

# ECIPERU

## Encuentro Científico Internacional

Volumen 5

Enero - Junio 2008

Número 1



<http://www.cienciaperu.org>

Lima, Perú



## ECIPERU

Revista del Encuentro Científico Internacional

Volumen 5 - Número 1  
Enero - Junio 2008

### Director

Modesto Montoya Zavaleta

### Editor

Modesto Montoya Zavaleta

### Comité editorial

Alcidez López Milla

Jorge Serquén Jiménez

José Solís Véliz

Juan Rodríguez Rodríguez

Julio Santiago Contreras

Justo Rojas Tapia

Luís Romero Echevarría

Miguel Risco Castillo

Naldo Balarezo Gerstein

Raúl Ishiyama Cervantes

**E-mail:** [revista@cienciaperu.org](mailto:revista@cienciaperu.org)

Teléfono: 447-5713

Dirección: Lima, Perú

Arbitrada

Publicación semestral

Distribución Gratuita

REVISTA DE EDICIÓN VIRTUAL

<http://www.cienciaperu.org>



Portada: Motivo principal del Encuentro Científico Internacional de invierno, realizado del 2 al 5 de enero del 2006 en la ciudad de Lima. Las exposiciones se desarrollaron en el Gran Teatro de la UNI, centro de Convenciones Internacionales del INICTEL, Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Departamental de Lima, Academia Superior de Guerra de la FAP, Colegio Médico del Perú.

## CONTENIDO

### Temas originales

- 1 CAMBIO ORGANIZACIONAL Y POLÍTICA DE INCENTIVOS EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS: EXPERIENCIA EN EL ÁREA DE LAS CIENCIAS SOCIALES EN UNA UNIVERSIDAD MEXICANA. Pablo Manuel Chauca Malásquez
- 5 ESTIMACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN LA PLANTA PILOTO DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA ACUICULTURA DE LA PUCP. J. Dávalos P. y F. Vilela L.
- 9 ASISTENCIA TÉCNICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS Y TALUDES PARA LA ADECUACIÓN DEL BOTADERO SAN LUIS Y PARA EL DISEÑO DE UNA TRINCHERA PARA EL MANEJO TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE SAN LUIS, DISTRITO DE PISCO, PROVINCIA DE PISCO, DEPARTAMENTO DE ICA. Huiman Cruz, Alberto
- 11 METEORIZACIÓN E HIDROGEOQUÍMICA DE LOS RÍOS QUILISH Y PORCÓN EN LA CUENCA PORCÓN. Carlos Malpica Sandoval, Hugo Rivera Mantilla, Sandra Rumay Villarreal y Víctor Vargas Rodríguez

La revista no se solidariza con las opiniones de los autores. Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización del editor

# CAMBIO ORGANIZACIONAL Y POLÍTICA DE INCENTIVOS EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS: EXPERIENCIA EN EL ÁREA DE LAS CIENCIAS SOCIALES EN UNA UNIVERSIDAD MEXICANA

## ORGANIZATIONAL CHANGE AND POLITICAL OF INCENTIVES IN THE PUBLIC UNIVERSITIES: EXPERIENCE IN THE AREA OF SOCIAL SCIENCES IN A MEXICAN UNIVERSITY

Pablo Manuel Chauca Malásquez<sup>a</sup>

### RESUMEN

El trabajo presenta una interpretación de los factores que posibilitan la aplicación de un sistema de incentivos basado en méritos académicos en las universidades públicas. La discusión se plantea desde la perspectiva del cambio organizacional e institucional. Se argumenta que el desarrollo de un sistema de incentivos en las instituciones públicas de educación superior está asociado a transformaciones en el nivel de los actores académicos (individuos y grupos), en el nivel institucional (reglas y formas de coordinación) y en el nivel de las interacciones con el entorno. Se sostiene que dichas transformaciones implican a su vez cambios en las formas de gobierno, en las formas de gestión, en las fuentes de financiamiento, en las relaciones de enseñanza – investigación, y en los criterios de validación de resultados. Como ilustración, se comenta a lo largo del texto, acerca de la experiencia en el campo de las ciencias sociales en una universidad pública del interior de la república mexicana.

**Palabras clave:** Cambio organizacional, cambio institucional, sistema de incentivos, formas de trabajo, entorno de aplicación.

### ABSTRACT

The work displays an interpretation of the factors that make possible the application of a system of incentives based on academic merits in the public universities. The discussion considers from the perspective of the organizational and institutional change. It is argued that the development of a system of incentives in the public institutions of superior education is associate to transformations in the level of the academic actors (individual and groups), in the institutional level (rules and forms of coordination) and in the level of the interactions with the surroundings. It is maintained that these transformations imply as well changes in the government forms, in the forms of management, the sources of financing, the relations of education - investigation, and in the criteria of validation of results. Like illustration, one comments throughout the text, about the experience in the field of social sciences in a public university of the interior of the Mexican Republic.

**Keywords:** Organizational change, institutional change, system of incentives, forms of work, surroundings of application.

### INTRODUCCIÓN

El gobierno federal en México, a principios de los años setenta del siglo XX, con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) asumió un rol directo en la promoción de la investigación científica y el postgrado. Este rol se intensificó y se reformó en la siguiente década, en la medida en que las políticas gubernamentales para la educación superior e investigación científica adquirieron una nueva legitimidad como parte del proceso de “modernización económica” de corte neoliberal que se inició en los ochenta (1). Una evidencia clara de estos esfuerzos gubernamentales, es que el mayor auge en número de centros de investigación en ciencias sociales y humanidades en México se dio entre 1970 y 1982, teniendo un repunte importante los establecidos fuera de la zona metropolitana de la Ciudad de México, en estados como Veracruz, Sonora, Baja California, México, Sinaloa y Michoacán (2).

En ese contexto, desde los años ochenta y noventa, numerosos establecimientos de educación superior

desplegaron estrategias de adaptación a las nuevas exigencias gubernamentales, particularmente a través del CONACYT, y de los programas de Superación Académica

(SUPERA), y para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP). La manera en que las instituciones universitarias mexicanas diseñaron y llevaron a la práctica dichas estrategias de acomodamiento, es el propósito central de este trabajo. En particular, se busca responder dos preguntas principales: ¿cuáles son las estrategias de cambio organizacional e institucional que desplegaron las UPM para elevar los niveles de preparación, calificación y dedicación de los académicos?. Y, ¿cuáles son los impactos y resultados de esas estrategias (en particular del sistema de incentivos y recompensas) en el quehacer docente, de investigación y de vinculación de dichas universidades?.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se fundamenta en una interpretación del material bibliográfico y documental sobre el tema, en virtud de lo cual se trata de una investigación monográfica. Las reflexiones tienen como referencia básica la experiencia en

<sup>a</sup> Doctor en Ciencias Administrativas. Profesor-investigador titular de la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Morelia, Michoacán, México). Líneas de investigación: Desarrollo de organizaciones, desarrollo empresarial local.

el área de las ciencias sociales en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicada en la ciudad de Morelia, estado de Michoacán, al centro-occidente de México. En esa medida, a lo largo del texto al referirnos a las universidades públicas mexicanas (UPM), en realidad estamos pensando en la citada institución universitaria, que como caso particular no necesariamente refleja la situación del conjunto de las UPM, lo que establece limitaciones al trabajo.

## RESULTADOS

### Ideas rectoras

La investigación se orientó por las siguientes ideas centrales:

a.- Los cambios en el sistema educativo universitario deben entenderse en el marco del cambio social en general (3, 4). Esto implica que los cambios educativos tienen interdependencia con las transformaciones en la economía, la política y la organización social, lo que sugiere la necesidad de realizar una investigación interdisciplinar.

b.- El cambio organizacional, se entiende como las transformaciones en las estructuras y funciones reconocidas y aceptadas al interior de una institución universitaria. Y, el cambio institucional, se refiere a las modificaciones en las creencias, normas y reglas formales e informales que permiten el desarrollo de esas funciones y estructuras (5, 6).

c.- Toda organización universitaria tiene una relación adaptativa con el entorno y es vista como maleable a las orientaciones de los actores que buscan asegurar sus intereses en entornos inciertos y cambiantes. En ese sentido, es importante tanto estudiar los cambios efectivamente realizados como la manera en que los actores perciben cambios en el entorno, los enfrentan, y dirimen los conflictos que de ello emergen (7).

d.- El cambio en la educación superior no sólo es posible, sino que ocurre todo el tiempo. Pero generalmente es invisible y ocurre incrementalmente. El cambio fundamental es la evolución del conocimiento, materia prima básica de las instituciones públicas de educación superior (IES). Y, la naturaleza de este proceso de cambio en el conocimiento es su progresiva subdivisión y especialización (2).

e.- El desarrollo de un sistema de incentivos y recompensas en las IES está asociado a transformaciones en el nivel de los actores académicos (individuos y grupos), en el nivel institucional (reglas y formas de coordinación) y en el nivel de las interacciones con el entorno. Estas transformaciones implican a su vez cambios en las formas de gobierno, en las formas de gestión, en las fuentes de financiamiento, en las relaciones de enseñanza – investigación, y en los criterios de validación de resultados.

## Niveles y dimensiones de análisis

El cambio organizacional e institucional en las UPM debe incorporar tanto los eventos intra-organizacionales como las transformaciones del entorno, y el cambio es un proceso social y político. En ese sentido, conviene distinguir entre cambios “medulares y periféricos” (2). Un ejemplo de cambio medular son los cambios en las formas de gobierno (digamos pasar de una designación de directivos y toma de decisiones que enfatiza la competencia política a una que pone el acento en la competencia académica). En ese nivel, un cambio periférico son las mejoras en procesos administrativos sin afectar clientelas y poderes. Otro ejemplo de cambio medular, son las modificaciones a las bases de la carrera académica y la renovación de planta académica por retiro, rotación y nuevas contrataciones. Y, el correspondiente cambio periférico, son los programas de superación de académicos en servicio y/o programas de estímulos sin cambiar la estructura de la carrera académica.

La paradoja en la práctica es que las organizaciones universitarias que efectúan cambios medulares corren el riesgo de generar conflictos que ponen en peligro los propósitos reformadores. Por lo contrario, las universidades que meramente modifican aspectos periféricos conservan la estabilidad; pero posiblemente no alcancen a reformarse significativamente. La experiencia indica que hay que lograr un equilibrio entre modificaciones medulares y periféricas, de tal manera que los cambios sean efectivamente realizados.

Estos tipos de cambio, en las IES se pueden observar en tres niveles de análisis (distinguidos analíticamente, en la realidad están muy interrelacionados): del establecimiento, de la unidad académica y de la disciplina (2, 7). En el nivel del establecimiento (IES = UMSNH), los procesos de cambio se refieren a las formas de gobierno y estructura de poder (quiénes deciden sobre asuntos claves, creación de roles y niveles administrativos y políticos, estrategias y tipos de liderazgo); a las formas de gestión (niveles jerárquicos, reglamentación académica y evaluación, política científica interna y política de publicación); y al financiamiento (fuentes internas y externas, formas de asignación de los recursos financieros).

En el nivel de la unidad académica (Facultad de Economía), se consideran los cambios en el modelo académico de las escuelas, facultades e institutos, abarcando dimensiones como: formas de integración de investigación/docencia; formas de trabajo (individuales, grupales, redes de trabajo internas/externas); y capacidad de reproducción del personal académico (formas de reclutamiento, cohortes generacionales, opciones de incorporación de tesis).

En el nivel de la disciplina, los cambios se dan en: las líneas de trabajo (individuales, prioridades institucionales de largo plazo, agenda flexible en respuesta a demandas externas); los tipos de productos (libros y artículos especializados o de divulgación, de circulación local, nacional e internacional); y las formas y criterios de validación (pares externos, estándares internamente fijados).

## Los cambios realizados

En el año 2007, la UMSNH está cumpliendo el noventa aniversario de su creación formal, y está regida por la Ley Orgánica promulgada por el Gobierno del Estado de Michoacán en febrero de 1986 (modificada en junio y septiembre de ese mismo año), y por el Estatuto Universitario expedido por el Consejo Universitario en mayo de 1963 (se modificó en 1982, y a la fecha no se ha adecuado a la Ley Orgánica de 1986) (8). La autonomía de la universidad se deposita en la comunidad universitaria y su gobierno está formado por: la comisión de rectoría; el consejo universitario; el rector (dura en su cargo cuatro años y no puede ser reelecto); los consejos técnicos de escuelas, facultades, institutos y unidades profesionales; el consejo de investigación científica; y los directores de escuelas, facultades, institutos y unidades profesionales.

La Comisión de Rectoría (integrada por ocho miembros: cinco son exrectores residentes en la entidad federativa, y los otros tres: decano de los directores de las escuelas, facultades e institutos; decano de los profesores en activo; y consejero universitario estudiante con el más alto promedio de calificaciones en el año lectivo próximo anterior), tiene las atribuciones de: nombrar al rector, conocer de la renuncia de éste y removerlo por causa grave. El Consejo Universitario es la autoridad máxima del gobierno de la universidad, salvo las atribuciones que corresponden a la Comisión de Rectoría, y está integrado por: el rector; los directores de escuelas, facultades, institutos y unidades profesionales; el titular del Consejo de Investigación Científica; un consejero profesor y un consejero alumno propietarios de cada escuela, facultad e instituto; un representante propietario por cada uno de los sindicatos titulares de los contratos colectivos de profesores y trabajadores administrativos; un representante propietario por todas las Casas del Estudiante; y un representante propietario de la Sociedad de Ex alumnos Nicolaíta con derecho a voz únicamente. Por cada representante propietario hay un suplente.

Cada facultad o escuela tiene como autoridad máxima el Consejo Técnico integrado por el director respectivo (elegido por cuatro años por el consejo universitario), un profesor y un alumno por cada grado (elegidos por dos años). La dinámica y funcionamiento académicos de las facultades o escuelas dependen de las decisiones que se adopten en el Consejo Técnico. Cada facultad o escuela formula y pone en práctica su plan de desarrollo institucional acorde con el respectivo plan institucional de toda la universidad.

Por tanto la forma de gobierno y estructura de poder en la UMSNH se basa en una normatividad poco actualizada y con fuentes de autoridad de carácter colegiado. En la práctica predominan más las reglas informales, la centralización de las decisiones claves, y las principales fuentes de autoridad han devenido en burocráticas y personalistas. El proceso de reclutamiento y las promociones del personal académico, están regulados por contrato colectivo (revisado anualmente) y por el reglamento general del personal académico, y en ciertas ocasiones predominan decisiones personales de directivos y de grupos

políticos internos. El aparato administrativo está física y funcionalmente disgregado; predominan los procedimientos no codificados y las decisiones casuísticas, y se observa una falta de armonización entre las actividades de docencia, investigación y vinculación con el entorno. Predomina una cultura organizacional tradicional, orientada a administrar recursos existentes en ausencia de visión estratégica desarrollada internamente y de modo participativo. Énfasis en política institucional a nivel licenciatura, y poco a poco se ha ido fortaleciendo una política de evaluación; pero que es usada discrecionalmente en la toma de decisiones y sólo como reacción ante las exigencias gubernamentales a nivel federal.

De ahí que las propias autoridades centrales universitarias han afirmado: “La deficiencia más significativa de nuestra universidad tiene que ver con la baja calidad de los resultados de sus funciones sustantivas... El criterio académico, como principio rector de las tareas y acciones de la Universidad, brilla por su ausencia... Desafortunadamente nuestra Universidad tiene varios años viviendo de sus glorias pasadas, manteniéndolas en la memoria sólo para justificar un presente de pobreza, rutinas y carencias... Este conservadurismo, este conformismo, resulta la mayor deficiencia de nuestra institución” (9).

En este contexto, la Facultad de Economía (FE) de la UMSNH, ha llevado a cabo desde el año 1998, cambios organizacionales e institucionales de tipo periféricos, es decir, sin modificar las formas de gobierno, la estructura de poder, las formas de gestión, las bases de la carrera académica y las reglas de financiamiento. Se desplegaron programas en siete áreas estratégicas: plan de estudio, personal académico, población estudiantil, investigación, difusión cultural y extensión universitaria, normatividad y organización, e infraestructura y equipamiento. En lo fundamental, estos programas han significado: mejoras en el plan de estudio (flexibilización y actualización); mejoras en los procesos administrativos (mayor formalización); mejoras en la infraestructura (reconstrucción de edificio antiguo, nuevo edificio, mayores acervos bibliográficos); y mejoras en la planta docente (10, 11).

En 1997, la planta magisterial de la FE se componía de un total de 28 profesores, de los cuales 22 eran profesores-investigadores de tiempo completo (PTC) (8 con grado de maestro). A inicios del 2007, el total del personal académico es de 61, de los cuales 39 son PTC (7 tienen grado de doctor y 23 de maestro) (11, 12). Estas mejoras han sido el resultado de: - La superación de académicos en servicio en el marco del programa federal PROMEP. - El reclutamiento de nuevos profesores a través de los programas federales de Retención y Repatriación de Investigadores. - Promociones de profesores dentro de la normatividad universitaria interna. - Programa interno de estímulos que favorece docencia, antigüedad, distribución igualitaria y sin cambiar reglas básicas de asignación. - Programa externo de estímulos que favorece la investigación y méritos académicos en el marco del programa federal del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

## DISCUSIÓN

El estudio de los cambios en el sistema educativo universitario debe realizarse con un enfoque integral e interdisciplinario. El cambio organizacional en las IES es un proceso de múltiples niveles en el que un nivel o sector de la organización es movido por estructuras internas existentes que modelan el cambio emergente, mientras que otro nivel o sector se mueve adaptativamente frente a exigencias externas. El entorno institucional, compuesto por las reglas implícitas, los mitos prevalecientes y los rituales del entorno más amplio, son insumos importantes en la explicación del comportamiento y los cambios organizacionales. Interesa distinguir entre cambios ocurridos en la periferia de la organización y en el centro de la misma.

Las UPM han llevado a cabo cambios organizacionales e institucionales en un contexto de una relativa estabilidad política y financiera, y de una más intensa regulación estatal, por lo menos en relación a otras universidades latinoamericanas (2). La Facultad de Economía de la UMSNH, en un marco institucional de continuidad de la forma de gobierno, estructura de poder, forma de gestión y financiamiento, ha realizado

cambios organizacionales periféricos e incrementales (pequeños y graduales). Las modificaciones principales se efectuaron a nivel de actores individuales (superación académica personal y alto porcentaje de egresados en la planta magisterial, que fortalecieron la identidad y cultura organizacionales) y grupales (cuerpos académicos y academias que fortalecieron el trabajo en equipo y la articulación entre enseñanza e investigación), que significaron reacomodos y negociaciones sin rupturas y conflictos importantes. Las interacciones con el entorno se debilitaron sobre todo con los grupos de interés del contexto local, aunque se recurrió frecuentemente a las instancias gubernamentales en particular federales para agenciarse de recursos externos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a los doctores Daniel Cazés Menache y Norma Blázquez Graf, por su apoyo para realizar la estancia sabática que nos dio los medios y el tiempo necesarios para que este trabajo fuera posible. Asimismo, a la UMSNH que nos brindó la autorización para el disfrute del año sabático, y la información y la experiencia de vida académica aquí transmitida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huerta González, Arturo. La política neoliberal de estabilización económica en México: límites y alternativas. pp. 17-62. Editorial Diana. México, 1994.
2. Kent, Rollin; Álvarez, Germán; González, Mario; Ramírez, Rosalba; De Vries, Wietse. Cambio organizacional y disciplinario en unidades de investigación y posgrado en ciencias sociales en México: una visión comparativa. pp. 15-16, 26-29, 45-47, 48-53, 50-55; 70-72. Editores Plaza y Valdés – Centro de Investigación y Estudios Avanzados. México, 2003.
3. Migdal, Joel. Strong Societies and Weak States. State-Society Relations and State Capabilities in the Third World. Princeton University Press. Princeton, USA., 1988.
4. Nee, Víctor; Mathews, Rebecca. Market Transition and Societal Transformation in Reforming State Socialism. Annual Review of Sociology 22. 1996.
5. Appendini, Kirsten; Nuijten, Monique. El papel de las instituciones en contextos locales. Revista de la CEPAL No. 76. Abril, 2002: 21-42. Santiago de Chile.
6. North, Douglass. Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. pp. 31-42. Tercera reimpresión de la primera edición en español. Editorial Fondo de Cultura Económica. México, 2006.
7. Scott, W.R. Organizations: Rational, Natural, Open Systems. Englewood Cliffs. Prentice Hall, 1992.
8. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Legislación Universitaria I: Normas jurídicas fundamentales. pp. 15-36. Morevallado Editores – UMSNH (Secretaría General). México, 2004.
9. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Iniciativa para la reforma universitaria. pp. 30-33. Morevallado Editores – UMSNH (Secretaría General). México, 2003.
10. Facultad de Economía – UMSNH. Plan de Desarrollo Institucional 2004-2010. Morevallado Editores – UMSNH (Facultad de Economía). México, 2005.
11. Escuela de Economía – UMSNH. Plan Institucional de Desarrollo de la Escuela de Economía 2000-2006. Morevallado Editores – UMSNH (Escuela de Economía). México, 2000.
12. Facultad de Economía – UMSNH. Información para los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) – Tabla-Guía de Autoevaluación. México, 2007.

**E-mail:** pchauca@zeus.umich.mx

# ESTIMACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN LA PLANTA PILOTO DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA ACUICULTURA DE LA PUCP

## ESTIMATE OF DISSOLVED OXYGEN IN THE PILOT PLANT RECYCLING OF WATER FOR AQUACULTURE OF THE PUCP

J. Dávalos P.<sup>a</sup> y F. Vilela L.<sup>b</sup>

### RESUMEN

El objetivo del trabajo presentado es la determinación de la cantidad de oxígeno disuelto OD en la Planta piloto de recirculación para la crianza de tilapia de la PUCP mediante la evaluación de las variables de impacto. El OD es una de las variables críticas para la crianza de la tilapia debido a su importancia en el engorde ya que a bajos niveles ocasiona estrés en los peces, lo que en consecuencia significa la disminución de su apetito. El sistema permitirá conocer el OD de la planta piloto. Se utilizó análisis estadístico de los datos, de regresión y representación difusa de los datos de las variables medidas. El sistema difuso tiene un error de estimación del 6.38 % y un coeficiente de correlación de 0.98. Es posible mejorar la precisión aumentando la cantidad de reglas difusas. Basado en los resultados del estudio, se concluye que el sistema podría ser utilizado para conocer la cantidad de oxígeno disuelto con una precisión aceptable, constituyendo una alternativa para reducir los costos.

**Palabras Claves:** Regresión múltiple, Pruebas estadísticas, Lógica difusa.

### ABSTRACT

The objective of the work presented is the determination of the amount of dissolved oxygen in the OD Pilot Plant Recycling for raising tilapia of the PUCP by assessing the impact of variables.

The OD is one of the critical variables for raising tilapia due to its importance in fattening because it leads to lower stress levels in fish, which consequently means diminishing their appetite.

The system will allow know the OD of the pilot plant. We used statistical analysis of data, regression and diffuse representation of the data of variables measures. The system has a vague estimate of error of 6.38% and a ratio of 0.98. It is possible to improve the accuracy by increasing the amount of diffuse rules.

Based on the survey results, we conclude that the system could be used to determine the amount of dissolved oxygen with an accuracy acceptable, providing an alternative to reduce the costs.

**Key words:** Multiple regression, Statistical tests, Fuzzy logic.

### INTRODUCCIÓN

Las tilapias son una especies de peces de aguas cálidas, fáciles de criar y resistentes ante diferentes variaciones de su calidad del agua en donde se encuentren. El Perú cuenta con regiones donde se podría explotar la crianza de tilapias con ayuda de la tecnología sobre plantas de recirculación de agua que posibiliten un modelo de producción intensiva. La PUCP cuenta con una planta piloto de recirculación de agua para la crianza de peces con fines tecnológicos que está siendo implementada con transmisores para la adquisición de datos, controladores y actuadores.

Entre las variables que se controlan<sup>1</sup> para mejorar la calidad del agua, y por consiguiente mejora del hábitat de los peces están el pH, salinidad, oxígeno disuelto, amoníaco, nitritos, alcalinidad, temperatura, entre otras; como se muestra en la figura 1. Para tener condiciones óptimas de trabajo<sup>2</sup>, se necesitará que la tilapia esté en un ambiente de 28°C de temperatura y de 5 a 6 mg/L de oxígeno disuelto, pero el rango de temperaturas aceptables se encuentra entre 27 y 32°C, llegando a perder su apetito por debajo de los 20°C y causando la

muerte<sup>3</sup> a temperaturas menores a 12°C y mayores de 42°C; el pH debe estar entre 7 y 8 para una mayor productividad dentro del estanque.

El oxígeno disuelto es una variable crítica para la crianza de las tilapias debido a su importancia en el engorde, ya que a bajos niveles ocasiona estrés en los peces, lo que significa la disminución de su apetito. Siendo una variable importante, su medición debe de realizarse constantemente porque existen

horas del día en las cuales los peces consumen más oxígeno disuelto que en el resto, según el estado de ánimo de los peces éstos pueden consumir más o menos oxígeno, lo cual no se puede predecir, pero si se puede actuar consecuentemente.

Existen diferentes formas de lograr una lectura del oxígeno disuelto<sup>4</sup>, en donde destaca el uso de equipos de medición multivariable cuyo costo elevado es el principal impedimento para su aplicación. Ante esta realidad, se hace necesario buscar nuevas formas de medición del OD a fin de facilitar su conocimiento e implementación.

<sup>a</sup> Magister en Ingeniería de Control y Automatización. Jefe del laboratorio de Control Avanzado. PUCP.

<sup>b</sup> Ingeniero Electrónico de la PUCP.

Sin necesidad de contar con un sensor físico y en función a la temperatura(temp), conductividad(cond) y pH se estima el oxígeno disuelto(OD) del agua en la planta de recirculación utilizando la lógica difusa la cual está basada en la experiencia que el experto<sup>5</sup>.



Figura 1. Tanque 500lt. de peces Tilapia

La teoría de la lógica difusa posibilita el modelamiento de los procesos tecnológicos no lineales que utilizan conclusiones lingüísticas simples que no requieren información matemática completa del sistema<sup>6</sup>.

Se establecen entonces particiones en conjuntos difusos que se ponderan mediante Funciones de Membresía, para definir la variable en cuestión a lo largo de un universo de discurso.

El procesamiento difuso considera las fases de fuzificación, inferencia y defuzificación<sup>7</sup>. La Función de Membresía para una variable independiente es mostrada en la figura 2.

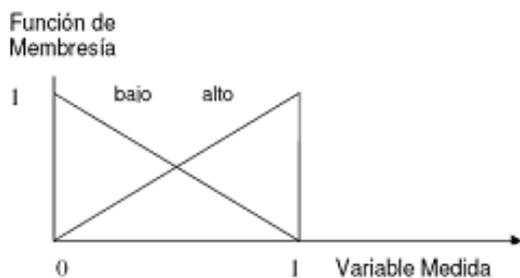


Figura 2. Función de Membresía.

El OD fue modelado en dependencia de las variables de calidad del agua por regresión múltiple para conocer la relación existente entre las variables y cual es su impacto en el resultado. El modelo de regresión<sup>8</sup> es el mostrado en la ecuación 1:

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + e \quad (\text{ecu. 1})$$

donde:  $b_0, \dots, b_3$  los coeficientes de regresión y  $e$  el error. Las reglas difusas son de la forma:

si  
temp=L & cond=L & pH=L

entonces

$$OD = b_0 + b_1 * \text{temp} + b_2 * \text{cond} + b_3 * \text{pH}. \quad (\text{ecu. 2})$$

donde: temp, cond y pH son variables lingüísticas. El operador genera el peso  $w$  :

$$w_{i,t} = \min\{FM(\text{temp}_t, S_i), FM(\text{cond}_t, S_i), FM(\text{pH}_t, S_i)\} \quad (\text{ecu. 3})$$

donde: FM es función de membresía,  $t$  es muestra,  $i$  es regla y  $S$  es el término lingüístico.

$$OD(\text{estimado})_{i,t} = b_{i,0} + b_{i,1} * \text{temp}_t + b_{i,2} * \text{cond}_t + b_{i,3} * \text{pH}_t \quad (\text{ecu. 4})$$

La defuzificación por el método del centroide se determina mediante la relación:

$$OD(\text{estimado})_t = \frac{\sum_{i=1}^8 w_{i,t} * OD(\text{estimado})_{i,t}}{\sum_{i=1}^8 w_{i,t}} \quad (\text{ecu. 5})$$

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Planta Piloto de Acuicultura de la PUCP está alojada en un invernadero y consta de un Sistema de Recirculación<sup>2</sup> el cual consta de dos tanque de 500lt cada uno, un biofiltro, un tanque de compensación, una bomba, válvulas manuales, etc, e instrumentos de medición como un termómetro, un ph metro y un medidor multivariable para las otras variables, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Planta Piloto de Acuicultura.

El método experimental consideró la adquisición de los datos de la Planta Piloto como temperatura, pH, salinidad, conductividad, alcalinidad y oxígeno disuelto, los cuales fueron tomados desde el 2007 y procesados con Excel MS y Matlab en una computadora Pentium iv.

Los datos adquiridos originales fueron 1000 y fueron usados para el análisis estadístico, de regresión y difuso; los datos mostraban algunas anomalías razón por la cual fueron eliminadas de los datos originales, el Diagrama de dispersión se muestra en la figura 4.

Se adoptó como criterio que el 70% de los datos se realizara en la estimación mientras con el 30% restante para la prueba de validación de los resultados. Los datos se escalan en el rango de ( 0, 1) para el universo de discurso de las variables significativas que permite calcular la función de membresía FM. Luego, se le asigna los términos lingüísticos Bajo y Alto, tomando como referencia el valor 0.5. Según el peso de los elementos de cada antecedente se agrupan en 8 reglas difusas porque son tres las

variables independientes, la salinidad y la alcalinidad fueron dejados de lado por su baja significancia.

Tabla 2. Coeficientes de regresión.

REGLA	b0	T b1	Cond b2	pH b4
1	0.8397	-0.1935	-0.7165	0.1925
2	0.8431	-0.5092	-0.2790	0.1311
3	0.4420	0.1459	-0.1835	0.2195
4	1.1148	-1.1541	-0.3563	0.2014
5	3.2280	-1.9890	-3.2237	-0.2563
6	0.6341	-0.1866	-0.6477	0.1540
7	0.7938	0.3309	-1.0050	-0.2287
8	0.9527	-0.9454	-0.0514	0.1728

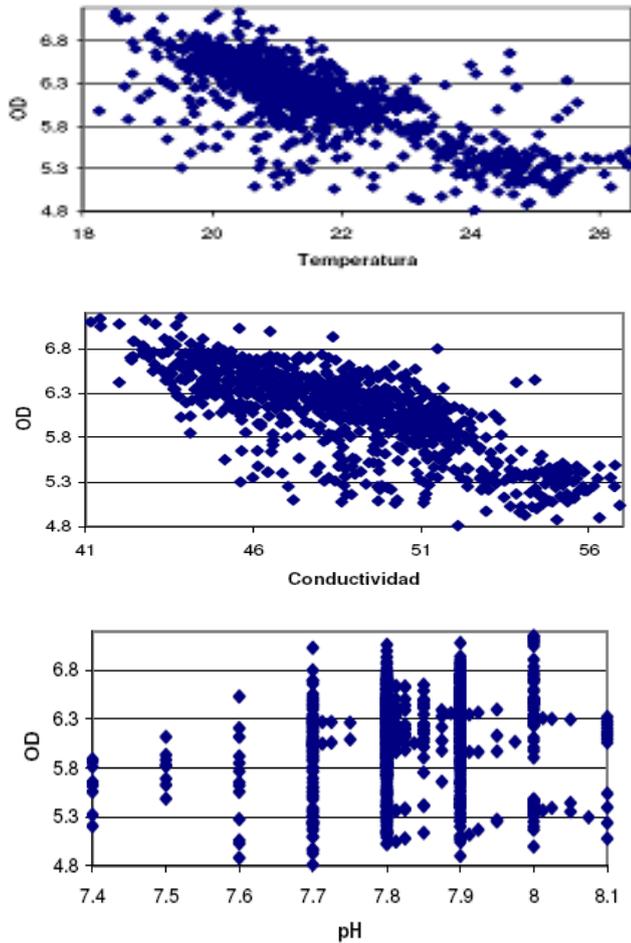


Figura 4. Diagrama de dispersión de las variables independientes.

Entonces, para cada regla se calculan los coeficientes de regresión que formarán el consecuente de la regla.

## RESULTADOS

Se analizan los datos desde el punto de vista estadístico para calcular el error estandar y luego el test t-student que determine la significación de los valores<sup>9</sup>. La correspondiente probabilidad también se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Test "t student" y probabilidad de las variables independientes y dependiente.

	Value	Std.error	t-value	P>( t )	Significance
O2	3.62748121	0.72326498	5.01542497	3.19564E-07	Y
T °C	-0.16926388	0.0088992	-19.020128	3.23258E-68	Y
Conduct.	-0.03943486	0.00441101	-8.9400977	1.10987E-18	Y
pH	1.02884471	0.09067736	11.3462134	2.94291E-28	Y

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Habiendo clasificado las 8 reglas en función a sus términos lingüísticos se calculan sus coeficientes por regresión mostrados en la tabla 2 y figura 4.

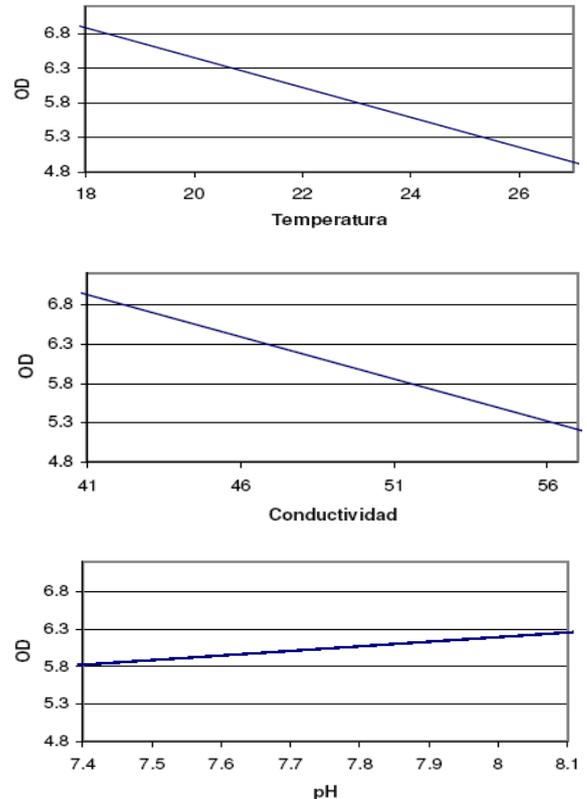


Figura 4. Recta de regresión de las variables independientes.

Para evaluar la bondad del estimador se ha graficado la variación del Oxígeno disuelto observado con respecto al Oxígeno disuelto estimado (figura 5) por el método de lógica difusa, que al tener un coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.9860 se considera muy bueno<sup>8</sup>.

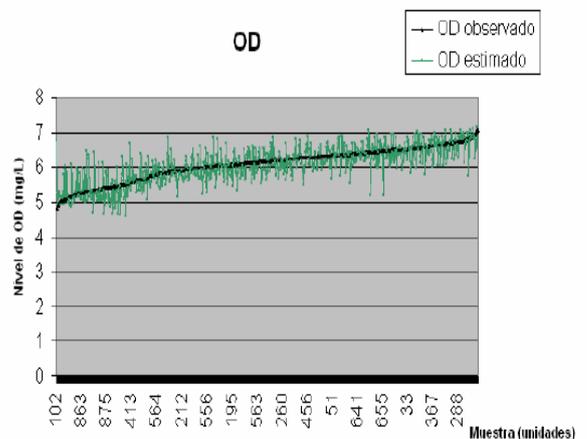


Figura 5. OD observado y estimado.

El coeficiente de correlación  $R^2$  del modelo de regresión es 0.6916 con error típico de 0.25, mientras que el modelo

difuso tiene un coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.9860 con error típico de 0.063, lo cual significa que el mejor es el difuso.

## DISCUSIÓN

El modelo difuso fue capaz de aproximar empíricamente la relación no lineal, dando un valor crisp de relación entrada-salida de acuerdo a las 8 reglas difusas usadas en la aplicación. La estimación del oxígeno disuelto podrá realizarse en cualquier parte de la Planta y permitirá conocer su valor ahorrando tiempo y sin necesidad de un oxímetro.

## CONCLUSIONES

Se ha presentado un método para estimar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para una planta piloto de

recirculación de agua para la crianza de peces usando técnicas estadísticas, regresión y lógica difusa. La selección de las variables independientes según la significación mediante el test t-student, la estimación de coeficientes por regresión múltiple con criterio de optimización por SSE, las funciones de membresía, las reglas de decisión y el razonamiento difuso, fueron explicados.

- Es posible reducir el error si aumentan las reglas.
- Los coeficientes usadas por las reglas difusas están calculadas con el criterio de que la suma de cuadrados sea la menor, lo cual implica una mejor aproximación con el modelo difuso.

## REFERENCIAS

1. Hargreaves, J., Tucker, C. Measuring Dissolved Oxygen Concentration in Aquaculture. 2002. Southern Regional Aquaculture Center.
2. Pérez Sánchez, E. 2006. 3er Taller de Sistemas de Recirculación en Acuicultura 2006 [consultado en línea 09/2007]. [http://www.cetra.org.mx/htm/documents/Calidaddeagua-EunicePS\\_000.pdf](http://www.cetra.org.mx/htm/documents/Calidaddeagua-EunicePS_000.pdf)
3. Borja, F., González, O., Quintero de Vallejo, V. Diseño Modelo de estanques climatizados para el cultivo de tilapia roja, localizados en la zona fría del valle del Cauca. 2003. Colombia.
4. Ekster A, Wang Ji. Reliable DO Control Available. 2005. Water Environment & Technology, Vol. 17.
5. Gutiérrez, J., Riss, W., Ospina, R. Lógica Difusa como herramienta para la bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá-Colombia. 2004. Revista Caldasia. Cap. 26.
6. Sakawa, M. Fuzzy Sets and Interactive multiobjective optimization. 308 p. 1993. Plenum Press. USA.
7. Bezdek, J. Fuzzy Models for Pattern Recognition: Methods That Search for Structures in Data. 539p. 1992. IEEE. USA.
8. Freeman, L. Elementos de estadística aplicada. 1971. Euroamérica. España.
9. Ross, S. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y ciencias. 585 p. 2002. Mcgraw-Hill. México D.F.

**E-mail:**           jdavalo@pucp.edu.pe  
                          fvilela@pucp.edu.pe

# ASISTENCIA TÉCNICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS Y TALUDES PARA LA ADECUACIÓN DEL BOTADERO SAN LUIS Y PARA EL DISEÑO DE UNA TRINCHERA PARA EL MANEJO TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE SAN LUIS, DISTRITO DE PISCO, PROVINCIA DE PISCO, DEPARTAMENTO DE ICA

Huiman Cruz, Alberto

## INTRODUCCIÓN

El 15 de agosto de 2007, la zona sur del Perú sufrió un sismo de 7.9 grados en la escala de Richter, cuyo epicentro estuvo frente a Pisco, ocasionando un colapso en la mayoría de las edificaciones y de los servicios del manejo de residuos sólidos con que contaba la ciudad. Pisco no cuenta con un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos esta se viene realizando en un botadero denominado San Luis. Al encontramos ante una situación de emergencia y para evitar una propagación de vectores, CONAM realiza una convocatoria para tomar la mejor decisión, esta fue: crear un botadero controlado.

## OBJETIVOS

- Proporcionar asistencia técnica durante la construcción de plataformas y taludes en el botadero San Luis, para disponer los escombros.
- Diseñar la Plataforma para el enterramiento de los residuos sólidos, utilizando los métodos de ingeniería de los rellenos sanitarios durante tres meses.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales de ayuda fueron:

**Temático:** Perfil y el Expediente Técnico de Clausura del Botadero de San Luis.

**De dibujo y edición:** Software's: autocad y del paquete de Microsoft office.

El método empleado fue el siguiente:

Se asesoró a los funcionarios municipales para que lleven a cabo el acondicionamiento de residuos sólidos existentes en el botadero de San Luis, de la siguiente manera:

- Remover los residuos sólidos existentes de tal forma que tenga una cota final definida, para que encima de ellos se extienda los residuos de escombros.
- Triturar con el peso del tractor sobre oruga los escombros que en su mayoría eran de adobe.
- Acondicionar vías internas para una mejor facilidad del ingreso de los camiones volquetes que transportaban los residuos.
- El reacomodo de los residuos sólidos, respetando los 20 metros que tiene como ancho de dominio de la vía vecinal existente.
- Acondicionar el área de los residuos sólidos existente en una plataforma de las siguientes dimensiones:

Largo = 150 m, ancho = 50 m, altura = 2.35 metros, y talud de H/V: 3/1.

- Después de culminado el proceso de clausura, acondicionar las chimeneas en toda el área con un radio de 40 metros entre sí.
- Para una mejor disposición final de los residuos de escombros de parte de los camiones volqueteros; se recomendó acondicionar rampas de acceso cada 50 metros de separación entre ellos.
- Se recomendó mejorar la vía de acceso para un mejor tránsito de los camiones recolectores.

Se diseñó el método mas acorde para la disposición final de residuos, para ello se consideró que los planos elaborados contengan:

### Habilitación de Plataformas:

- Construcciones en Plataformas (Explanaciones, Construcción de Drenes de Lixiviado, Construcción de Chimeneas)

- Construcción de la Poza de Almacenamiento de Lixiviado.

Operación Diaria de Enterramiento de los Residuos Sólidos en Plataformas

- Conformación de Plataforma (Apilación y Carguío del Material de Cobertura, Transporte del Material de Cobertura, Esparcido y Compactación del Material de Cobertura, y Esparcido y Compactación de los Desechos Sólidos).

- Instalación de Quemadores

## RESULTADOS

- El botadero se encuentra ubicado en la Localidad de San Luis, Distrito de Pisco, Provincia de Pisco, Departamento de Pisco
- Actualmente ocupa un área de 5.9 ha y un perímetro de 1 074.8 m.
- La población considerada para el diseño de la plataforma es la suma del distrito de Pisco (70 996) y San Andrés (16 923): 87 919 habitantes.
- La generación per cápita del distrito de Pisco es 0.61 kg/hab./día y en San Andrés es 0.74 kg/hab./día, haciendo un promedio de: 0.68 kg/hab./día.
- La generación de residuos sólidos domiciliarios para el lapso de tres meses es de 13 989.67 m<sup>3</sup>.
- En función de la topografía se eligió como método el de **área**, para una vida útil de tres meses.

- El diseño incluye la colocación de geomembrana para la impermeabilización del suelo, evitando la filtración de los lixiviados.
- El diseño de los drenes de lixiviados está en función de la cantidad de lixiviado que se producirá y la profundidad (el ancho del dren está acondicionado a los 60 cm del ancho de chimenea).
- Se diseñó la construcción de una poza de almacenamiento de lixiviado de las siguientes dimensiones: Largo = 11.00 m, ancho = 11.00 m, y profundidad = 1.00 m.

## DISCUSIÓN

La visita de campo y la topografía del terreno, permitió determinar que la medida mas acorde para la adecuación del botadero era utilizar el método de área, además el construir trincheras resultaba costoso e innecesario (para una vida útil de tres meses), por ello se propuso que una plataforma grande era lo que Pisco requería para atender los residuos municipales y los escombros resultantes luego del sismo.

El presupuesto de la etapa de habilitación se detalla en el cuadro N° 01, y el presupuesto de operación en el cuadro N° 02.

**Cuadro N° 01: Presupuesto de la etapa de habilitación**

Presupuesto Habilitación	Valores en S/.
<b>Costo Directo:</b>	
- Mano de obra	93 372.84
- Materiales	121 375.69
- Equipos	143 593.55
- Gastos generales	27 040.14
- Utilidad 5%	17 917.10
- Sub total	403,299.33
- IGV 19%	76,626.87
<b>Total</b>	<b>479,926.20</b>

Fuente: Elaboración propia (costos al 31 de octubre de 2007).

**Cuadro N° 02: Presupuesto de la etapa de operación.**

Presupuesto Habilitación	Valores en S/.
- Operación diaria de enterramiento de los residuos sólidos	127,032.77
- Conformación de plataformas	126,792.20
- Apilación y carguío de material de cobertura	7,465.04
- Transporte y descarga del material de cobertura	92,901.49
- Esparcido y compactación de material de cobertura	5,080.77
- Esparcido y compactación de los residuos sólidos	21,344.90
- Instalación de quemadores	240.57
- Quemadores de gases	240.57
- Costo directo	127,032.77
- Gastos generales 7.5459%	9,585.77
- Utilidad 5%	6,351.64
- Sub total	142,970.18
- IGV 19%	27,164.33
<b>Total</b>	<b>170,134.51</b>

Fuente: elaboración propia (costos al 31 de octubre de 2007).

## CONCLUSIONES

- La decisión de construir un botadero controlado garantiza no solo una adecuada práctica de disposición de residuos ante la situación de emergencia de lugar, permite también el planeamiento local para la búsqueda de medidas ingenieriles duraderas que garanticen un sistema sostenible de disposición de residuos.
- La asistencia técnica proporcionada permitió aprovechar al máximo los residuos dispuestos, así el 20 % del material de cobertura utilizado provenía de los escombros a dispones.
- Para lograr controlar la posible propagación de vectores transmisores de enfermedades en la población afectada por el sismo, se sugirió que la mejor manera de garantizar el manejo de residuos sólidos era tratar al botadero existente como relleno sanitario, por ello pese a ser un botadero, se hicieron una serie de recomendaciones para que su tratamiento interno sea tipo relleno durante los tres meses calculados de existencia.



**Fotografía N° 01:** Transporte de escombros hacia el botadero, mediante el uso de volquetes.



**Fotografía N° 02:** Material de escombros dispuesto en el botadero conformando los terraplenes finales.



**Figura N° 01:** Distribución de estructuras en el Botadero San Luis

# METEORIZACIÓN E HIDROGEOQUÍMICA DE LOS RÍOS QUILISH Y PORCÓN EN LA CUENCA PORCÓN

## WEATHERING AND HYDROGEOCHEMISTRY'S QUILISH AND PORCÓN RIVERS IN THE PORCÓN BASIN

Carlos Malpica Sandoval<sup>a</sup>, Hugo Rivera Mantilla<sup>b</sup>, Sandra Rumay Villarreal<sup>a</sup> y Víctor Vargas Rodríguez<sup>a</sup>

### RESUMEN

Con los resultados obtenidos, podemos señalar que la meteorización produjo reacciones de hidrólisis, oxidación, disolución de silicatos, sulfuros y azufre originando minerales secundarios, iones y coloides (arcillas,  $H_4SiO_4$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeOOH$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $H_2AsO_4^-$ ,  $Cu^{2+}$ ), parte de los productos de la meteorización entran al sistema hidrológico y otra parte permanece en el suelo debido a su baja movilidad o por intercambio catiónico o aniónico; estas reacciones están determinadas por la energía libre, Eh y pH. El análisis hidrogeoquímico se basa en la energía libre, constante de equilibrio, índice de saturación, diagramas Eh-pH,  $rNa/rCl$  y  $rCl/rHCO_3^{2-}$ , resultando agua de naturaleza cálcica-sódica, debido a la meteorización de los silicatos. Basándonos en los resultados obtenidos de los datos de energía libre determinamos que todas las reacciones están relacionadas con el índice de saturación, y basándonos en el diagrama Eh-pH, el hierro y aluminio reaccionan formando hidróxidos. Estudios petrológicos (30 muestras) y análisis hidrogeoquímico (9 muestras de agua), determinaron que los iones, coloides y moléculas originados por la meteorización de los silicatos y sulfuros que se encuentran en el río se deben a contaminación natural.

**Palabras claves:** Energía libre, índice de saturación, diagrama Eh-pH, disolución, hidrogeoquímica.

### ABSTRACT

With the results, we can point out that the weathering produced reactions of hydrolyse, oxidation, silicate's dissolution, sulphurs and sulphur reactions; originating secondary minerals (clays,  $H_4SiO_4$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeOOH$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $H_2AsO_4^-$ ,  $Cu^{2+}$ ), part of the weathering products going to the hydrologic system, and another part remains in the soil due to its low mobility, or for cationic or anionic interchange; these reactions are determined by the free energy, Eh and pH. The hydrochemistry analysis is based on the free energy, constant of balance, saturation index, graphs Eh-pH,  $rNa/rCl$  and  $rCl/rHCO_3^{2-}$  and, standing out to be calc-sodic water, due to the silicates weathering.

Basing on the results obtained of the information of free energy, we determined that all the reactions are related to the saturation index and basing on the graph Eh-pH, the iron and aluminium react forming hydroxides. Petrologic studies (30 samples) and hydrogeochemistry analysis (9 water samples), determined that the ions, colloids and molecules that are in the river owe to natural pollution.

**Key Words:** Free energy, saturation index, Eh-pH diagram, dissolution, hydrogeochemistry.

### INTRODUCCIÓN

El área de estudio se centra en la subcuenca del río Porcón en cuya cabecera de cuenca está el cerro Quilish, zona en conflicto entre la empresa Minera Yanacocha y la comunidad del mismo nombre.

La composición química del agua está controlada por el clima (frío y húmedo con períodos secos), la litología (volcánicos, piroclastos y domos de flujo), procesos biológicos y la actividad antrópica.

### OBJETIVOS

\* Conocer las reacciones de meteorización que originan a los iones, moléculas y coloides a través del estudio hidrogeoquímico.

\* Determinar de que forma (especiación) las sustancias que se encuentran en el río son transportadas.

### HIPOTESIS

El principal aporte de los contaminantes de la cuenca Porcón se debe a la meteorización que sufren las rocas que conforman la cuenca.

### MATERIALES Y METODOS

### GEOGRAFÍA

La subcuenca del río Porcón se ubica en el departamento de Cajamarca, en la cabecera de cuenca esta el cerro Quilish que alberga minerales metálicos.

El río Porcón es el receptor de las quebradas que drenan las laderas oeste y sur del cerro Quilish. Las aguas de la ladera este drenan por la quebrada Quilish, llamada aguas abajo como río Chilincaga. La ladera sur es drenada por el río Quilish. Ambas quebradas se unen

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Cajamarca.

<sup>b</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

aproximadamente a 8 km al sur del cerro Quilish para formar el río Porcón, que se une aguas abajo al río Grande (Fig. 1). Estas aguas sirven para el consumo humano de la ciudad de Cajamarca.

## GEOLOGÍA

Los procesos tectónicos y volcánicos muy activos de la cordillera de los Andes son los que causan su formación. Una secuencia de flujos silicios o lavas ricas en ácidos fluyeron a lo largo de los principales ductos estructurales dando lugar a una serie de estructuras de domos de flujo, formando parte de un cinturón volcánico que se extiende desde Cajamarca hasta la frontera ecuatoriana, a 350 km. Al noroeste estas rocas han sido localmente silicificadas y mineralizadas por soluciones hidrotermales ricas en oro, hay fracturas rellenas por azufre nativo y hematita.

Está formada por rocas volcánicas de la era terciaria que recubren un basamento cretáceo. Las rocas volcánicas terciarias incluyen piroclastos, tobas y andesitas.

En nuestra zona predominan andesitas con fenocristales de plagioclasas, su matriz tienen diferente grado de meteorización a arcillas y sericita; los piroxenos y anfíboles están como fenocristales alterados a cloritas. En las inmediaciones del río Chilincaga observamos zonas de alteración argílica fracturadas rellenas con azufre nativo y hematita (INGEMMET, MWH American).

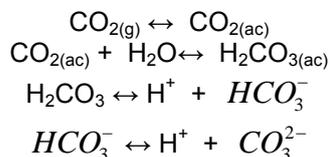
## PROCESO DE METEORIZACIÓN

La meteorización, como proceso de cambios físicos y químicos de los minerales y rocas en ambientes superficiales por acción de los agentes atmosféricos (ambiente geoquímico secundario); actúa para alcanzar el equilibrio entre los minerales primarios con las condiciones prevalecientes en el nuevo ambiente

### Condiciones Químicas en Superficie

#### Disolución del CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la Atmósfera

El proceso de disolución del CO<sub>2(g)</sub> en el agua es:



La solubilidad del gas aumenta todavía más cuando ocurre una reacción entre el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O.

De los datos del SENAMHI-Cajamarca en la atmósfera hay 0.033% de CO<sub>2(g)</sub>, a la temperatura máxima de 21,4 °C, le da un pH de 5,6; a la temperatura mínima de 7,2 °C le da un pH de 5,5 a la lluvia y al vapor de agua.

De los mismos datos del SENAMHI-Cajamarca, en la atmósfera hay 21% de O<sub>2(g)</sub> que a la temperatura máxima de 21,4°C la concentración de saturación del O<sub>2(g)</sub> es 9,5mg/l, a la temperatura mínima de 7,2°C la concentración de saturación del O<sub>2(g)</sub> es 12,18mg/l. en

la lluvia y el vapor de agua. Las condiciones atmosféricas imperantes, la lluvia y el vapor de agua son siempre ácidos y oxidantes.

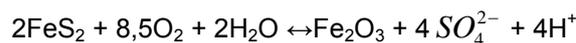
## METEORIZACIÓN EN LA SUBCUENCA

El proceso de meteorización produce una zona de oxidación-lixiviación, donde se originan la hidrólisis, hidratación y disolución.

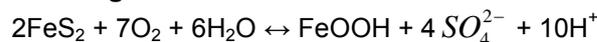
La meteorización de los minerales metálicos se debe a que el agua de lluvia o vapor de agua son oxidantes formando una solución agua – oxígeno - anhídrido carbónico, el cual penetra y oxida a los sulfuros, liberando los cationes metálicos y anión sulfato, estos pueden ser transportados en solución superficiales desde el lugar de oxidación a otro lugar, o penetrar en profundidad.

Para los silicatos, el proceso es el mismo, la meteorización cambia a los minerales primarios densos de las rocas por minerales pequeños, porosos y menos densos (en nuestro caso, arcillas, iones y moléculas) los cuales difieren en composición química y estructural de los minerales originarios.

### Modelo de Generación de Minerales Supérgenos Pirita a hematita



### Pirita a goethita

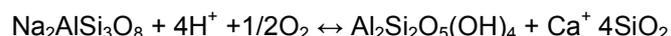
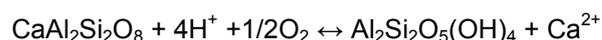


### Azufre

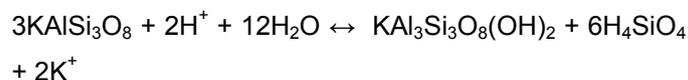


### Reacción de disolución de silicatos produce neutralización

#### Plagioclasa arcillas



#### Feldespato potásico – Sericita



#### Ácido ortosilícico a sílice amorfa



## HIDROGEOQUÍMICA

### Muestras de agua

Los datos son de la Mesa de Diálogo de Cajamarca entre la Minera y la Comunidad 2004-2005. Para el análisis se escogieron nueve (9) muestras tomadas en el mes de Marzo y nueve (9) del mes de Julio (Tabla 1).

Quilish: muestra 1 (QQUI-1) y 2 (QQUI-2)

- Porcón las muestras 3 (RPPM-2), 5 (RPPM-3) y 6 (RPO)
- Río Chilincaga la muestra 4 (RCHIL)
- 

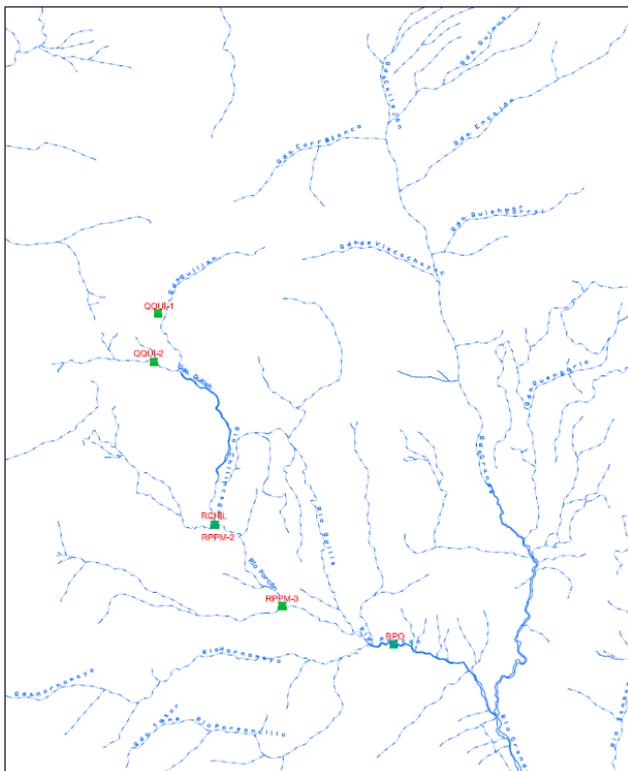


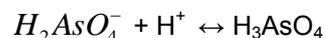
Fig.1 Mapa hidrográfico y de toma de muestras de la subcuenca Porcón

### Análisis Hidrogeoquímico

El transporte de un elemento químico por el drenaje superficial (sistema hidrológico) puede ocurrir bajo varias formas (Nesbitt, 1984). Por termodinámica y geoquímica, es posible evaluar en principio la probable distribución de los diferentes elementos entre las diversas formas indicadas. molecular (minerales), iones complejos, coloides y en partículas finas en suspensión

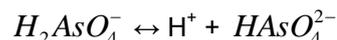
### Posibles Reacciones Químicas Producidas en el Río

Formación del ión arsenato:



SI = entre 13.38 a 8.92. En las condiciones que se tomaron las muestras la fase estable es  $H_2AsO_4^-$ ,

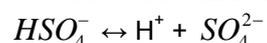
Formación del ión arsenito:



SI = entre -8.81 a -4.35

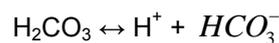
Se forma  $HAsO_4^{2-}$  y este cambio se debe a la variación del pH que sufre el agua.

Formación del sulfato:



SI = entre -9.16 a -7.84

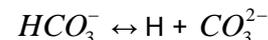
Los datos de SI y del diagrama Eh-pH demuestran que la fase estable es  $SO_4^{2-}$ , Formación del ácido carbónico:



SI = entre -4.51 a -4.06

En las condiciones que se obtuvieron las muestras si se forma el  $H_2CO_3$ .

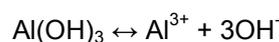
Formación del bicarbonato:



SI = entre -4,37 a -3.30

En las condiciones que se obtuvieron las muestras si se forma el  $HCO_3^-$ , la diferencia con las muestras 1 y 2 es el cambio de pH lo que ocasiona su formación.

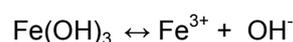
Formación del hidróxido de aluminio:



SI = entre 8.35 a 3.34

El  $Al(OH)_3$  se forma y es estable en cualquier parte del río.

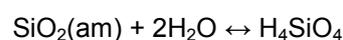
Formación del hidróxido de hierro:



SI = entre 5.46 a 0.70

El  $Fe(OH)_3$  se forma y es estable en cualquier parte del río .

Formación de sílice amorfa:

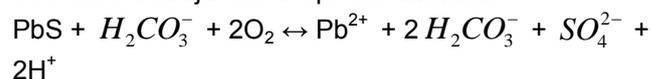


SI = No hay datos en el informe

Diagrama Eh-pH: En todas las muestras la fase estable es  $SiO_2(am)$ .

Los coloides permiten la migración de cationes y aniones que bajo determinadas condiciones de Eh-pH no sería posible; un ejemplo es el arsénico, que puede migrar como aniones complejos de arsenito o arsenato, en un amplísimo rango de condiciones Eh-pH (Brookim D. 1988). En presencia de coloides son adsorbidos neutralizando al coloide y precipitándose como gel. El hierro no puede migrar como  $Fe^{3+}$  pero si puede hacerlo como finas partículas de goethita.

La adsorción del plomo puede ser descrita como:  $FeOH + Pb^{2+} \leftrightarrow FeOPb + H^+$ , esto es importante en lo que se refiere a la fijación del plomo lixiviado:



El plomo así lixiviado puede migrar en pH ácido, pero a medida que éste sube, el plomo va quedando como catión adsorbido en goethita, cuando supera un pH de 6, todo el plomo ha sido retenido (Higueras P. y Oyarzun R.).

Según las proporciones  $rNa/Cl$  y  $rCl/rHCO_3^-$  (Ver Tabla N° 1) se puede afirmar que la composición química de las aguas del río es consecuencia de la meteorización de los silicatos. (Custodio, 1983).

## CONCLUSIONES

- La meteorización de los minerales de las rocas en la subcuenca es un proceso natural, sus reacciones químicas regulan el Eh y pH de las aguas y cuyos productos resultantes son transportados e incorporados al sistema hidrológico de la zona.
- Del análisis hidrogeoquímico se determinó que el agua es de naturaleza cálcica-sódica, y las únicas reacciones que se producen en el río son las de los elementos: aluminio, hierro y arsénico, ellos pueden ser transportados en suspensión o depositarse por precipitación.

Al formarse el arsenito, arsenato y el ión plomo, parte de estos elementos tóxicos son transportados por el río y la otra parte se encuentra en los sedimentos, al ser adsorbidos y precipitados por los coloides.

- hidrogeoquímica determinan que se forma la goethita, entonces hay la posibilidad que en los sedimentos se encuentre plomo y arsénico; por lo que sería necesario hacer tales estudios.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. David Gómez Hidalgo. por el apoyo brindado.

**TABLA Nº 1: ANÁLISIS QUÍMICO Y RELACIONES HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA DE LOS RÍOS QUILISH, PORCÓN Y CHILINCAGA**

Muestra	1		2		3		4		5		6	
<b>Aniones</b>	meq/l	act (mol/l)	meq/l	act (mol/l)								
HCO <sup>-2</sup> <sub>3</sub>	0.05	4.55x10 <sup>-5</sup>	0.03	2.44x10 <sup>-5</sup>	0.14	1.32x10 <sup>-4</sup>	0.21	1.92x10 <sup>-4</sup>	0.14	1.34x10 <sup>-4</sup>	0.56	5.33x10 <sup>-4</sup>
SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	0.12	5.34x10 <sup>-5</sup>	0.35	1.57x10 <sup>-4</sup>	1.39	5.70x10 <sup>-5</sup>	2.4	8.62x10 <sup>-4</sup>	0.98	3.88x10 <sup>-4</sup>	0.8	3.23x10 <sup>-4</sup>
CO <sup>-2</sup> <sub>3</sub>	7x10 <sup>-6</sup>	3.6x10 <sup>-4</sup>	3x10 <sup>-6</sup>	1.31x10 <sup>-9</sup>	9x10 <sup>-5</sup>	3.83x10 <sup>-8</sup>	9x10 <sup>-5</sup>	3.49x10 <sup>-5</sup>	2x10 <sup>-4</sup>	7.85x10 <sup>-8</sup>	0.002	9.51x10 <sup>-7</sup>
Cl <sup>-</sup>	0.004	4.1x10 <sup>-6</sup>	0.01	6.59x10 <sup>-6</sup>	0.06	5.24x10 <sup>-5</sup>	0.1	9.27x10 <sup>-5</sup>	0.03	2.86x10 <sup>-5</sup>	0.04	3.94x10 <sup>-5</sup>
<b>Suma</b>	0.17	1.03x10 <sup>-4</sup>	0.39	1.93x10 <sup>-4</sup>	1.59	2.41x10 <sup>-4</sup>	2.71	0.001	1.15	5.51x10 <sup>-4</sup>	1.4	8.96x10 <sup>-4</sup>
<b>Cationes</b>												
Ca	0.1	4.60x10 <sup>-5</sup>	0.24	1.05x10 <sup>-4</sup>	0.93	3.79x10 <sup>-4</sup>	3.34	1.13x10 <sup>-3</sup>	0.65	2.57x10 <sup>-4</sup>	1.06	4.28x10 <sup>-4</sup>
Na	0.04	3.80x10 <sup>-5</sup>	0.1	9.62x10 <sup>-5</sup>	0.32	3.10x10 <sup>-4</sup>	0.54	5.16x10 <sup>-4</sup>	0.22	2.11x10 <sup>-4</sup>	0.25	1.44x10 <sup>-4</sup>
Fe	0.01	2.60x10 <sup>-6</sup>	0.01	2.54x10 <sup>-6</sup>	0.07	2.37x10 <sup>-4</sup>	0.1	2.43x10 <sup>-5</sup>	0.04	1.26x10 <sup>-5</sup>	0.05	1.54x10 <sup>-5</sup>
K	0.01	8.80x10 <sup>-6</sup>	0.01	1.54x10 <sup>-5</sup>	0.05	4.28x10 <sup>-5</sup>	0.07	6.07x10 <sup>-5</sup>	0.03	2.92x10 <sup>-5</sup>	0.04	3.92x10 <sup>-5</sup>
Al	0.02	4.60x10 <sup>-6</sup>	0.16	1.31x10 <sup>-4</sup>	0.18	3.84x10 <sup>-5</sup>	0.26	4.33x10 <sup>-5</sup>	0.16	3.38x10 <sup>-5</sup>	0.16	3.43x10 <sup>-5</sup>
<b>Suma</b>	0.18	1.00x10 <sup>-4</sup>	0.52	2.32x10 <sup>-4</sup>	1.55	1.01x10 <sup>-3</sup>	4.31	0.002	1.1	5.44x10 <sup>-4</sup>	1.56	6.61x10 <sup>-4</sup>
T°C	13.7		14.0		13.7		13.7		13.8		17.8	
pH	6.24		6.01		6.85		6.69		7.17		7.64	
S.D.	2.3		30		96		149		72		89	
S.S	5		6		22		30		22		25	
Pb	0.001	4.48x10 <sup>-9</sup>	0.001		0.001	3.95x10 <sup>-9</sup>	0.001		0.001	3.80x10 <sup>-9</sup>	0.001	3.88x10 <sup>-9</sup>
As	0.001	1.23x10 <sup>-8</sup>	0.001		0.001	1.09x10 <sup>-8</sup>	0.001		0.001	1.05x10 <sup>-8</sup>	0.001	1.07x10 <sup>-8</sup>
H		5.64x10 <sup>-7</sup>				2.51x10 <sup>-7</sup>				6.40x10 <sup>-8</sup>		2.18x10 <sup>-8</sup>
rCl/ rHCO <sup>-2</sup> <sub>3</sub>	0.09		0.22		0.4		0.49		0.21		0.073	
rNa/rCl	8.81		14.39		5.67		5.33		7.07		6.17	
rCa/rNa	2.67		2.42		2.97		5.83		3.04		4.2	
Tipo agua	Ca-Na		Ca-Na									
Fuerza iónica	0.0003		0.0008		0.0022		0.0066		0.0031		0.0026	

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Custodio E, Llamas M. R..(1983).- *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona, 2350p.
2. Higuera, P. y Oyarzun, R. Curso de mineralogía y geoquímica ambiental. Internet, 57p.
3. Informe 2004-2005 de la Mesa de Diálogo de Cajamarca.
4. INGEMMET (1980).- Cuadrángulo de Cajamarca (15-f) Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional No. 31, Lima.
5. M W H American INC (2002).- Estudio de impacto ambiental proyecto cerro Negro, Vol I
6. Nesbitt, H. W. (1984).- Equilibrium diagram displaying chemical speciation and mineral stabilities in aqueous solutions in Environmental Geochemistry (M. E. Fleet, ed.) .Mineralogical Association of Canada, Ontario, *Short Course Handbook No. 10*, 15-44p.
7. SENAMHI (2006).- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Dirección regional de Cajamarca.

e-mail: cmalpicas@hotmail.com y hriverram@speedy.com.pe