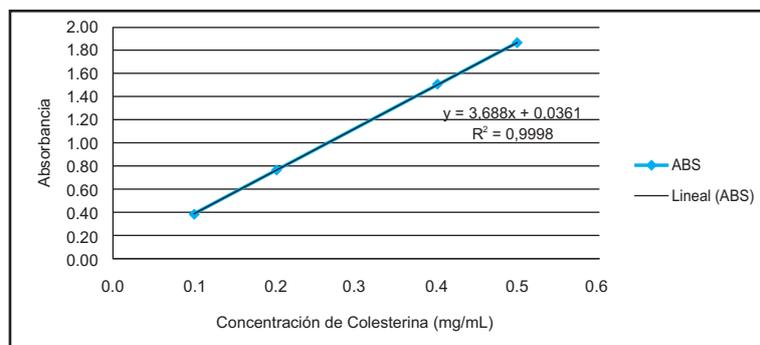


Fig. 1: Curva de Calibración de Colesterina a 236nm

D. Cuantificación de Esteroides: Se realizó por espectrofotometría UV/Visible, leyendo la absorbancia a 236nm.

Se empleó el programa Microsoft Excel® 2007 para realizar el respectivo análisis estadístico: media aritmética y desviación estándar.

4. Análisis Estadístico:

RESULTADOS

Tabla 1. Identificación taxonómica del *P. canariensis* L.

| Clasificación Científica | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Oryzoideae |
| Clase | Monocotyledoneae |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Género | Phalaris |
| Especie | <i>Phalaris canariensis</i> L. |

Tabla 2. Estudio macromorfológico de la semilla de *P. canariensis* L.

| Caracteres Macromorfológicos | Descripción |
|------------------------------|---|
| Aspecto | Granos ovalados de terminaciones puntiagudas, envueltos en una pequeña cáscara. |
| Superficie | Lustrosa. |
| Olor | Olor a Cereales. |
| Color | Marrón brillante. |
| Tamaño | 3,3831mm (± 0,2323) |
| Peso | 0,0077g (± 0,0001) |
| Impurezas visibles | 1% de materia extraña presente |

Tabla 3. Resultados de la caracterización de la semilla de *P. canariensis* L.

| Nombre del Ensayo | Porcentaje | Promedio (%) | Desviación Estándar |
|-------------------------------------|------------|--------------|---------------------|
| Porcentaje de Humedad (droga cruda) | | 10,0383 | ± 0,3450 |
| Cenizas totales | | 7,0600 | ± 0,0085 |
| Cenizas solubles en agua | | 5,6367 | ± 0,3338 |
| Cenizas insolubles en ácido | | 0,6900 | ± 0,5406 |

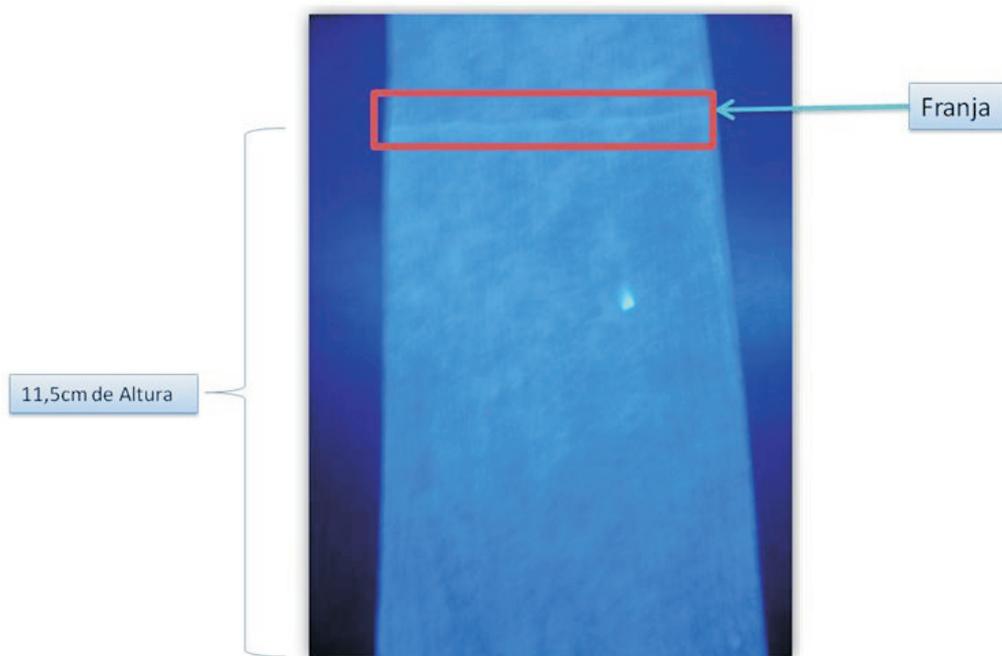


Fig. 2. Huella dactilar de la sustancia extraída

Leyenda:

Franja: límite superior de ascensión del líquido.

Tabla 4. Tamizaje fitoquímico de semilla de *Phalaris canariensis* L.

| Ensayo Realizado | Extracto Diclorometánico | Extracto Alcohólico | Extracto Acuoso Ácido | Extracto Acuoso |
|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| Liebermann-Burchard | + | + | -- | -- |
| Bortranger | -- | -- | -- | -- |
| Cianidina | -- | -- | -- | -- |
| FeCl ₃ | -- | -- | -- | -- |
| Gelatina | -- | -- | -- | -- |
| Dragendorff | -- | -- | -- | -- |
| Mayer | -- | -- | -- | -- |
| Wagner | -- | -- | -- | -- |
| Rosenhein | -- | -- | -- | -- |
| Espuma | -- | -- | -- | -- |

Leyenda: + = Positivo -- = Negativo

Tabla 5. Identificación de esteroides de semilla de *P. canariensis* L.

| Ensayo de identificación | Identificación | Núcleo Base |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Reacción de Liebermann - Burchard | Coloración Roja | 3 – hidroxiandrosta – 5,7 – dieno |
| Woodward-Fieser | □ _{máx} : 236nm | |

Tabla 6. Pesos de las muestras de *P. canariensis* L. y sus absorbancias

| Nombre | Peso (g) | Absorbancias obtenidas | Absorbancia Promedio |
|-----------|----------|------------------------|----------------------|
| Muestra 1 | 10,0057 | 0,519 | 0,518 |
| | | 0,518 | |
| | | 0,517 | |
| Muestra 2 | 10,0046 | 0,516 | 0,516 |
| | | 0,516 | |
| | | 0,517 | |
| Muestra 3 | 10,0045 | 0,514 | 0,515 |
| | | 0,514 | |
| | | 0,516 | |
| Muestra 4 | 10,0038 | 0,513 | 0,513 |
| | | 0,513 | |
| | | 0,512 | |
| Muestra 5 | 10,0042 | 0,514 | 0,514 |
| | | 0,514 | |
| | | 0,514 | |
| Muestra 6 | 10,0047 | 0,514 | 0,516 |
| | | 0,517 | |
| | | 0,516 | |

Nota: Cada muestra fue diluida a la décima parte (0,10) para realizar su lectura a 236nm.

Tabla 7. Porcentaje de esteroides de semilla de *P. canariensis* L.

| Muestra | Absorbancia Promedio | Concentración de esteroides (mg/mL) en la muestra de lectura | Concentración de esteroides (g) en los 100mL de solvente | Porcentaje de Esteroides |
|---------------------|----------------------|--|--|--------------------------|
| Muestra 01 | 0,518 | 0,1307 | 0,1307 | 3,2651 |
| Muestra 02 | 0,516 | 0,1301 | 0,1301 | 3,2516 |
| Muestra 03 | 0,515 | 0,1299 | 0,1299 | 3,2448 |
| Muestra 04 | 0,513 | 0,1293 | 0,1293 | 3,2313 |
| Muestra 05 | 0,514 | 0,1296 | 0,1296 | 3,2380 |
| Muestra 06 | 0,516 | 0,1301 | 0,1301 | 3,2516 |
| Promedio | | | | 3,2471 |
| Desviación Estándar | | | | 0,0119 |

DISCUSIÓN

La determinación de las características macromorfológicas es un medio simple y rápido para establecer la identidad, la pureza y la calidad de la semilla (Tabla 2). Es necesario destacar que los resultados se corroboraron con la monografía "Malezas de México" de Francisco Perdomo Roldán y Juana Mondragón Pichardo en la que se describe sobre la planta, y menciona que las semillas de alpiste son granos oval lanceolados de aproximadamente 4mm⁵.

Los valores del peso y tamaño de la semilla se obtuvieron de un conjunto de 100 semillas, el cual era una muestra aleatoria de la población de semillas de alpiste, obteniéndose como valor promedio para el peso de la semilla 0,0077 ± 0,0001g y 3,3831 ± 0,2323mm de tamaño.

La cantidad de impurezas encontradas, fue del 1%, el cual se encuentra en el límite permitido por la Norma Ramal cubana¹¹; sin embargo, la semilla de alpiste se encontró libre de insectos y cualquier contaminación animal, incluyendo excretas. No presentó olores anormales, decoloración o algún signo de deterioro.

Para obtener una menor cantidad de materia extraña en la semilla, durante la cosecha de la droga, deben ser removidas las partículas de polvo, tierra, arena, etc., y después de la recolección, la droga puede ser sometida a lavado y desinfección. El almacenamiento debe realizarse en lugares higiénicos para evitar la contaminación, tomándose especial cuidado ante la presencia de hongos, ya que ellos pueden ser productores de aflatoxinas⁹.

El porcentaje de humedad (Tabla 3) obtenido fue de 10,0383 ± 0,3450% el cual se encuentra dentro del rango permisible establecido por la Norma Ramal (8 – 14%)¹¹.

El método usado fue el de la Estufa con Aire (Método Gravimétrico), el cual, a pesar de ser este un método considerado como patrón para la determinación de la humedad, no existe una combinación de tiempo y temperatura de secado, aceptada universalmente²¹.

El contenido de humedad es uno de los factores más importantes que afectan los granos y semillas. El efecto de la humedad sobre el mantenimiento de la calidad de granos y semillas tiene aún mayor importancia. Granos secos y sanos, pueden ser mantenidos bajo almacenamiento apropiado, por muchos años, en tanto, que los granos húmedos se pueden deteriorar en tan solo unos cuantos días^{11,21}.

El porcentaje de cenizas totales, fue de 7,06 ± 0,0085%. Este porcentaje es elevado, según la Norma Ramal cubana (Tabla 3).

Cuando los valores obtenidos para las cenizas totales son elevados (mayor de 5%), es necesario conocer si las mismas están compuestas por metales pesados, lo cual se determina mediante los ensayos de cenizas insolubles, y, si este residuo es elevado, hay que someter a la droga a otros análisis antes de aprobar su uso^{11,13}.

Por ello mismo, se realizó los ensayos para determinar los porcentajes de cenizas solubles en agua e insolubles en ácido (Tabla 3), cuyos resultados fueron de 5,6367% (±0,3338) y 0,6900% (±0,5406) respectivamente, los cuales son menores a los valores máximos permisibles establecidos en las Normas Ramales¹¹.

Al encontrarse una cantidad mayor de cenizas solubles en agua, podemos afirmar que la mayor cantidad de cenizas corresponderían a concentraciones elevadas de algunos iones como calcio, magnesio, hierro, sodio, potasio, etc. porque estos son solubles en agua, y la pequeña concentración de cenizas insolubles

en ácido se debe a la presencia de residuos de arena proveniente de la cosecha de la semilla, lo cual se corrobora con la desviación estándar considerablemente alta en estos resultados, pues la arena (por lo general) no se encuentra repartida de forma homogénea^{22,23}.

La huella dactilar del extracto (**Fig. 2**), se realizó utilizando como solvente una solución hidroalcohólica al 70%^{v/v}. La imagen capilar del extracto, a este grado alcohólico, tiene una altura de 11,5cm; por lo que se encuentra dentro de las imágenes capilares "Altas" (mayor de 8,0cm), según la clasificación dada por la Dra. Migdalia Miranda en su "Manual de Prácticas de Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales". Se pudo observar una coloración verdosa en la franja de la imagen capilar ante la exposición a la luz UV a 366nm, la cual no se intensifica al exponerla a los vapores de amoníaco. La coloración en ésta zona nos indica la presencia de aceites fijos y no de aceites esenciales, pues ésta coloración no desaparece luego de exponerla a calor (60°C) por 10 minutos¹⁶.

Se identificó la presencia de esteroides en la marcha fitoquímica (**Tabla 4**) pues, la reacción de Liebermann – Burchard, tanto en el extracto diclorometánico como en el etanólico, dio positivo (coloración roja).

La reacción de Liebermann – Burchard es típica de los esteroides que contienen dos dobles enlaces conjugados en un mismo anillo, en dos anillos adyacentes o un doble enlace de un anillo adyacente con un grupo hidroxilo. La reacción debe realizarse en un medio absolutamente anhidro, ya que al existir moléculas de agua estas reaccionarían con el anhídrido acético, anulando de esta manera la reacción con el núcleo esteroideal o triterpenoide^{20,24}.

Mediante espectrofotometría UV/Visible, se identificó la longitud de onda de máxima absorción ($\lambda_{\text{máx}}$), la cual fue de 236nm. Esto, nos permitió identificar el núcleo base de los esteroides presentes (**Tabla 5**), mediante las reglas de Woodward – Fieser para dienos conjugados, encontrándose que el esqueleto base de los esteroides presentes es la 3 – hidroxiandrosta – 5,7 – dieno (Ergosterol)²⁰.

El ergosterol presenta máximos de absorción alrededor de 240, 270, 280 y 290 nm, diferenciándose del 3 - oxandrosta – 4 - eno que presenta un máximo de absorción también a 240nm por la coloración dada con el reactivo de Liebermann – Burchard. El ergosterol presenta una coloración roja y el 3 – oxandrosta – 4 – eno, una coloración verde. Está claro, que esta no es una identificación exacta, pero si una determinación preliminar, la cual puede servir de base para estudios posteriores más

profundos de los esteroides que contiene ésta semilla.

CONCLUSIONES

1. Mediante el tamizaje fitoquímico realizado a la semilla de *Phalaris canariensis*, se pudo identificar preliminarmente la presencia de esteroides, los cuales no habían sido identificados con anterioridad.
2. La semilla de *Phalaris canariensis* L. del distrito de Simbal, cumple con los estándares de calidad establecidos en la Norma Ramal para drogas crudas del MINSAP.
3. La cantidad de esteroides presentes en la semilla de *Phalaris canariensis* L. fue de 3,2471 ± 0,0119%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lock O. Investigación Fitoquímica – Métodos en el Estudio de Productos Naturales. 2ªed. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial; 1994: 1 – 3.
2. Domínguez C. Fitoterapia. Medicina Natural; 2006 [Citado el 04 Abril 2009]; Disponible en: <http://personal.redestb.es/martin/PFITO.H TM>
3. Ganoza M. Fundamentos químicos de la reacción de coloración y precipitación en la identificación de metabolitos secundarios de plantas medicinales [Tesis para grado de Bachiller en Farmacia y Bioquímica]. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2001.
4. Mostacero J. Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú, tomo II. Trujillo: Ed. Normas Legales; 2002: 957, 972
5. Vibrans H. Malezas de México. Conabio.gob; 2006 [Actualizado el 01 Mayo 2009; Citado el 04 de Diciembre 2009]; Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/phalaris-canariensis/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres>
6. AbuMweis S y Jones P. Esteroides de Origen Vegetal, Componentes Naturales de las Plantas con Efectos Potenciales de Beneficio para la Salud. Salud y Nutrición; 2007 [Actualizado el 25 Mayo 2009; Citado el 12 de Diciembre 2009]; Disponible en: http://portal.aniame.com/imp_187.shtml
7. Hernández S; Lazo S; Junod M; Arancibia M; Flores S; Valencia A y Valenzuela V. Características organolépticas y fisicoquímicas de propóleos de la Provincia de

- Ñuble, VIII Región-Chile. ALAN-Venezuela. 2005, 55(4) [Citado el 01 Mayo 2009]; Disponible en: http://www.alanrevista.org/ediciones/2005-4/caracteristicas_organolepticas_fisico-quimicas_propoleos.asp
8. Vidaurre M; Querevalu L; De Los Ríos E. Características Farmacognósticas de las hojas de *Capparis avicennifolia*. Rev. Med. Vallejana; 2007, 4(2): 121-131 [citado el 01 Mayo 2009]; Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-20752007000200004&Ing=es&nrm=iso. ISSN 1817-2075.
 9. INASE. Decreto N° 438/004 – Incluye modificación del artículo N°12 de fecha 29 de Febrero 2008. Uruguay. Disponible en: http://www.inase.org.uy/Decreto_nuevo.htm
 10. Toledo M. Determinaciones del contenido de humedad. METTLER TOLEDO [citado el 01 Mayo 2009]; Disponible en: http://es.mt.com/es/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytic/s/Moisture_fam_browse_main.html?sem=02010323
 11. Norma Ramal: Medicamentos de Origen vegetal, Droga Vegetal, Métodos de Ensayo. Cuba. 1992
 12. Bacon R. Determinación de Humedad – Método de la Estufa de Aire. Instituto de Salud Pública de Chile; 2003 [Citado el 01 Mayo 2009]; Disponible en: www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/HUMEDAD_en_estufa_de_aire.pdf
 13. Miranda M; Cuellar A. Farmacognosia y Productos Naturales. Ciudad de la Habana: Ed. Félix Valera; 2001: 139 – 140.
 14. Costa Rica. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida, Bebidas alcohólicas destiladas: determinación de cenizas [método gravimétrico]; 2001 [citado el 01 Mayo 2009]; Disponible en: <http://www.metabase.net/docs/meic/07389.html>.
 15. Medina M. Análisis de las Cenizas: Alcalinidad y Solubilidad de las Cenizas en Ácido y Agua. Determinación de Calcio, Hierro y Fósforo. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela; 2006: 46 – 50 [Citado el 20 de Diciembre 2009]; Disponible en: <http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica7cenizas.pdf>
 16. Miranda M; Cuellar A. Manual de Prácticas de Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales. Ciudad Habana: Universidad de la Habana – Instituto de Farmacia y Alimentos; 2000: 68 – 73.
 17. Cruzado L; Gutiérrez D y Ruiz S. Ensayo Químico y Efecto de Antibiosis in vitro de la Miel de Abeja sobre Microorganismos grampositivos y gramnegativos. Rev. Med. Vallejana; 2007, 4(2): 95-109 [citado el 07 Diciembre 2009]; Disponible en: http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-20752007000200002&Ing=es&nrm=iso. ISSN 1817-2075.
 18. Delgado D; Guzmán M. Estudio Fitoquímico de la especie *Schkuhria pinnata* var. *Octuaristata* “Canchalagua” y Ensayo del efecto Antiinflamatorio de su Extracto Seco en muslo de *Oryctolagus cuniculus* [Tesis para grado de Bachiller en Farmacia y Bioquímica]. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 1992.
 19. Domínguez X. Métodos de Investigación Fitoquímica. México: Editorial Limusa; 1979: 218
 20. Martínez A. Esteroles. Medellín: Universidad de Antioquía – Facultad de Química Farmacéutica; 2002 [Citado el 25 Enero 2010]. Disponible en: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esteroles2001.pdf>
 21. Luz M. Medidores de Humedad. SEED NEWS La Revista Internacional de las Semillas; 2002 [Citado el 06 Julio 2010]; Disponible en: http://www.seednews.inf.br/espanhol/see_d61/artigocapa61_esp.shtml
 22. Castillo N., Minerales y Elementos trazas en los Alimentos. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile; 2009 [Citado el 06 Junio 2010]; Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmid/10.html
 23. Añon M., Análisis de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de la Plata – Argentina; 2007 [Citado el 07 Junio 2010]; Disponible en: www.biol.unlp.edu.ar/analisisdealimentos/tp-determinacionesgenerales-08.doc
 24. Clavo L; Ramírez S. Composición Química de Órganos de Cobayo de Altura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Perú; 2002 [Citado el 08 Julio 2010]; Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/salud/ramirez_v_s/Generalidades.htm
- Correspondencia:**
Segundo Guillermo Ruiz Reyes.
Dirección:
Mz. T Lote 5 AA. HH. Esperanza.
Teléfono:
(044) 414456
E-mail:
guille_ruiz2001@hotmail.com

Concentración del campo magnético en las cercanías a líneas de transmisión y subestaciones de transformación de energía eléctrica en la provincia de Trujillo – Perú 2007

Magnetic concentration near to the power transmission lines and electric stations of electric energy transformation in Trujillo –Peru 2007.

Huamanlazo-Barríos, Elida ¹, Guerrero-Padilla, Ana¹.

RESUMEN

En la presente investigación se ha monitoreado la concentración del campo magnético (B) producido en las cercanía de las líneas de transmisión y subestaciones de transformación de la energía eléctrica de la empresa Empresa Concesionaria del Servicio Público de Electricidad Electronorte Medio SA – Hidrandina SA de la provincia de Trujillo – Perú 2007. Para la toma de datos se utilizó un Detector de Radiaciones Electro Magnética estándar, monitoreándose sectores donde existen transgresión de la franja de servidumbre y vulneración de las distancias de seguridad de las líneas de transmisión por parte de las viviendas y edificaciones. En las subestaciones de transformación se monitoreó zonas donde el personal operativo de la Empresa realiza sus labores. Los resultados demuestran que aproximadamente el 88% de los valores encontrados de la concentración de campo magnético en las instalaciones eléctricas, se encuentran por encima de los umbrales preventivos considerados por los organismos internacionales.

Palabras clave: Campo magnético, transmisión eléctrica, transformación de energía eléctrica.

ABSTRACT

In this research the magnetic field concentration produced near to the power transmission lines and electric stations of transformation in Trujillo – Peru 2007 has been monitored. To carry out the magnetic field measurements a calibrated Electromagnetic Field Radiation Tester was used. The measurements were made in areas where there exists violation of the rules regarding security band as well as the safety distances of the power lines by the house and building costumers. Concerning the electric stations of transformation magnetic field risk areas for the workers were identified and there, the measurements were made. It was found that the about 88% of the magnetic field concentration measurements were higher than the preventive threshold considered by the health international organizations.

Key words: magnetic field, power transmission, electric energy transformation.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico, el incremento del consumo de energía eléctrica y la vulneración de las distancias mínimas de seguridad y de las franjas de servidumbres de las instalaciones eléctricas están causando una exposición cada vez mayor de los seres humanos a las radiaciones electromagnéticas. La radiación electromagnética puede dividirse en dos grandes grupos: La radiación ionizante y la no

ionizante. La radiación ionizante es aquella que debido a su alta energía, es capaz de romper enlaces químicos y, por lo tanto moléculas. Las no ionizantes son aquellas comprendidas entre los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, como es el caso de la energía eléctrica cuya frecuencia es de 60 Hz en Perú²¹.

Una de las principales fuentes de generación de las Radiaciones No Ionizantes (Campo Electromagnético Ambiental) generado por el hombre, es debido a la transmisión,

¹ Hidrandina. Empresa Regional de Servicio Público de electricidad. Electronorte Medio S.A. Trujillo.

² Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

Presentado el 29.04.2009, aceptado el 08.02.2010.

transformación y distribución de la energía eléctrica, estando los seres vivos expuestos a la fuerza del campo electromagnético dentro y fuera de su ambiente^{4,6}.

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse^{4,24}.

Las diferentes investigaciones internacionales y nacionales realizadas sobre este tema, han permitido determinar que los niveles del campo electromagnético, en las zonas urbanas, casi siempre exceden los límites máximos permisibles. Estos valores pueden variar mucho de acuerdo a la proximidad a las líneas de transmisión y a los centros de transformación de energía eléctrica⁵.

El estudio realizado por los investigadores Wertheimer y Leeper revelaron que los niños que vivían en casas cerca de líneas eléctricas tuvieron 2 a 3 veces mayor posibilidad de desarrollar cáncer, particularmente leucemia, linfomas y tumores del sistema nervioso que los niños que viven en casas más alejadas de estas configuraciones de alta corriente. En el año 1982 el estudio efectuado para los adultos determinó un incremento de la incidencia global de cáncer y de tumores cerebrales, pero no de leucemias²⁷.

Un análisis realizado por Ahlbom y Day, basado en los datos individuales de nueve estudios previos sobre los efectos de los campos magnéticos, realizados durante mediciones de 24 y 48 horas, concluye que para niveles de exposición residencial a campo magnético inferiores a 0,4 microteslas (μT) se estiman un nivel de riesgo cercano al nivel de no efecto. Para 44 niños con leucemia y 62 controles cuya exposición residencial a campo magnético estimada es superior a 0,4 μT el riesgo de leucemia se duplicaba y el efecto parece ser estadísticamente significativo².

En el estudio realizado por Savitz, sobre enfermedades cardiovasculares en trabajadores del sector eléctrico, se halló un aumento de la incidencia de ciertos tipos de enfermedades cardíacas en los trabajadores que se encontraban expuestos a campos magnéticos de las líneas eléctricas²³.

El estudio realizado por Li en Taiwan sobre exposición residencial de adultos a los campos magnéticos producidos por las líneas eléctricas y su relación con la leucemia, tumores cerebrales y cáncer de mama en mujeres,

calculado en base a la distancia a líneas de transporte de energía y su carga máxima (menos de 50 metros frente a más de 100 metros) o campos calculados (más de 0,2 μT frente a menos de 0,1 μT), se determinó un incremento de la incidencia de leucemia en adultos. La incidencia de tumores cerebrales y cáncer de mama en mujeres no era elevado para ninguna medida de la exposición²⁵.

En un estudio ejecutado por Schüz y Grigat, sobre leucemia infantil en Alemania, se encontró que la incidencia de leucemia infantil estaba ligeramente (pero no de forma significativa) elevada en niños expuestos a los campos magnéticos, esta evaluación fue realizada durante las 24 horas iguales o superiores a 0,2 μT , con una relación dosis-respuesta no significativa. Cuando este estudio se combinó con otros estudios previos, el aumento para 0,4 μT o superior era estadísticamente significativo²⁵.

En 1989, la organización internacional de la Oficina de Evaluación Tecnológica (OTA) publicó un descubrimiento clave que indica que los campos electromagnéticos de 60 Hz y otras de bajas frecuencias pueden interactuar con los órganos y las células individuales produciendo cambios biológicos²⁶.

En el Perú, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN en el año 2005 realizó una evaluación a nivel Nacional sobre las Radiaciones No Ionizantes producidas por las líneas eléctricas de las empresas que prestan el servicio público de electricidad, trabajo ejecutado por el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones – INICTEL¹⁷. Las mediciones del campo eléctrico y magnético de baja frecuencia provenientes de las redes de energía eléctrica fueron realizados en 07 distritos de la ciudad de Lima, como son: El Agustino, Independencia, La Victoria, Los Olivos, San Borja, San Juan de Lurigancho y Santiago de Surco, así como, en 05 ciudades principales: Iquitos, Pucallpa, Cajamarca, Chimbote y Trujillo y en el Complejo Hidroeléctrico del Mantaro. Este estudio permitió determinar la existencia de líneas eléctricas que generan campos magnéticos mayores al nivel de 0.4 micro Teslas, límite máximo permisible indicado por la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud.

En el organismo vivo se producen corrientes eléctricas minúsculas debidas a las reacciones químicas de las funciones corporales normales, incluso en ausencia de campos eléctricos externos. Por ejemplo, los nervios emiten señales mediante la transmisión de impulsos eléctricos. En la mayoría de las reacciones

bioquímicas, desde la digestión a las actividades cerebrales, se produce una reorganización de partículas cargadas. Incluso el corazón presenta actividad eléctrica, que los médicos pueden detectar mediante los electrocardiogramas⁹.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo²⁰.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos²⁰.

Los diversos estudios realizados sobre los efectos de los campos magnéticos en la salud humana, reportan aumentos en la tasa de leucemia o el cáncer de cerebro en grupos de personas que viven o trabajan en altos campos magnéticos. Sin embargo, los resultados de estos estudios no están de acuerdo en algunos puntos importantes como el tipo de cáncer asociado con las exposiciones de los campos magnéticos de baja frecuencia. Como consecuencia, los investigadores no pueden estar seguros si las tasas mayores al promedio son causadas por los campos magnéticos u otros factores. Otros estudios preliminares también han asociado los campos magnéticos del lugar de trabajo con el cáncer del seno, así también se ha reportado una conexión posible entre la exposición ocupacional de los campos magnéticos y la enfermedad de Alzheimer¹⁰.

Los estudios, evaluaciones e investigaciones científicas realizadas sobre los efectos de los campos electromagnéticos de Baja Frecuencia producidas durante el transporte y transformación de la energía eléctrica en el cuerpo humano, han determinado una posible incidencia cancerígena (leucemia infantil y cáncer al cerebro en adultos por una exposición residencial y leucemia, tumores al cerebro y cáncer al pecho para una exposición ocupacional), para un campo magnético (B) mayor a 0.4 μ T, han motivado la ejecución de un diagnóstico preliminar de los campos magnéticos (B) existentes en las cercanías a las líneas de transmisión y subestaciones de transformación que se encuentran en la provincia de Trujillo, considerando ciertas zonas denominadas críticas (lugares donde las viviendas y construcciones se encuentran debajo o cercanas a las líneas de Alta Tensión y ubicación de las subestaciones de potencia en

zonas urbanas), a fin de poder determinar si el campo magnético generado se encuentren dentro de los estándares establecidos en el Código Nacional de Electricidad – Utilización¹³, así como de los umbrales preventivos dadas por la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud- OMS²⁰, tanto para una exposición poblacional-residencial como ocupacional.

Asimismo, los campos electromagnéticos activan la respuesta de estrés del cuerpo, y producen cambios en casi todas sus funciones, incluyendo un declive significativo en los sistemas inmunológicos¹. Otros efectos negativos de los campos electromagnéticos incluyen un impacto negativo en el sistema cardiovascular, endocrino, de control de crecimiento, y sistema nervioso central³.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el nivel de la concentración del campo magnético (B) producida en las cercanías de las Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación de Energía Eléctrica, durante el periodo de enero a diciembre 2007, en la provincia de Trujillo - Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Material de Estudio

El material de estudio del presente trabajo de tesis, lo constituyó algunos puntos en las cercanías de las líneas de transmisión LT - 1117 y LT- 1128 de 138 kV y subestaciones de transformación de 138/10 kV, 138/60/10 kV y 10/33 kV ubicadas en la provincia de Trujillo, a fin de determinar la concentración del campo magnético que generan.

2. Zona de Estudio

Para efectuar la evaluación de los campos magnéticos (B), se ha seleccionado 11 puntos críticos de invasión de franja de servidumbre a la línea de transmisión 1128 SE Trujillo Norte – SE EL Porvenir y 04 puntos en la línea 1117 SE EL Porvenir - SE Trujillo Sur, para el caso de la Subestaciones se eligió 03 instalaciones.

Las instalaciones eléctricas seleccionadas se indican a continuación:

1. Línea de Transmisión LT – 1117 138 kV SE Trujillo Norte – SE El Porvenir, que recorre los distritos de La Esperanza y Florencia de Mora.
2. Línea de Transmisión LT – 1128 138 kV SE El Porvenir - SE Trujillo Sur, que recorre los distritos El Porvenir y Trujillo.
3. Subestación de transformación Patio de Llaves Sur (02 transformadores de 30 MVA, 01 transformador de 50 MVA y 01 transformador de 20 MVA que abastece al

- Distrito de Salaverry) ubicado en la Urb. Santa Maria - Trujillo.
4. Subestación de transformación El Porvenir (20 MVA) ubicado en el distrito de El Porvenir.
 5. Subestación de transformación Moche (10

MVA) ubicado en el distrito de Moche.

3. Instrumentación
Equipos para Medición

Las características técnicas del equipo utilizado en la medición de Campos Electromagnéticos, se indican en la **Tabla 1**:

Tabla 1. Características de un medidor de Campo Electromagnético

| Nombre de Equipo utilizado | Marca | Unidad de Medida * | Rango | Precisión (a 23 ±5°) |
|--|--------|--------------------|-----------|----------------------|
| Electromagnetic Field Radiation Tester | Lutron | Microtesla | 0 a 20.0 | ± (4% + 3d) |
| | | | 0 a 200 | |
| | | Mili Gauss | 0 a 2000 | |
| | | | 0 a 20000 | |

*1 microtesla (µT) = 10 mili Gauss (mG).

El tiempo de muestreo: Aproximadamente 0.4 segundos.

Temperatura de operación: de 0 a 50 °C.

Humedad de Operación: menor a 80% de humedad relativa (RH).

4. Métodos y Técnicas

Para la presente investigación se tomó como referencia el Protocolo de Medición de Campos Electromagnéticos¹⁶ (Líneas de Alta Tensión Eléctrica), el mismo que es recomendado en la norma IEEE 644 vigente. A continuación se presenta una breve descripción de las consideraciones a seguir tomando en cuenta el protocolo¹¹.

A. Selección de Puntos a Medir en Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación.

Los monitoreos realizados en las líneas de transmisión y subestaciones de potencia se enfocaron considerando las afectaciones al público (Poblacional - Residencial) para el caso de las líneas eléctricas y para los trabajadores de la Empresa Concesionaria de Electricidad (Ocupacional) en el caso de las subestaciones de transformación^{18,22}.

Para las Líneas de Transmisión los puntos seleccionados corresponden a aquellas zonas donde las líneas eléctricas se encuentran encima y/o cercanas a las viviendas. En la Línea denominada 1128 SE Trujillo Norte – SE El Porvenir se

seleccionaron 20 puntos de medición (entre estructuras y vanos) y en la línea 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur se seleccionó 09 puntos de medición (entre estructuras y vanos).

Para las Subestaciones de Transformación se seleccionó los puntos de medición considerando los lugares donde el trabajador realiza sus actividades y aquellos donde tiene acceso. En la Subestación Salaverry se identificó 02 puntos, en la Subestación El Porvenir 06 puntos y en la Subestación Trujillo Sur 16 puntos.

B. Mediciones de los Campos Magnéticos

B.1 Ubicado el punto de medición se procedió a colocar el equipo orientado hacia la fuente del campo magnético y se inicia a visualizar los valores en la pantalla del equipo. El código Nacional de Electricidad – Utilización 2006¹³ establece que las mediciones en las Líneas de Transmisión, deben realizarse a un metro de altura sobre el nivel del suelo, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la zona de servidumbre¹³. Para tomar las mediciones en las Subestaciones de

Transformación también se ubicó el equipo a una altura de 1 metro y a una distancia horizontal promedio de la fuente del campo magnético de 1.85 metros.

B.2 Se realizan las mediciones de la inducción Magnética (B) para 60 Hz. Se

toma nota de los valores máximos.

C. Límite Máximo Permissible del Campo Magnético (B)

El Código Nacional de Electricidad - Utilización 2006, establece los siguientes Límites Máximos Permisibles¹³.

Tabla C.1 Límite Máximo de Exposición

| Exposición | Límite Máximo de Exposición (μ^*) |
|-------------|---|
| Ocupacional | 83.3 |
| Poblacional | 416.7 |

(*) Unidad de Medida del Sistema Internacional expresado en microtesla de campo magnético (B)

La Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de Salud (OMS), establecen que el Límite

Máximo Permissible para la evaluación de los campos electromagnéticos^{20,22} debe ser:

Tabla C.2 Límite Máximo Permissible

| Exposición | Límite Máximo de Exposición (μ^*) |
|-------------|---|
| Ocupacional | 0.2 - 2 |
| Poblacional | 0.4 |

El Código Nacional de Electricidad - Utilización 2006¹³ y la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes – ICNRP, definen las exposiciones ocupacional y poblacional como sigue:

Exposición ocupacional: Los límites ocupacionales se aplican en situaciones en las cuales las personas se encuentran expuestas a radiaciones como consecuencia de su trabajo (día completo de trabajo), estas personas están enteradas de la potencia de exposición, y pueden tomar control sobre ésta.

Exposición Poblacional, los límites se aplican en situaciones en la cual el público en general puede estar expuesto a radiaciones y no pueden tomar control sobre su propia exposición.

RESULTADOS

Durante los meses de Mayo, Junio, Julio y

Agosto, 2007 se realizaron monitoreos de los campos magnéticos en las Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación¹² contemplados dentro del ámbito de estudio del presente trabajo. Las mediciones del campo magnético en las cercanías de las Líneas de Transmisión y en Subestaciones de Potencia. Se encuentran en las **Fig. 1, 2, 3 y 4**.

1. Línea de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte – SE El Porvenir

En la **Fig. 1** se muestra las mediciones efectuadas en la Línea de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte – SE El porvenir, durante 04 periodos de evaluación. Las estructuras y/o postes de transmisión (codificados E01, E02) y los vanos (codificados E01-E02) evaluados corresponden a las zonas donde las líneas eléctricas se encuentran cercanas o pasan sobre viviendas.

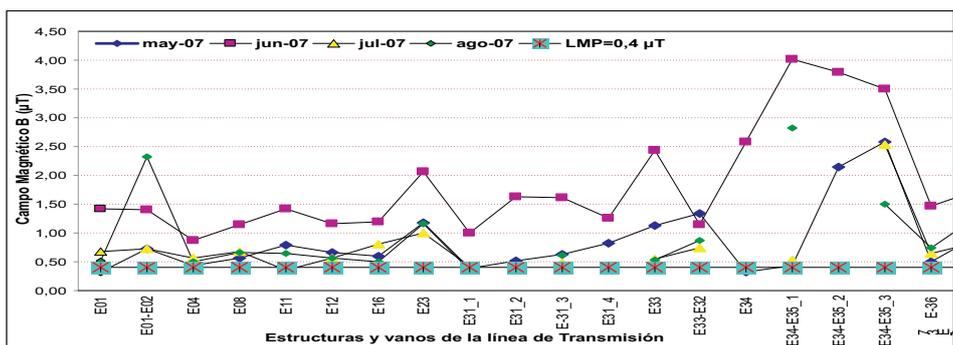


Fig. 1. Valores de Campo Magnético (B) en la LT-1128

Los valores del campo magnético (B) de la Fig. 1 superan el valor de 0.4 µT, llegando a un máximo de 4.01 µT en el mes de Junio 2007, en el vano de las estructuras E34-E35 (zona de Víctor Raúl – La Esperanza), lugar donde las viviendas existentes se encuentran debajo de la línea de transmisión, por lo que, habría exposición de las personas que habitan dichos predios a los efectos de los campos magnéticos.

2. Línea de Transmisión 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur

Para el caso de la línea de transmisión 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur, en la Fig. 2 se muestra las mediciones realizadas, donde los valores obtenidos superan el valor de 0.4 µT, llegando a un máximo de 1.89 µT durante el mes de Junio 2007, en el vano de las estructuras E14-E15 (Altura Villa Los Contadores– Trujillo).

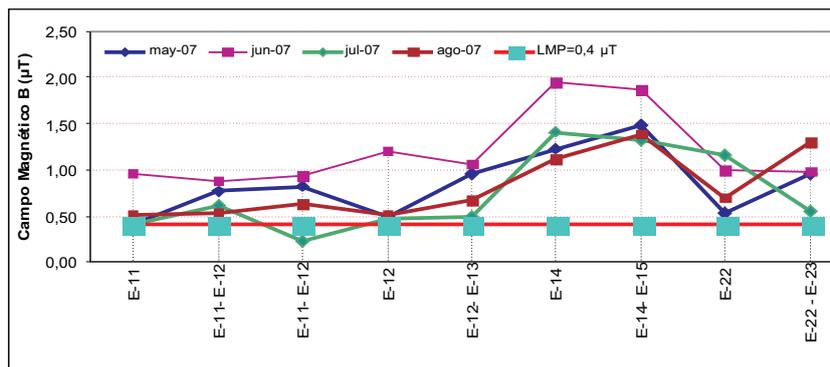


Fig. 2. Estructuras vanos de la línea Transmisión

3. Líneas de Transmisión 1128 y 1117

En la Fig. 3 se muestra las mediciones promedio de los campos magnéticos de las líneas de transmisión 1128 y 1117 durante los cuatro meses de medición. Las mediciones en ambas

líneas de transmisión, superan el límite máximo permisible indicado por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante – ICNIRP y la Organización Mundial de la Salud – OMS, que es equivalente a 0.4 µT.

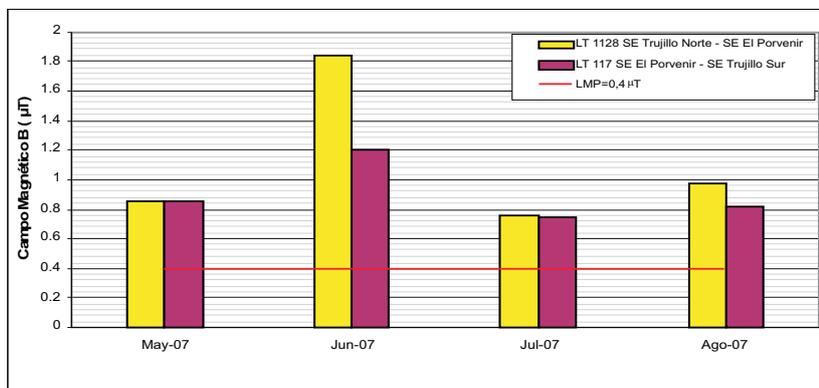


Fig. 3. Valores Medios de los Campos Magnéticos (B) de las líneas eléctricas 1128 y 1117

4. Campo Magnético (B) en la SE Salaverry

En la Fig. 4 se presenta los valores obtenidos en la Subestación de Transformación Salaverry. Debido a que la SE Salaverry se encuentra en

un área física parecida a la SE Trujillo Sur, solo se consideró la evaluación del transformador de potencia y la sala de control del mismo.

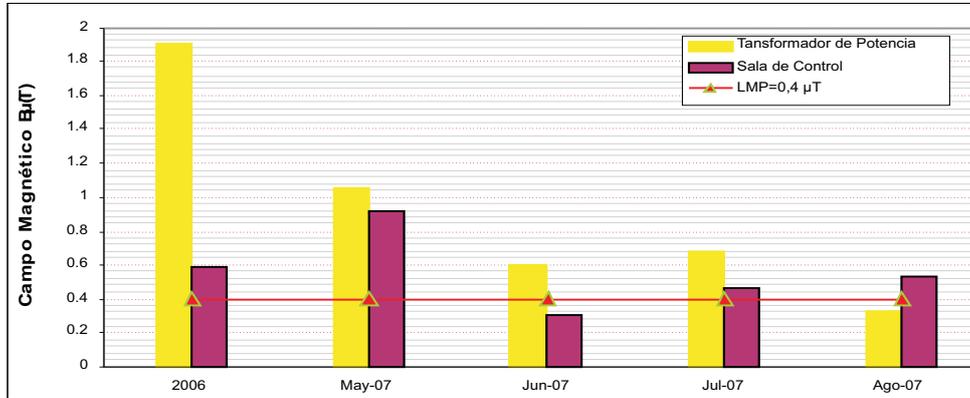


Fig. 4. Valores del Campo Magnético (B) de la SE Salaverry

5. Campo Magnético (B) en la SE El Porvenir

En la Fig. 5 se indica los datos del campo magnético (B) obtenido en cada elemento conformante de la Subestación El Porvenir.

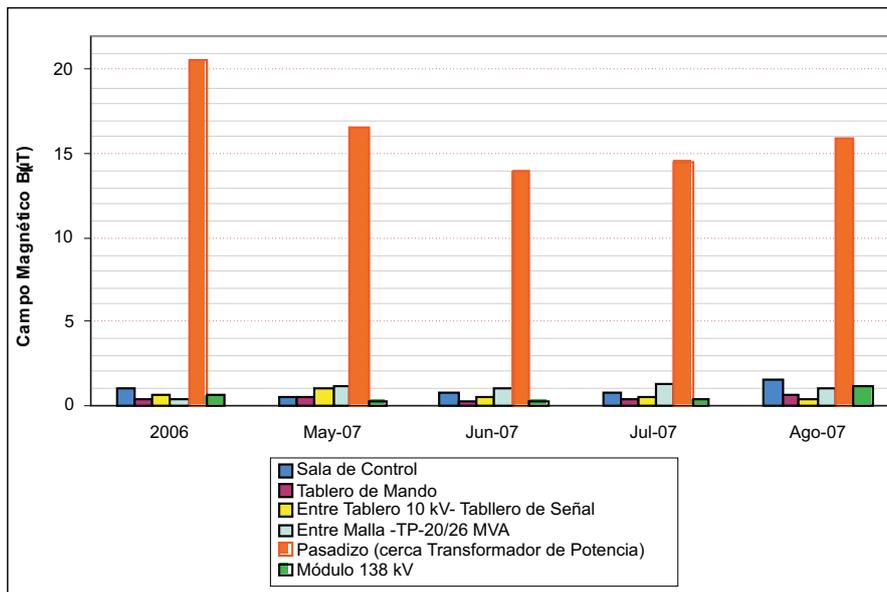


Fig. 5. Valores del Campo Magnético (B) de la SE El Porvenir

6. Campo Magnético (B) en la SE Trujillo Sur

En la Fig. 6 se indica los datos del campo magnético (B) por cada elemento de la Subestación de Transformación SE Trujillo Sur.

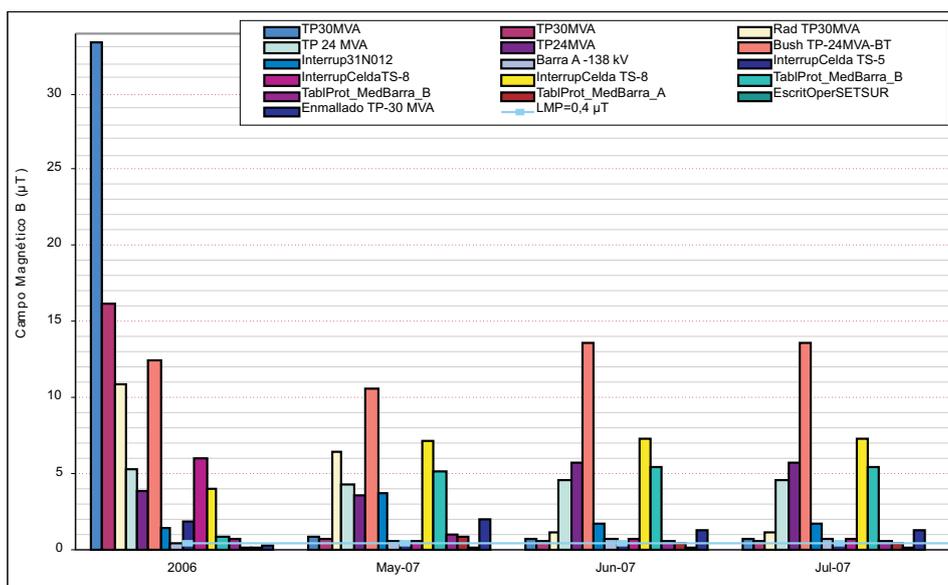


Fig. 6. Valores del Campo Magnético (B) de la SE Trujillo Sur

Debido a que la SE Trujillo Sur alberga a más de 02 transformadores de más de 30 MVA y cada uno de dichos equipos tienen su propio equipo de control y protección, se ha seleccionado un total de 16 puntos de control de dicha subestación.

Durante el año 2006, la Empresa Concesionaria de Electricidad realizó monitoreos a las instalaciones de las Subestaciones de Potencia, lo cual fue complementado durante 04 meses en el año 2007, en la Fig. 7 se muestra los valores promedios de las mediciones en las 03 subestaciones evaluadas.

7. Campo Magnético (B) en las Subestaciones de Transformación.

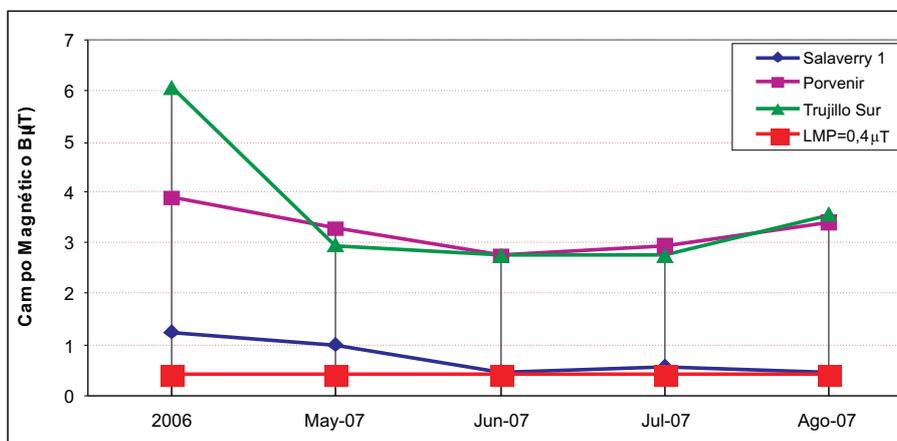


Fig. 7. Valores Medios del Campo Magnético (B) en las Subestaciones de Transformación

DISCUSION

Del promedio de mediciones realizadas en los 04 periodos de evaluación a las Líneas de Transmisión LT- 138 kV 1128 **Trujillo Norte – SE El Porvenir** y LT-1117- **SE El Porvenir- SE Trujillo Sur**, se determina que los valores no superan los límites establecidos por la normatividad Nacional; sin embargo, dichas mediciones si superan el límite máximo

permisible dado en la normatividad Internacional^{20,22,14}.

Tomando en cuenta la normatividad internacional la Línea de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir de 138 k Voltios, la totalidad de los puntos monitoreados superan el Límite Máximo Permissible de 0.4 µT, detectándose que existe una mayor incidencia del campo magnético (B) entre las estructuras 34 y 35 (Zona de Víctor Raúl – La Esperanza),

equivalentes a 4.01, 3.78 y 3.05 μT .

En la Línea de Transmisión 1117 **SE El Porvenir- SE Trujillo Sur** de 138 k Voltios, la mayor incidencia de los campos magnéticos (B) se detectó entre las estructuras 14 y 15 (Zona Villa Los Contadores – Trujillo), cuyas mediciones se encuentran entre 1.49, 1.86, 1.32 y 1.38 μT .

En la **Fig. 3** muestra los valores medios del campo magnético (B) de las líneas de transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir y 1117 **SE El Porvenir- SE Trujillo Sur**, observándose que en el mes de junio 2007 (incremento del consumo de energía eléctrica) se detectó valores de 1.84 y 1.20 μT en las líneas 1128 y 1117 respectivamente. En el estudio realizado por OSINERGMIN¹⁷ a las 02 líneas de transmisión de 138 k Voltios en la ciudad de Trujillo, también se encontró valores medios de 0.83366 μT .

En la SE Salaverry (**Fig. 4**), el transformador de potencia presenta un campo magnético (B) máximo de 1.05 μT . En la Fig. III.5 el punto de mayor presencia del campo magnético (B) se detectó en el pasadizo cerca del Transformador de Potencia de la SE El Porvenir, obteniéndose valores de 16.5, 13.9, 14.5 y 15.9 μT , donde el mayor valor obtenido corresponde al pasadizo cerca del transformador de potencia (TP), esto se debe a que en este equipo se realiza la transformación de tensión de 138 k Voltios a 10 k Voltios. En el mes de mayo 2007 se detectó la mayor concentración de campo magnético (equivalente de 16.5 μT).

Para el caso de SE Trujillo Sur (**Fig. 6**) los valores máximos se presentó en el Bushing del Transformador de Potencia de 24 M Volts Amper (10.58, 13.6, 13.6 y 14.84 μT), Interruptor de Potencia 31N012 (3.58, 1.6, 1.6 y 10.91 μT), Interruptor de la celda TSU08 (7.15, 7.3, 7.3 y 7.9 μT), Tablero de Control de la Barra B (5.07, 5.35, 5.35 y 5.57 μT) y cerca de enmallado del transformador de 30 MVA (1.98, 1.15, 1.25 y 3.05 μT).

De los valores promedios en las Subestaciones de Potencia Salaverry, El Porvenir y Trujillo Sur (**Fig. 7**), se determinó que los valores superan lo indicado en las normas Internacionales (umbral de 0.2 μT a 2T para una exposición ocupacional). En la SE El Porvenir y SE Trujillo Sur se detecta una mayor presencia de campo magnético (B) debido a que la instalación alberga transformadores y equipos eléctricos de mayor potencia, los mismos que abastecen del suministro de energía a la provincia de Trujillo (consumo 85 MWatios).

La mayor presencia de campos magnéticos (B) se detectó en el transformador de potencia respecto a los encontrados en la sala de control, sin embargo en ambos puntos superan el límite máximo permisible señalado por las Normas

Internacionales, durante los meses de mayo y junio se obtuvieron los valores más altos sin considerar el promedio del año 2006, esto se debió a los durante el cuatro trimestre 2006 y I trimestre 2007 se realizaron trabajos de reemplazo de equipos y remodelación de las instalaciones, motivando la disminución de los campos magnéticos (B). Sin embargo, estas mediciones superan considerablemente el valor de 0.2 μT , las subestaciones de transformación donde se observa una mayor contaminación electromagnética es la SE El Porvenir y la SE Trujillo Sur, respecto a la SE Salaverry.

En las **Tablas 1 y 2** se detallan el análisis estadístico de las Líneas de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir y 1117 **SE El Porvenir- SE Trujillo Sur así como de las Subestaciones de Transformación**, donde se determinó que los resultados obtenidos no transgreden el Límite Máximo Permisible establecido en la normatividad nacional²², aceptando la Hipótesis planteada; sin embargo, dichos resultados si transgreden lo recomendado por las organizaciones internacionales^{20,22,14}, rechazando la Hipótesis.

La Ley de Concesiones Eléctricas del Perú¹⁶, establece que las empresas concesionarias del servicio público de electricidad, tienen a título gratuito el suelo, subsuelo y aires de caminos, calles, plazas y demás bienes de propiedad del Estado o Municipal. La constitución de la servidumbre de electroducto no impide al propietario del predio sirviente que pueda cercarlo o edificar en él, siempre que las construcciones no se efectúen debajo de la línea de alta tensión y su zona de influencia y deje el medio expedito para atender a la conservación y reparación del electroducto⁷, respetando las distancias mínimas de seguridad establecidas por el Código Nacional de Electricidad¹².

El Código Nacional de Electricidad¹² define que la franja de servidumbre es la proyección sobre el suelo de la faja ocupada por los conductores más la distancia de seguridad. En la tabla A-3 se indica los anchos de las servidumbres de las líneas eléctricas en función al nivel de tensión así como el gráfico respectivo.

CONCLUSIONES

- De las 02 Líneas de Transmisión evaluadas, los valores que superan el umbral preventivo de 0.4 μT , representan el 82.3% del total de puntos medidos, existiendo en las zonas ubicadas entre las estructuras E34 – E35 (Zona Víctor Raúl – La Esperanza) y E14 – E15 (Zona Villa Los Contadores – Trujillo), viviendas que se encuentran expuestas a los campos magnéticos (B) por encontrarse

- debajo y/o cerca de las Líneas Eléctricas.
- De las 03 Subestaciones de Transformación estudiadas, el 95.8 % de los resultados obtenidos son superiores al umbral preventivo de 0.2 uT, siendo los transformadores de potencia, interruptor, celdas de salidas y enmallados, zonas donde existen una mayor concentración de campo magnético (B).
 - De los análisis estadísticos realizados a los resultados de las monitoreos obtenidos en las Subestaciones de Potencia y Líneas de Transmisión, se determinó que se aceptan las hipótesis $H_0: u \leq 83.3 \mu T$ y $H_0: u \leq 416.7 \mu T$ (No existe transgresión de los límites máximos permisibles establecido en la normativa nacional); rechazando la hipótesis $H_0: u \leq 0.4 \mu T$ (Si existe transgresión de los valores dados por los organismos internacionales).

RECOMENDACIONES

- Revisar y gestionar la actualización de los límites máximos permisibles para las actividades eléctricas, las cuales deben tomar en cuenta las recomendaciones establecidas por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante – ICNIRP y la Organización Mundial de la Salud – OMS, adicional a ello, se debe fijar el umbral de precaución para las exposiciones poblacional- residencial y ocupacional.
- La Empresa Concesionaria de Electricidad debe continuar realizando mediciones de los campos magnéticos (B) en las instalaciones eléctricas de alto riesgo con una periodicidad trimestral, en vista que el consumo de la energía eléctrica se viene incrementando a nivel Nacional (demanda de los años 2001, 2002, 2003 al 2004 aumentó en 8.3%, 3.9% y 1.9% respectivamente), dichas mediciones deberán efectuarse en las zonas afectadas así como en el límite de la franjas de servidumbre de las líneas eléctricas. Además de debe realizar diversas campañas de difusión y prevención dirigida a los usuarios y público en general sobre el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad y franjas de servidumbre, a fin de evitar transgresiones de las distancias de seguridad.
- La Empresa Concesionaria de Electricidad debe supervisar el uso de los implementos y equipos de protección personal durante la jornada laboral del personal operativo, a fin de mitigar los posibles efectos de los campos magnéticos, estas acciones deben ser complementadas con el uso de equipos de

mayor tecnología.

- El Gobierno y las Industrias deben desarrollar e informarse sobre los últimos progresos científicos y deben proveer al público información equilibrada, clara y comprensiva sobre los riesgos potenciales de los campos electromagnéticos, así como sugerencias que sean seguras y tengan precios bajos para reducir las exposiciones. Deben también promover investigaciones que conducirán a mejorar la información existente.
- El diseño y construcción de las líneas eléctricas se deben localizar adecuadamente para proveer de energía a los usuarios. Las decisiones adoptadas requieren a menudo considerar la estética y las sensibilidades del público. Sin embargo, la toma de decisiones, también debería considerar formas de reducir la exposición de la gente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acuña, Darío. Informe Científico sobre los Efectos de los Campos Electromagnéticos (CEM) en el Sistema Endocrino Humano y Patologías Asociados. Granada 31 de julio 2006.
2. Ahlbom, Day y col. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. Brit J Cancer 83:692-698, 2000.
3. Becker, Robert O. Artículo de Investigación: Los Campos Electromagnéticos Impactan Negativamente en los Sistemas del Cuerpo, 1990.
4. Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes– ICNIRP 1998.
5. Confederación de Asociaciones de Vecinos Consumidores y Usuarios de España – CAVE Departamento de Medio Ambiente, Informe Todo Sobre Electromagnetismo, diciembre 2001.
6. Cruz, Víctor. Radiaciones No Ionizantes de Líneas de Energía Eléctrica – Diagnóstico Nacional Preliminar 2005.
7. EnerSur S.A.- Estudio de Impacto Ambiental Central Termoeléctrica de 380 MW – Chilca, 2006.
8. Fernández, H. Contaminación Electromagnética un Riesgo a la Salud Humana, 2005.
9. Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL) (2005).
10. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. Exposición a

- Campos Electromagnéticos - 2008.
11. Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE. [Sitio de Internet]: <http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE> Revisado: 22 enero 2008.
 12. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. Código Nacional de Electricidad Suministro 2001. Resolución Ministerial N° 366-2001-EM/VME, 2005.
 13. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. Código Nacional de Electricidad Utilización 2006. Resolución Ministerial N° 037-2006-MEM/MD, 2006.
 14. Ministerio de Energía y Minas. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas - RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 161-2007-MEM/DM. Artículo N° 110.
 15. Monografías.com; categoría Enseñanza http://expertos.monografias.com/home.asp?tip=usu&id=5&item=pregunta&id_item=235420&idr=179647 Revisado: 26 noviembre 2007.
 16. Ley de Concesiones Eléctricas del Perú - Decreto Ley N° 25844 (1992).
 17. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía – OSINERG. Evaluación de los Efectos de las Radiaciones Electromagnéticas Sobre la Calidad de Vida de los Trabajadores y las Poblaciones cercanas a las Líneas de Transmisión y Distribución Eléctrica. Páginas del 1 al 25, 2005.
 18. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN. Procedimiento para la Supervisión Ambiental de las Empresas Eléctricas. Resolución N° 245-2007-OS/CD, 2007.
 19. Organización Wikimedia Foundation, Inc. Wikipedia® Categoría: Contaminación / Electricidad. http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica Revisado: 29 noviembre 2007.
 20. Organización Mundial de la Salud – OMS, Los Campos Electromagnéticos (2006), Artículo Estableciendo un Diálogo Sobre los Campos Electromagnéticos (2002).
 21. Quesada, Adrián; García, Miguel. Campos Electromagnéticos y Salud. 2006.
 22. Reglamento para la aplicación de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes - Decreto del Consejo Directivo Nro. 009 - 2005-CONAM/CD.
 23. Savitz, Liao et al. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *Amer J Epidem* 149:135-142, 1999.
 24. Sobel, Joseph. Estudios del ser humano sobre exposiciones a Campos Electromagnéticos (2006).
 25. Schüz, Grigat y col. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: Results from a German population-based case-control study. *Int J Cancer* 91:728-735, 2001.
 26. Solórzano, Héctor. Efectos de los Campos Electromagnéticos en la Salud (2006).
 27. Wertheimer y Leeper: Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidem* 109:273-284, 1979. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int J Epidem* 11:345-355, 1982.

Correspondencia:

Elida Huamanlazo Barrios.

Dirección:

Mz. L Lote 21 Urb. San Isidro. Trujillo.

Teléfono:

949620278

E-mail:

ehuamanlazo@hotmail.com

Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de “betarraga”

Effect of temperature and lighting on stability of betalains from red beet

González – Sánchez, José¹; Seijas- Bernabé, Nadia²; Seijas-Bernabé, Priscilla²

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo principal determinar el efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas contenidas en extracto de betarraga. Primero se obtuvo el extracto a partir de la raíz de la betarraga para luego condicionar los principales factores que influyen en la estabilidad de las betalaínas cuando pasan por un tratamiento térmico o almacenamiento como factor temperatura y luminosidad. Se empleó el diseño factorial teniendo como variables independientes temperatura: 4 °C, 25 °C y 68 °C y Luminosidad 0 lux (oscuridad) y 198 lux, combinando ambos factores, se obtuvo los siguientes grupos experimentales: A, B, C D, E y F Paralelamente, se evaluó la estabilidad de las betalaínas en el extracto de betarraga, a través del estudio de su degradación durante 120 días en intervalos de 30 días analizando a través de las determinaciones espectrales de los pigmentos betalámicos presentes, mediante un espectrofotómetro UV-Visible en rango de 400-580 nm. Se reportó que en el grupo experimental A (4 °C y sin luz) a un tiempo de almacenamiento de 30 días es donde se encontró mayor presencia de betalaínas (70 mg/g de extracto seco) a comparación del grupo experimental F (68 °C y presencia de luminosidad) y a 120 días de almacenamiento donde solo se encontró 16,9 mg/g de extracto seco. Por lo que en el presente estudio se concluye que hay mayor estabilidad de betalaínas de extracto seco de betarraga a una temperatura de 4 °C y en ausencia de luz y a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento del extracto de betarraga, disminuye la concentración de betalaínas.

Palabras clave: Betalaínas, betarraga, estabilidad, temperatura, luminosidad.

ABSTRACT

This work had for major objective, determined effect of temperature and lighting on betalains stability in red beet extract. First was obtained extract from red beet root for conditioned the principal factors that influence on stability on betalains when through for a heat treatment or stored as: temperature and illumination. Its was employed the factorial design had having variables-temperature: 4 °C, 25 °C y 68 °C and lighting: 0 lux (darkness) and 198 lux, combined factors, was had experimental groups: A, B, C, D, E y F. As was evaluated betalains stability of red beet, through of spectral determinations of betalamic pigments, for 120 days in interval of 30 days by spectrophotometer UV-visible in range : 400-580 nm. Its was proceeded, realized the characterization physical- chemistry of extract. Its was reported that experimental group A (4 °C and darkness) a stored time of 30 days was where its reported 70 mg/g of dried extract in contrast of experimental group F (68 °C and presence of illumination) and 120 days of stored only was reported 16,9 mg/g of dried extract. In conclusion that major stability of betalains of dried extract red beet a temperature of 4 °C and in darkness and its increment the shelf time or stored of red beet extract, falling of betalains concentration.

Key words: Betalains, red beet, stability, temperature, lighting.

¹ Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. UNT. Perú.

² Egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas. UNT. Perú.

³ Escuela de Postgrado. UNT. Perú.