

CIENCIA Y TECNOLOGIA



**Casa de la Cultura Ecuatoriana
"Benjamín Carrión"**

0001

2

Vol. I - N° 1, enero 2002

R6:0001
2002
n=1
Vol. I
9-1
1

CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA

Revista

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Quito – Ecuador

Vol. I, No. 1, febrero 2002

*Casa de la Cultura Ecuatoriana
"Benjamín Carrión"*

Presidente:

Escritor Raúl Pérez Torres

Secretario General

Dr. Marco Antonio Rodríguez

Ciencia y Tecnología

Director

Editor Científico

Dr. Luis A. Romo S.

Consejo Editorial:

Dr. Plutarco Naranjo V.

Dr. Bruce Hoeneisen

Dra. Laura Arcos

Dr. Melio Sáenz

Dr. Washington Benítez

ISBN: 9978-62-234-9

Impreso en Ecuador – Printed in Ecuador



E-mail: cce.benjamin Carrion@andinanet.net
www.cce.org.ec

R06632009

Guía para los autores

CIENCIA Y TECNOLOGÍA es una revista multidisciplinaria que recoge y publica trabajos de investigación básica y aplicada en los campos de la Física, Química, Biología, Medicina, Agricultura, Ciencias de la Tierra. Se incluyen también revisiones bibliográficas críticas de temas de contenido teórico que beneficien a la comunidad científica.

La extensión del trabajo debe ser de 6 a 12 páginas con texto de 13 cm. x 20 cm. escritas a doble espacio. El texto debe ser escrito en estilo sobrio: conciso y claro evitando el uso de palabras y frases imprecisas y debe contener:

RESUMEN (100 a 150 palabras); INTRODUCCION: (\approx 15% de la extensión del texto); MATERIALES Y METODOS (\approx 10% al 20%); RESULTADOS incluyendo el análisis de errores (\approx 20% al 30%); DISCUSION (\approx 15% al 20%); CONCLUSIONES (\approx 10%) y REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS que deben anotarse con corchetes en el texto ordinalmente y al fin del trabajo sin corchetes también ordinalmente.

Para revistas:

S. Frankel and R.J. Mysels, J.Phys. Chem., 84, 2018-2033 (1993) y para libros:

M. Litter, FARMACOLOGIA, 2ª Ed., El Ateneo, Buenos Aires, (1961), pp.....

LAS ILUSTRACIONES INCLUYEN: Tablas y Figuras que deben ser enumeradas y presentadas en hojas aparte indicando la ubicación en el texto.

En cuanto a los trabajos de investigación teórica cabe anotar que en el contenido y presentación deben sujetarse a los cánones internacionales.

CIENCIA Y TECNOLOGIA

CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN	
Dr. Luis A. Romo S.	9
ALFREDO PAREDES, MAESTRO E INVESTIGADOR	
Dr. Plutarco Naranjo	11
EL UNIVERSO VISTO POR EL DETECTOR D-CERO	
Dr. Bruce Hoeneisen	23
CÁLCULO CIENTÍFICO Y DESARROLLO	
Dr. Claude Carasso	29
LOS DILEMAS DE LAS MATEMÁTICAS EN EL ECUADOR	
Dr. Melio Sáenz	33
REMOCIÓN DE PETRÓLEO DE FUENTES DE AGUA MEDIANTE AD- ABSORBENTES NO-TÓXICOS	
Dr. Luis A. Romo S.	43
DETERMINACIÓN DEL RADÓN EN FUENTES TERMALES DE LAS PROVINCIAS DE IMBABURA Y PICHINCHA	
Físico Patricio Peñaherrera e Ing. M. Aragón	59
EL GAS NATURAL .	
Ing. Renán Criollo	77
EPIDEMIOLOGÍA DE LA CISTICERCOSIS PORCINA EN EL ECUADOR	
Dr. O. W. Benítez y colaboradores	91
PROPIEDADES FÍSICAS DEL FRUTO, PULPA Y JUGO DE LA NARANJILLA	
Ing. Juan de Dios Alvarado	115
INFORMACIONES CIENTÍFICO-CULTURALES	127
PREMIOS NÓBEL DE QUÍMICA, FÍSICA Y MEDICINA	129
EL PREMIO NACIONAL DE CULTURA "EUGENIO ESPEJO" ...	133

PRESENTACIÓN

La Casa de la Cultura Ecuatoriana mantiene el permanente empeño de promover el desarrollo cultural integral del Ecuador y así, el cultivo de las disciplinas humanísticas se robustece mediante el apoyo al cultivo de la ciencia.

La trascendental obra ya cumplida por la Institución, mediante la publicación de más de un centenar de ediciones del Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, debe continuar con el franco apoyo de la comunidad científica nacional.

El conocimiento en todas sus formas y particularmente el científico es útil únicamente en la medida que se lo exponga para el análisis crítico de los investigadores y para ser utilizado para resolver los problemas que menoscaban la integridad biológica de los seres humanos.

En los países en vías de desarrollo los informes de los investigadores son parte integrante de los archivos de los Centros de Educación Superior y de los Organismos del Estado. Al respecto, el especial empeño de la Casa de la Cultura Ecuatoriana es el de impulsar la creación científica ofreciendo a los investigadores el espacio para que expongan los logros de sus investigaciones.

Frente al proceso de globalización económica, creemos firmemente que debemos ofrecer nuestra respuesta cultural fundamentada en la solución de los problemas que impiden el progreso integral de la humanidad. Ciertamente que el cultivo de la ciencia y el aprovechamiento de los beneficios que generan sus aplicaciones deben servir para combatir el hambre y las enfermedades que azotan a nuestro pueblo.

El empeño de la Institución es el de demostrar que la inteligencia es patrimonio de la humanidad y que existe endógenamente la suficiente capacidad para hacer ciencia aunque el mayor impedimento es la falta de definición y vigencia de una política nacional de apoyo al cultivo de la ciencia.

La Casa de la Cultura Ecuatoriana invita cordialmente a los investigadores de los centros de educación superior y organismos estatales que ofrezcan sus contribuciones científicas y tecnológicas para ser publicadas en nuestra Revista "CIENCIA Y TECNOLOGÍA".

Creemos que el mancomunado esfuerzo que hagamos merecerá el reconocimiento de la sociedad ecuatoriana.

*Dr. Luis A. Romo S.
Editor Científico*

Alfredo Paredes

MAESTRO E INVESTIGADOR



Dr. Plutarco Naranjo
Academia Ecuatoriana
de Medicina

Academia Nacional
de Historia

Director Area
de Salud

Universidad Andina
Simón Bolívar

En mis veinte años de estudios, desde la escuela primaria hasta completar la carrera universitaria de medicina,

he tenido no menos de cien profesores. He buscado cuidadosamente en mi memoria y encuentro que no llegan a diez quienes han dejado huellas permanentes en mi espíritu. No más de 10 verdaderos maestros, entre los que se destaca Alfredo Paredes.

Hay una profunda diferencia en dimensión humana, entre quien enseña y quien educa. El primero transmite conocimientos y hasta puede hacerlo con eficiencia y éxito. Su objetivo es que el estudiante comprenda, asimile conocimientos, los grave en su memoria y pueda recordarlos cuando fuere necesario. El segundo, el maestro, no solo enseña, es el que educa, el que for-

ma, el que modela en el espíritu del niño y del joven como en material noble y hace de él hombre responsable, un ciudadano honorable, de personalidad sobresaliente.

El maestro también transmite conocimientos, pero por encima de ellos y con el propio ejemplo de su vida con el amor que pone en su obra, ofrece muchas de esas lecciones que no existen en texto alguno. El honorosísimo título de maestro no lo confiere universidad alguna, se lo reconocen, se lo reconocen sus discípulos y más allá de ellos, las generaciones futuras.

Nunca averigüé a Alfredo Paredes las motivaciones que le llevaron hacia la carrera de Química y Farmacia. Nacido en el seno de una patriarcal familia, presidida por un médico de vocación y en la que padre y madre cuidaban no sólo de enfermos sino también de sanos, con singular cariño, delicadeza y sencillez, quizá no fue difícil la decisión de seguir una carrera a fin a la medicina. En ésta ya se habían enrumado dos de sus hermanos mayores.

PROFESOR DEL COLEGIO BOLIVAR

Terminados los estudios universitarios, Paredes fue designado profesor de Ciencias Biológicas, del Colegio Bolívar, de su ciudad natal. Lo de profesor le vino, pues por nombramiento legal, pero de allí surgió el maestro. El amor hacia la naturaleza le venía por ancestro. Esos dos maravillosos viejecitos que fueron sus padres, fueron grandes enamorados de la naturaleza. Sus jardines y huertos —en cierta forma campos de experimentación—, eran la admiración de todo Ambato; desarrollaron hermosas variedades florales y las frutas cosechadas estaban entre las más hermosas y exquisitas de la región. También cuidaban de los animales. Su casa, con varios patios y jardines, estaba llena de canarios cantadores, jilgueros y mil aves, sin olvidar los bellos perros de raza y los gatos.

En las Ciencias Naturales, en especial en la botánica y la biología, Alfredo Paredes halló su vocación. A ellas se dedicó con devoción, con perseverancia y con toda su clara y penetrante inteligencia.

Muy pronto Paredes dominaba la biología, la botánica y la zoología, mucho más allá de los limitados horizontes de los programas de segunda enseñanza. Desde el comienzo, su clase fue diferente a la de sus colegas. Desde el inicio, abrió la discusión, incitó a la pregunta, el comentario; movió al discernimiento, a la duda, a la no aceptación de dogmas, al no sometimiento sin razón, sí a la discusión y raciocinio y al examen de opinión, de hipótesis o teorías científicas; su clase fue una especie de taller de trabajo colectivo, en

la que el estudiante participaba en forma muy directa. Sus exposiciones verbales siempre fueron seguidas con atención, pese a lo árido de ciertos capítulos, como los de taxonomía; nunca su lección fue aburrida, por el contrario, en ciertos campos de la biología como, en especial de las teorías lamarckiana, darwiniana y otras, la presentación del tema adquiría caracteres estimulantes de una novela histórica.

La enseñanza "secundaria" es esencialmente, dogmatizante pero Paredes buscaba la manera de no imponer dogmas y ante la perplejidad de sus alumnos, el calor de la discusión, con una sencillez, para nosotros totalmente desacostumbrada, ante alguna pregunta contestaba "no sé"; ese "no sé" que solo pueden pronunciar aquellas personalidades de recia contextura intelectual y moral.

Desde el comienzo, en forma natural, espontánea, Paredes, se convirtió en un guía espiritual de sus alumnos; sus disertaciones, cual conversación de un amigo mayor, iban mucho más lejos de la disciplina científica y muchas veces versaban sobre cualquier aspecto de la vida corriente. Hombre de gran corazón, enseñaba con la palabra y el ejemplo, no solo de las ciencias sino de la cordialidad, la generosidad, el respeto y amor a la humanidad, a los grandes ideales de progreso, de bienestar, de justicia; se inculcaba con tesón y el amor hacia la naturaleza.

Tal fue su dedicación a la ciencia y a su misión de maestro que con frecuencia se olvidaba de sí mismo; un tanto tardíamente formó su hogar. Se casó con una hermosa e inteligente mujer, Victoria Jarrín, que supo comprenderle y hacerle liviana, amable y agradable la vida, pese a los dolores físicos de los últimos años.

PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL

Poco tiempo llevaba de profesor en el colegio Bolívar cuando su fama había traspuesto los límites de lo local. Fue nombrado Director del Instituto Botánico de la Universidad Central, de ese Instituto que había sido la sede del trabajo científico del gran sabio italiano, Luis Sodiro.

Inició así una nueva y más trascendental fase de su vida. Formó muchas generaciones de médicos, agrónomos y sobre todo químico - farmacéuticos y desde entonces, dedicó buena parte de sus esfuerzos a una polifacética investigación científica.

Paredes fue autodidacto. Nadie le enseñó pedagogía ni métodos didácticos, no obstante fue un magnífico y un extraordinario maestro; nadie le enseñó la metodología de la investigación científica, sin embargo con

paso firme, se adentró en la investigación tanto de la flora ecuatoriana, como en el trabajo de laboratorio y en especial de la investigación fitoquímica, convirtiéndose en el pionero del análisis químico de muchas especies de interés científico y práctico, nunca siguió cursos sistemáticos de lenguas y pese a ello, muy pronto manejaba el latín con facilidad, y podía en esa lengua, leer los textos clásicos de descripciones de las plantas en especial las obras de Decandole, de Humboldt, de Kunt, Bomplan y otros, con la misma facilidad que podía leer las publicaciones científicas en inglés, francés y en portugués.

EL CIENTIFICO Y EL INVESTIGADOR

Los primeros años de actividad universitaria, época en la que todos los profesores eran a tiempo parcial, Paredes se dedicó no sólo a tiempo completo sino con dedicación total y exclusiva a la docencia, a la investigación botánica, a la recolección y clasificación de especies de nuestra riquísima flora ecuatorial, desde la que va del trópico hasta la que llega a las altas cumbres de los Andes. Siguió las pisadas de los grandes naturalistas, como La Condamine, Humboldt, Mayer, Sodiro y de algunos de sus propios maestros, del admirado Martínez a quien llamó "el peregrino de los Andes". Fruto de sus años de investigación botánica, fue la prospección florística del Tungurahua¹⁾, volcán que ofrece un ambiente ecológico totalmente distinto al de los otros nevados del Ecuador y con una flora muy particular; los estudios botánicos de los páramos de la hoya del Carchi, del Chimborazo, del Pichincha de las estribaciones occidentales de los Andes, en particular de la zona de Saloya y posteriormente sus extensos estudios de la flora del austro y en particular de la hoya de Loja.

Formar parte de una expedición botánica presidida por Paredes era un maravilloso privilegio. Con cierta frecuencia lo acompañaron profesores extranjeros y todos quedaron gratamente impresionados, no tanto por los conocimientos específicos del maestro sobre una determinada familia botánica, cuanto por su mente erudita, por su formación universalista; por igual podía ubicar con certeza una especie, que la encontraba por primera vez, dentro de la respectiva familia botánica, cuanto discurrir sobre aspectos climatológicos, sobre problemas biológicos o ecológicos, sobre aspectos geológicos, mineralógicos, edafológicos, etc. Paredes ni en el campo de la ciencia ni del humanismo, fue una personalidad unidimensional, por el contrario, fue polifacético, universal, a todo esto se unía esa rara cualidad de manejar los más difíciles temas científicos como si fueran un cuento, un relato atractivo e inolvidable²⁾.

Demás está mencionar que en cada excursión botánica, Paredes y sus ayudantes y voluntarios recogíamos ejemplares de las plantas e iniciábamos de inmediato, el largo proceso de aprisionarlos en las prensas manuales, en medio de periódicos, luego desecarlas y colocarlas en sendas cartulinas. Este material enriquecía el Herbario. Más tarde venía el laborioso trabajo del maestro de hacer la identificación botánica, por lo menos de las especies de las que existían referencias en los textos en latín.

EL PUBLICISTA

Paredes comprendió que la investigación científica no es una actividad para el propio deleite del investigador, que los resultados del trabajo de campo o de laboratorio deben hacerse conocer a fin de que rindan los frutos esperados, como nuevo conocimiento, como enseñanza y aun como simple ejemplo. Fundó la revista "Boletín del Instituto Botánico", que alcanzó una alta circulación internacional. La primera parte de la revista estuvo dedicada a publicar trabajos de investigación del propio instituto, también trabajos de profesores extranjeros y una sección, algo insólita en esa época, estaba dedicada a publicar pequeños trabajos de los propios estudiantes, a quienes estimulaba a dar los primeros pasos en la difícil tarea de escribir. Años más tarde inició la publicación de una revista bibliográfica, destinada a llenar un vacío en un país sin bibliotecas actualizadas y sin servicios de documentación. La importante revista vivió poco, pues demandaba un cuantioso esfuerzo y las dificultades de publicación se volvieron insalvables.

Tuve el privilegio de ser ayudante ad-honorem, en el Colegio Bolívar y su ayudante de cátedra en la Universidad. En esa posición acompañé a Paredes en varias de sus excursiones botánicas, en diferentes trabajos e investigaciones en el Instituto y en la publicación del Boletín, en el cual aparecieron varios de mis artículos.

FARMACÉUTICO DEL IESS

Por razones estrictamente económicas, Paredes tuvo que aceptar ser el farmacéutico del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y representante legal de la farmacia central de la institución. Con su espíritu de renovación y de mejorar las cosas, inició su trabajo a tiempo parcial. Pronto descubrió que el trabajo era burocrático, monótono y científicamente nada gratificante. Después de poco tiempo renunció a tal función y volvió a su dedicación en el Instituto Botánico.

CREADOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES

Ese espíritu integrador como se diría hoy, de Paredes, no se avenía fácilmente al estrecho límite de la botánica, pese a que esta disciplina, por sí sola, es tan amplia y tan hermosa. Con el apoyo de las autoridades universitarias consiguió que el Instituto Botánico, sea transformado en algo más amplio, en el Instituto de Ciencias Naturales, que ha sobrevivido algunos años a pesar de las vicisitudes que corrió la universidad entera.

La idea fundamental fue asociar en un Instituto a docentes, profesores, investigadores, en ciencias afines, entre los cuales había importantes colegas, como el prestigioso profesor de Zoología Gustavo Arcés, el profesor e investigador de Minerología, capitán Jorge Rivadencira. Otro magnífico maestro y autor de muchas publicaciones, Dr. Antonio Santiana, que desempeñaba la cátedra de Antropología; el Ing. Alberto Larrea, profesor de Física y en fin, otros destacados profesores. La asociación de tales cátedras daba la oportunidad de que los respectivos profesores discutan problemas comunes, colaboren en proyectos de investigación y se fomente su espíritu de unión y mejor servicio a la Universidad, a los estudiantes y a las ciencias.

Pronto el Instituto se convirtió en una especie de academia en la que semanalmente, se discutían desde problemas de disciplinas nacentes, como la genética hasta aspectos avanzados de la teoría de la relatividad. Fue el primer director del Instituto, su carisma y don de gentes, le permitieron ser el animador de las reuniones y discusiones.

COOPERACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE LOJA

La Universidad de Loja, de reciente fundación, le pidió a Paredes su valiosa colaboración para que iniciara la cátedra de Botánica y la formación del herbario. Con su don de generosidad y ayuda, pese a la problemática que le resultaba dejar a su familia, aceptó el contrato. Con esa sencillez e ingenuidad que nos conversaba acerca de su vida, con esa sonrisa, nos relató que para ir a Loja se hizo confeccionar un terno y compró una camisa y corbata nueva. Cuando se estrenó, su hijito, Julio de 4 a 5 años, de edad, le dijo "Ve, papá parece señor".

La estada en Loja fue extremadamente útil para la universidad de esa ciudad, pero no pudo por razones familiares, prolongar su colaboración directa con la universidad no obstante a las insistentes presiones de las autoridades.

Lo importante es que dejó la semilla de la investigación de la rica flora de Loja y de una ejemplar enseñanza. Además tuvo la oportunidad de publicar los resultados de las excursiones florísticas.^(3 y 4)

DECANO DE LA FACULTAD DE BIOQUIMICA Y FARMACIA

Aunque dedicado al cultivo e investigación botánica, Paredes nunca olvidó su formación de Químico Farmacéutico, y cuando la universidad llegó al nivel apropiado de crecimiento, Paredes, consideró que era indispensable ampliar los estudios e investigaciones ya no solamente en la Farmacia sino en nuevas disciplinas como la bioquímica, la farmacología, etc.

Fue el precursor fundador y primer decano de la Facultad de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Central, Facultad a la que sin cálculos pequeños, sin mezquinarse tiempo, dedicó grandes esfuerzos en su deseo de convertirla en una de las más importantes instituciones universitarias.

LAS INVESTIGACIONES FITOQUIMICAS DE LAS PLANTAS MEDICINALES

Entre las tantas disciplinas científicas que le enamoraban, la fitoquímica era su novia. Desde sus años iniciales como maestro universitario comenzó el estudio de plantas nativas y la investigación fitoquímica ^(5,6,7) Entre sus primeros trabajos cabe destacar, el estudio de los alcaloides del chamico (*Datura tatula*). Descubrió que las hojas, las flores, los frutos, sobre todo las semillas tenían atropina, hiosciamina y otros alcaloides.⁽⁸⁾

Era la época de la II Guerra Mundial y los extractos de belladona que se usaban en la terapéutica por el contenido en atropina, ya no pudieron ser importados. Pudo haberse dedicado a producir el extracto de chamico y venderlo a las farmacias, que en ese tiempo despachaban casi solo fórmulas magistrales, pero Paredes no tenía espíritu para comercializar su descubrimiento científico. Otros farmacéuticos sí se dedicaron a dicha extracción, desde luego en beneficio para los pacientes ecuatorianos.

Son numerosas las contribuciones que Paredes ha realizado en el campo de la fitoquímica; su ilusión fue estudiar el contenido de principios activos de la mayoría de las plantas medicinales del Ecuador, así como el estudio del contenido químico de muchas otras especies de interés económico o industrial.

PAREDES Y LA PENICILINA

Por aquella época la penicilina, estaba haciendo espectaculares milagros en los pocos países, que tenían acceso a esa prodigiosa substancia producida por el hongo *Penicillium notatum*. El que escribe estas líneas tuvo la oportunidad de conseguir una muestra del hongo, de los Laboratorios LIFE,

que estaba comenzando a cultivarlo. Con el doctor Paredes convinimos en que yo me encargaba de realizar los cultivos del hongo⁹⁾ y el desarrollar las técnicas para obtener el principio activo. Tuvimos éxito en esta fase del trabajo hasta producir extractos concentrados y hacerles ensayar en pacientes con infecciones cutáneas.

Pasando a otro tema, el gobierno, por su cuenta, creó el Instituto Nacional de Cultura, que poco después se transformó, bajo la acertada dirección de ese gran ecuatoriano, Manuel Benjamín Carrión, con los más prestigiosos ecuatorianos. Entre otras actividades auspició una conferencia del Dr. Paredes, como miembro titular, quien presentó los resultados del trabajo de extracción de la penicilina. Publicamos la monografía sobre el cultivo del *Penicillium* y la extracción del principio activo.¹⁰⁾

De nuevo Paredes no extrajo el antibiótico con miras utilitarias, en su beneficio, sino por la satisfacción científica. Desde luego descubrió que lo peor, en esos tiempos, era que el país no estaba preparado para una industria farmacéutica de la magnitud que se necesita para producir la penicilina.

También investigó algunas otras plantas de posible uso industrial¹¹⁾.

LA SALUD QUEBRANTADA

Su dedicación total y absoluta a la universidad, institución que nunca y peor en esas épocas pudo retribuir apropiadamente a un profesor de estas cualidades, tuvieron sus consecuencias, su salud se quebrantó para no mencionar el problema de salud de su familia que también supo soportar con abnegación y estoicamente, las privaciones materiales, cuando por delante estaban los altos intereses de la docencia, la investigación y más responsabilidades que había asumido. Con su salud bastante deteriorada, Paredes, tuvo que jubilarse de la Universidad Central, en forma prematura. Felizmente sus afecciones no fueron muy graves y con el necesario reposo y el tratamiento oportuno fue recuperándose.

EN LA POLITECNICA Y NUEVAS INVESTIGACIONES FITOQUIMICAS

Aún tenía algunos achaques pero sus apreciados discípulos y los distinguidos profesores de la Escuela Politécnica Nacional (aunque tenía el nombre tradicional de escuela, tenía su rango universitario y concedía títulos de Ingeniería) le pidieron e insistieron en que se incorporara como profesor de la Institución. El propio rector Ing. Rubén Orellana, uno de los más destaca-

dos rectores universitarios del país que con sobrado mérito dirigió los destinos y progresos de la Politécnica, le pidió personalmente que colabore con dicho centro de docencia e investigaciones, ofreciéndole condiciones que le permitirían seguir el proceso de su recuperación de salud. La Politécnica tenía laboratorios bien dotados y recursos apropiados para la investigación fitoquímica muy superiores a los de la Universidad Central.

Paredes no pudo negarse, y aun a riesgo de empeorar su salud, mas con gran ilusión de volver a un excelente laboratorio, aceptó el cometido y reanudó sus investigaciones. Volcó todo su entusiasmo en el estudio de plantas medicinales y sobre todo en la quimiotaxonomía de la flora del Ecuador ⁽¹²⁻¹⁶⁾.

El Ecuador era y sigue siendo muy rico en plantas aromáticas, de las cuales solo había referencia etnobotánica y etnomédicas. Se dedicó entonces, con renovado afán al estudio de varias Piperáceas y otras especies y los resultados se publicaron en la serie más extensa de sus investigaciones⁽¹⁷⁻²⁰⁾.

Por aquella época comenzó el auge de la semisíntesis de hormonas estrogénicas y de antiinflamatorios a partir de esteroides obtenidos de varias plantas. Paredes abordó el problema de estudiar el contenido de solasodina, en algunas plantas nativas entre ellas del guapag *Solanum* sp.

Fundó y dirigió una nueva e importante publicación de la Revista de la Escuela Politécnica Nacional, en cuyas páginas precisamente aparecieron sus últimos trabajos, los mismos que constituyen el más serio y amplio ensayo que en este país se ha realizado sobre fitoquímica de especies medicinales.

Paredes no se precipitaba a publicar cualquier cosa por el mero afán de aparecer en "letras de molde". Por el contrario, ajeno a la publicidad barata, publicó poco, pero de lo mejor, sólo aquello maduro y bien elaborado. Pero quizá exageró un tanto en esta posición y muchas valiosas contribuciones experimentales quedaron inéditas y lo que es peor, en sólo protocolos de trabajo.

EL HOMBRE BUENO

Hombre de bondad infinita, jamás negó un favor a quien lo solicitase, jamás desilusionó a un estudiante, por lo contrario a todos estimuló al estudio, a la búsqueda bibliográfica, a la investigación; en todos sembró inquietudes científicas, a todos alentó a seguir el camino del progreso. Si alguna otra universidad o cualquier institución requirió su colaboración, en forma de conferencia, cursillo o asesoría; Paredes estuvo pronto a ofrecer sus conoci-

mientos y experiencia para él lo esencial fue servir a los demás, servir a la cultura, a las ciencias. A Paredes la ciencia y la universidad ecuatoriana le deben invaluables servicios.

En el centro de documentos científicos de la Casa de la Cultura Ecuatoriana existe una galería de los más importantes científicos ecuatorianos, con justicia y para recuerdo imperecedero, allí está la efigie de Paredes, junto a Espejo, a Pedro Vicente Maldonado, a González Suárez, a Francisco Campos, a Antonio Santiana y una veintena de quienes han hecho la ciencia ecuatoriana.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- PAREDES, A.: Una excursión botánica al Tungurahua. Boletín Inst. Botánico. 2: 8-65, 1942.
- 2.- PAREDES, A.: La ciencia y la lucha doctrinaria contemporánea, Frente al problema de la herencia biológica. Boletín Inst. Ciencias Naturales 1: 178-190, 1952.
- 3.- PAREDES, A.: Anotaciones florísticas del Valle de Loja. Bol. Instit. Botán. Univer. Central. 4: 200-216, 1945.
- 4.- PAREDES, A.: Anotaciones florísticas del Valle de Loja. (Caracteres geológicos y edafológicos). Bol. Instit. Botán. Univer. Central. 5: 200-216, 1945.
- 5.- PAREDES, A.: Plantas usadas por nuestros aborígenes. Boletín Inst. Cien. Natur. 2: 76-90, 1996.
- 6.- PAREDES, A.: Especies ecuatorianas de importancia industrial. Boletín Inst. Cien. Natur. 1: 80-99, 1952.
- 7.- PAREDES, A.: Extracción de Sitosterinas por el método de precipitación del esteroide. Revista Inst. Cienc. Natur. 1: 92-96, 1959.
- 8.- PAREDES, A.: El Chamico (Conclusión). Boletín Inst. Botánico. 3: 37-56. 1943.
- 9.- NARANJO, P.: El *Penicillium notatum* en el Ecuador. Bol. Instit. Botán. 56, 1943.
- 10.- PAREDES, A.: Una especie textil ecuatoriana. Boletín Inst. Botánico, 8: 3-14, 1949.
- 11.- PAREDES, A.: Índice Quimiotaxonómico de la Flora económica del Ecuador. Politécnica 1, (1): 119-185, 1967.
- 12.- PAREDES, A.: Índice Quimiotaxonómico de la Flora económica del Ecuador. Politécnica 1, (2): 119-141, 1968.

- 13.- PAREDES, A.: Índice Quimiotaxonómico de la Flora económica del Ecuador. *Politécnica 1*, (3): 151-165, 1969.
- 14.- PAREDES, A.: Índice Quimiotaxonómico de la Flora económica del Ecuador. *Politécnica 1*, (3): 151-165, 1969.
- 15.- PAREDES, A.: Índice Quimiotaxonómico de la Flora Económica del Ecuador. Colección del Herbario de la Escuela Politécnica Nacional. 2, (1): 165-181, 1969.
- 16.- PAREDES, A.; Martinot, P. y Arteaga, M.: Prospección fitoquímica de la Flora económica del Ecuador. *Politécnica 2*, (2): 457-487, 1970.
- 17.- PAREDES, A.: Especies aromáticas de la Flora Ecuatoriana. *Politécnica 2* (2): 171 - 178, 1971.
- 18.- PAREDES, A.: Especies aromáticas de la Flora Ecuatoriana. *Politécnica 3*, (1): 163-170, 1973.

El Universo Visto Por El Detector D-cero

Dr. Bruce Hoeneisen

Universidad San Francisco de Quito

Correo electrónico: bruce1@fnal.gov

Resumen: Se describen diez años de investigación en el experimento "D-cero" en el colisionador de protones y anti-protones Tevatrón de FERMILAB.

Desde lejos se ve una pradera con la flora autóctona del continente americano y la fauna más diversa: ardillas, ardillas listadas, conejos, venados, zorros rojos, coyotes, topos, castores, serpientes, gato montés, zorrillos, mapaches, cientos de miles de gansos canadienses y otras 180 especies de aves. Bajo ese paisaje natural se esconde el microscopio de mayor resolución de la humanidad. Se trata del acelerador de partículas "Tevatrón" en el laboratorio "FERMILAB" (a una hora al oeste de Chicago) y los dos gigantes detectores "CDF" y "D-cero". El experimento D-cero, que se ilustra en la Figura 1, es realizado por una colaboración de 362 físicos de 56 instituciones, entre ellos la Universidad San Francisco de Quito. En este artículo describiré la aventura de descifrar el mundo microscópico en el interior del protón.

El Tevatrón es un acelerador circular con una circunferencia de 6.283 metros (¡solo a un físico se le puede ocurrir escoger una circunferencia de 2π kilómetros!). En un sentido giran protones (o núcleos de átomos de hidrógeno), y en el otro sentido giran anti-protones (la antipartícula correspondiente al protón). Estas partículas colisionan en el centro del detector D-cero. En toda su historia de 14 años el Tevatrón ha pagado cientos de millones de dólares en cuentas de energía eléctrica para acelerar y colisionar aproximadamente ¡0.0000000001 gramos de hidrógeno! Ocurren millones de colisiones de protones y anti-protones cada segundo, y en cada colisión se crean hasta un centenar de partículas. Estas partículas son observadas por

aproximadamente un millón de detectores que componen el gigantesco "microscopio" (o detector) D-cero. ¡Este instrumento pesa 6.000 toneladas! Cada colisión se examina para ver si es de interés. Tan solo una colisión en cien mil es escogida para ser grabada en cinta magnética y ser analizada en detalle posteriormente. Aún así grabamos cerca de cien mil cintas magnéticas entre los años 1992 y 1996. En el año 2001 hemos iniciado la "Corrida II" y estamos tomando datos a una tasa diez veces mayor que en la corrida anterior.

La mayor parte del trabajo en un experimento de física de altas energías es ingeniería: diseño, investigación y desarrollo, construcción, puesta en marcha, calibración y operación del detector. El último diseño del autor se presenta en la Figura 2.

¿Qué es lo que pretendemos aprender con este fantástico instrumento al borde de la tecnología de punta de la humanidad? Queremos mirar dentro del protón y descubrir y entender las partículas más elementales que constituyen este universo. Para hacerlo colisionamos protones contra anti-protones. Es como reconstruir un automóvil chocando un Mercedes Benz con un Vitara y estudiando los pedacitos de carburador, cigüeñal, bielas y asientos que resultan del choque. Pero, ¡oh sorpresa!, no observamos pedacitos de Mercedes Benz y Vitara. Como resultado del choque observamos un Suzuki cero kilómetros, dos San Remos nuevecitos, un Vitara completo, y de vez en cuando una volqueta o una motoniveladora recién salidas de fábrica! Así, chocando protones contra anti-protones, observamos partículas con nombres divertidos: "piones, kaones, electrones, fotones, muones", e incluso protones y anti-protones. Es que aquí ocurre lo contrario que en una bomba nuclear. Mientras que en esta se convierte masa en energía, en el Tevatrón es la energía cinética de los protones y anti-protones que colisionan la que se materializa en un centenar de partículas. Y observando estas partículas tratamos de reconstruir el mundo fantástico dentro del protón.

¿De qué está hecho el universo? Como todos sabemos, de átomos. Y la "Tabla de Mendeleev" de los átomos (1871) nos dice a gritos que estos tienen una estructura interna que explica las simetrías de la tabla. Esta estructura interna se entendió gracias al experimento de Rutherford (1911), que descubrió que el átomo es como un sistema planetario con electrones que giran alrededor de un núcleo pequeño y masivo, y con el "modelo del átomo de Bohr" (1913). Luego Chadwig descubrió que el núcleo atómico está formado por protones y neutrones (1932). Una partícula que casi no tiene masa ni interacciones, el "neutrino", fue propuesta en 1930 por Pauli, y descubierta en 1953 por Reines y Cowan. Y, mediante rayos cósmicos o aceleradores de partículas, se descubrió un electrón pesado llamado "muón", "bariones" co-

mo el protón y neutrón ("cascadas, sigmas, lambdas, omegas", etc.), y "mesones" ("piones, kaones, rho, eta", etc.). Esta "Tabla de Bariones y Mesones" nos decía que estas partículas tienen una estructura interna que explica las simetrías de la tabla. Y fueron Gell-Mann y Zweig quienes explicaron estas simetrías (1964). Propusieron (en forma independiente) que existen tres tipos de "quarks" en la naturaleza, los quarks "u", "d" y "s", y que los "bariones" están formados por tres quarks y los "mesones" por un quark y un anti-quark. Por ejemplo, el protón está compuesto por los quarks "uud", el neutrón por "udd" y el "pión positivo" por un quark "u" y un anti-quark "d".

El quark y anti-quark en un pión están unidos entre sí por un resorte (llamado "gluón"). En una colisión se estira el resorte y se rompe liberando su energía que se materializa en un nuevo par quark-antiquark. Así en la colisión se obtienen dos piones completos y no pedacitos de un pión.

León Lederman y colaboradores descubrieron un nuevo neutrino. Y en los años setenta se descubrió un cuarto quark, el quark "c" (Burton Richter, Sam Ting y colaboradores), un nuevo electrón pesado (o "leptón"), el "tau", y un quinto quark, el "b". Y así llegamos a la "Tabla de Seis Quarks y Seis Leptones" que estaba completa salvo por una sola partícula: el quark "top", o simplemente "t". Y debíamos descubrir el quark "top" con las propiedades predichas para completar el rompecabezas de la naturaleza, ¡o para comenzar de nuevo! Así se inició la búsqueda del último quark de la naturaleza desde 1976, hasta que al fin culminó con el anuncio simultáneo de su descubrimiento por los experimentos CDF y D-cero en FERMILAB, el 24 de febrero de 1995. ¡La actividad frenética de esos últimos días estuvo llena de adrenalina!

Relatemos brevemente el descubrimiento del quark "top". Fue como encontrar una aguja en un pajar. En la mayor parte de las colisiones protón-anti-protón se producen quarks livianos ("u", "d" y "s"). Solo en una colisión cada cien mil millones se observa un par quark-antiquark "top". ¿Cómo distinguir ese evento entre tanta "basura"? He allí el desafío. El quark "top" es inestable y decae en una partícula llamada "W" y en un quark "b". El "W" a su vez decae en dos "chorros" (o "jets") de partículas, o en un electrón y un neutrino, o en un muón y un neutrino. El neutrino casi no interacciona con la materia de manera que sabemos de su presencia solo por la "energía faltante" que deja en la colisión. El quark "b" a su vez decae en un "jet" de partículas que puede contener un muón. Similares decaimientos tienen los anti-quarks "top". De esta manera buscamos colisiones de varias topologías: eventos con dos muones (o electrones), dos "jet" y energía faltante; o eventos con un muón (o electrón), cuatro "jets" y energía faltante; o eventos con seis "jets" sin energía faltante.

En 1994 publicamos el resultado de nuestra primera búsqueda del quark "top". Con los datos registrados hasta ese entonces teníamos tres candidatos de par "top-antitop", lo cual era compatible con la "basura" o "ruido" esperado. ¡Con estos datos establecimos que el quark "top" debía ser más masivo que 140 protones! Uno de los candidatos, el famoso "evento 417", contenía muy probablemente un par "top-antitop". De ese evento se dedujo que la masa del quark "top" más probable era 155 veces la masa del protón, pero que no se podía descartar una masa de hasta 213 veces la masa del protón.

A principios de 1995 habíamos acumulado 17 candidatos de par "top-antitop", con un "ruido" esperado de solo 4 eventos. El otro experimento en FERMILAB, el CDF, también obtuvo resultados similares. Fue entonces que anunciamos conjuntamente el descubrimiento en sendas publicaciones, el 24 de febrero de 1995. La medida final de la masa del quark "top" publicada por la colaboración D-cero basada en los datos obtenidos entre 1992 y 1996 es de 186 veces la masa del protón con un error de medida de solo 3%. Este descubrimiento estuvo al límite del alcance del experimento y fue posible gracias a las sofisticadas técnicas que desarrollamos para separar la "señal" del "ruido".

Y así completamos una tercera tabla llena de simetrías, la "Tabla de Quarks y Leptones". Habíamos comprendido la naturaleza a un nuevo nivel de resolución: de átomos, a electrones y núcleo, a bariones y mesones, a quarks y leptones. ¿Se acabó con esto la física? ¿Terminó la búsqueda de las piezas más fundamentales que construyen este universo? La respuesta es un categórico ¡no! La "Tabla de Quarks y Leptones" con sus múltiples simetrías nos dice que estas partículas tienen a su vez una estructura interna que explica esas simetrías. Y nadie atina a entender esa estructura interna. Ese es el propósito de la "Corrida II" del experimento D-cero que se inició en este año 2001. Queremos descubrir los secretos de la naturaleza a dimensiones más pequeñas y energías más elevadas que los quarks y leptones, queremos entender el origen de la masa de todas las partículas, queremos decifrar el origen de la asimetría entre materia y anti-materia en el universo (esa asimetría que nos permite estar aquí), queremos comprender la materia oscura que domina el cosmos, y queremos entender las condiciones que prevalecieron en el universo inmediatamente después del Big-Bang. Es terreno virgen y no sabemos qué hallaremos. Es el anhelo del hombre por entender la naturaleza. Es una aventura como la de Colón que zarpó en pos de una quimera.

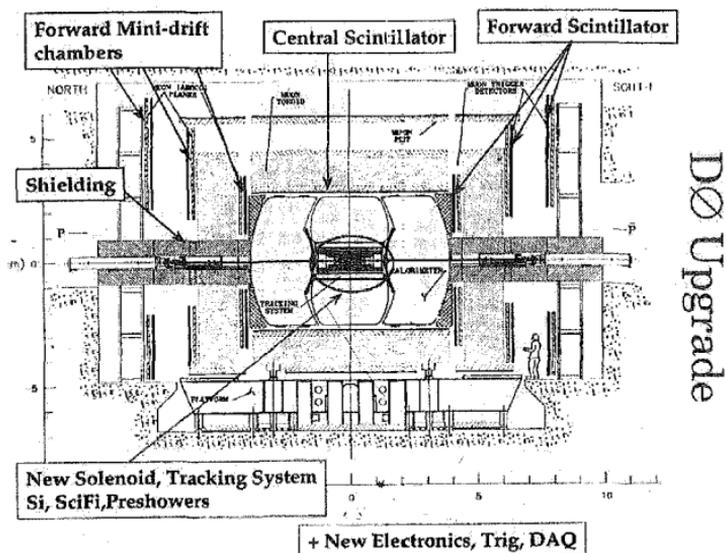
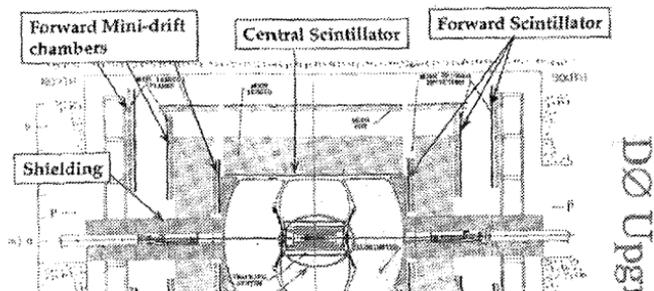


Figura 1: Corte del detector D-ccro. Desde el centro hacia afuera es tán el detector de vértice de silicio (800 mil canales), el detector de trayectorias de fibras ópticas (74 mil canales), los detectores de barras centelladora (para distinguir electrones de fotones, 22 mil canales), el solenoide super conductor en helio líquido, los calorímetros electrónicos y hadrónicos de uranio y argón líquido, los detectores de deriva para observar muones, y lo detectores centelladores para la detección temprana de muones y veto de rayos cósmicos. Entre los detectores de muones se encuentran los gigantesco electroimanes toroidales.

Figura 2: Primera de seis capas de un circuito impreso diseñado por e autor. Fibras ópticas emiten luz al ser atravesadas por una partícula cargada. Es ta luz es convertida a una señal eléctrica por detectores "VLPC" que operan : 7.5 grados Kelvin. Sesenta y cuatro de estas señales diminutas son amplificadas, discriminadas, digitalizadas, formateadas y almacenadas por el circuito de la figura. El circuito contiene un "chip" análogo especial de 64 canales con tecnología de 0.25 micro-metros, dos convertidores análogo-a-digital, un "Field Programmable Gate Array" (FPGA) con, tal vez, un millón de transistores CMOS, y dos reguladores de voltaje. El ancho del circuito es 33 milímetros.



Nota: El experimento D-cero se explica en "<http://www-d0.fnal.gov>". Seleccione, por ejemplo, "Results" y luego "Physics Highlights from D0" para una explicación general. Se emocionará viendo la bandera del Ecuador en uno de los experimentos más ambiciosos del mundo. Las publicaciones científicas se pueden obtener en "<http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/>" ingresando, por ejemplo, "find author Hoeneisen", o "find author Hoeneisen and title top" si le interesa el quark "top".

Cálculo Científico y Desarrollo

*Dr. Claude CARASSO**

*Profesor de la Universidad Jean Monnet
Saint Etienne - Francia*

El cálculo científico es un término genérico, que designa el conjunto de actividades que debe conducirnos a la simulación en computador de fenómenos en general muy complejos. La simulación de un fenómeno complejo en computador pasa por varias fases: la primera es una fase que llamamos de modelización, en la cual el especialista de la disciplina concernida y los matemáticos aplicados se encuentran involucrados en el proceso de establecer las ecuaciones, que permiten pensar que la solución de estas ecuaciones conducirá al conocimiento preciso de un fenómeno inabordable o difícilmente abordable por otros métodos.

Esta fase de modelización es una fase importante, difícil, a veces larga y es objeto de debates en el medio, en particular para los problemas que son esenciales para ciertas industrias. Podemos citar ejemplos.

Tomaré un ejemplo que tiene que ver directamente con el Ecuador en la medida en que el país tiene una sociedad de explotación petrolera, PETROECUADOR. Podemos afirmar que las diferentes fases de la industria petrolera, desde la búsqueda de petróleo hasta la explotación del recurso, constituyen una mina de problemas importantes a resolver y a modelizar.

Así, a nivel de la exploración petrolera, la actividad emplea en general métodos sísmicos que consisten en enviar una descarga enorme de sonido y, en función de la respuesta que se obtiene, a nivel de captadores colocados de cierta manera en el suelo, obtener la estructura geológica del suelo que está debajo del sitio en donde se hace la experiencia.

* Presidente-fundador de CLACSII, fallecido el 31 de enero 2000

La reconstitución de esta estructura geológica es un problema matemático difícil, lo llamamos un problema inverso y permite, en todo caso, a los geólogos, que cuentan con la simulación de estas capas geológicas, indicar si hay una probabilidad razonable de obtener petróleo si se perfora en el sitio en el que la experiencia se ha realizado. Este es uno de los campos, la simulación sísmica, en el cual invierten muchos recursos las compañías petroleras. A la hora actual es el método de búsqueda de petróleo a nivel mundial.

Una vez que el petróleo ha sido encontrado, determinamos sus características y propiedades. Durante la extracción del recurso, puede suceder que un pozo petrolero deje de producir a pesar de existir todavía petróleo en el subsuelo. Entonces se perfora otro pozo a cierta distancia del pozo productor. En una operación que se conoce como la recuperación asistida en la cual se inyecta agua en el segundo pozo perforado, para empujar el petróleo hacia el pozo productor. Este método tiene algunos inconvenientes en la medida en que siendo las viscosidades del petróleo y del agua diferentes, si no se tiene cuidado, a un momento dado, como se empuja petróleo y agua hacia el pozo productor, éste puede llegar a bombear únicamente agua.

Hay problemas a nivel del refinamiento y de la industrialización. En definitiva, el sector petrolero constituye una mina de problemas matemáticos.

Hemos citado el petróleo pero podemos citar también la aeronáutica por el cálculo de perfiles de avión, podemos citar los problemas de contaminación, cómo influyen los contaminantes que penetran en el suelo, cómo un gas contaminante puede contaminar durante el transporte, cómo una onda proveniente de una presa puede producir crecientes, a qué distancia, y qué precauciones tomar.

El dominio de aplicación del cálculo científico es muy importante. He citado simplemente la parte puramente ingenieril pero en el dominio económico, igualmente, la modelización de situaciones económicas como el cálculo de variaciones valores de la bolsa necesitan de recursos matemáticos bastante sofisticados y por lo tanto tienen necesidades de cálculo científico y de recursos computacionales que van juntos.

De ahí la importancia de desarrollar este sector que es considerado crucial para los países desarrollados. La importancia es tal, que las inversiones que se hacen en computadores de cálculo paralelo permiten calcular cada vez más rápido las soluciones de problemas cada vez más complicados, determinan que hay objetivamente un avance tecnológico importante de los países desarrollados, particularmente Europa, Estados Unidos, Japón, que aprovechan la debacle de la ex URSS, para comprar sus expetos aprovechando, de esta manera, el know-how desarrollado en esa época.

Los países latinoamericanos se encuentran retrasados, no especialmente en el plano matemático. Consideramos que el Ecuador está retrasado en el conocimiento matemático, pero es un atraso que puede resolverse de manera bastante rápida. El retraso propiamente dicho ocurre a nivel del cálculo científico, es decir en el saber pasar de las ecuaciones modelizadas a su simulación en computador y este saber hacer necesita de matemáticas muy particulares que llamamos el análisis numérico, el cálculo científico de manera general y es un sector muy importante a desarrollar en todos los países y muy particularmente, en el Ecuador.

El Ecuador que se beneficia de la empresa de petróleo, debe aprovechar de esta riqueza para resolver la tutela americana que vende muy caro los programas que ellos fabrican, pues demandan muchas horas de trabajo por año.

Si el Ecuador desarrolla sus conocimientos en Matemáticas y en Informática, será capaz de fabricar sus propios programas, de utilizarlos por supuesto, y de poder venderlos a otros países productores.

Ecuador tiene también un circuito económico ligado a la acuicultura, la comercialización de banano, hay diferentes sectores en los cuales se puede efectivamente modelizar y simular fenómenos económicos importantes para el país.

A nivel de la contaminación, la toma de conciencia sobre los problemas de contaminación en el país debe conducir a tomar medidas para, por una parte descontaminar y enseguida analizar la influencia de la contaminación en el país a largo plazo. Esta toma de conciencia es urgente, como ha ocurrido desde hace algunos años en los países europeos

Es lo que podemos decir sobre el cálculo científico. Creo que la Comunidad Europea, Francia en particular a su interior, están dispuestos a participar en un esfuerzo que Ecuador esté dispuesto a hacer en este sector. Creo que hay un potencial estudiantil y un potencial docente que ya está en plan de hacerlo, parece que una voluntad de parte de estos actores a la modelización y al cálculo científico. No queda más que pasar a la acción convirtiéndolo en uno de los objetivos prioritarios del país.

En este sentido, la América Latina y particularmente el Ecuador, se han dotado de una herramienta construida de común acuerdo con Francia: el CLACSII, Centro Latinoamericano de Cálculo Científico e Informática Industrial. Este Centro tiene por objetivo ser el interlocutor natural, entre las empresas ecuatorianas que tendrán necesidad de formación o de experiencia o de un trabajo de simulación. La empresa recurrirá directamente al CLACSII, Centro que tiene como vocación organizar la formación requerida, en-

contrar los expertos necesarios en el dominio considerado y a ejecutar las acciones, con las competencias locales, pero también las internacionales que pueden encontrarse en América del Sur, Europa y Estados Unidos, para responder a la demanda así hecha.

El CLACSII tiene una vocación internacional, es decir, que se trata de poner a disposición de los diferentes países que tienen una antena CLACSII, el conocimiento del conjunto de la comunidad científica, de manera de desarrollar el cálculo científico y el saber hacer a nivel de las empresas. Es una herramienta que está a la disposición de las empresas ecuatorianas y latinoamericanas, para satisfacer las necesidades de formación que se requerirán en todo nivel. No hay que dudar para recurrir a este organismo.

Los Dilemas de las Matemáticas en el Ecuador

Dr. Melio Sáenz

Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico
PETROECUADOR.

e-mail: msaenz@petroecuador.com.ec

Introducción.-

Mientras el conocimiento de las Matemáticas se desarrolla y profundiza de manera acelerada en los países industrializados, en aquellos denominados como economías emergentes padecen de la indiferencia y rechazo de parte de los estamentos sociales y de gobierno, los mismos que sin querer reconocer que el puntal fundamental del desarrollo y del progreso económico y social constituye el desarrollo propio de la Ciencia y de la Tecnología.

Con insistencia se quiere argumentar sobre la utilidad de las Matemáticas y sobre la importancia del conocimiento en la vida misma del ser humano. Queremos mostrar algunos ejemplos con los cuales estos argumentos quedan pulverizados por la fuerza de la realidad puesto, que en la solución de los problemas claves de la Humanidad han participado siempre las Ciencias y muy particularmente las Matemáticas.

Sucesivas evaluaciones realizadas en el sector educativo ecuatoriano muestran que éste se encuentra críticamente afectado en dos áreas fundamentales del conocimiento: la Lengua y las Matemáticas.

Queremos asumir nuestra responsabilidad frente al futuro del sistema educativo ecuatoriano proponiendo acciones concretas relativas al proceso educativo de las Matemáticas, que no constituyan la tradicional reforma instrumentada desde el sector oficial, sino verdaderas transformaciones que apuntalen el futuro del país y de sus habitantes en el contexto internacional.

1.- Matemáticas: Ciencia y Conciencia

Convertido en un lugar común, el cuestionamiento a la utilidad de las Matemáticas en la vida diaria nos posiciona en situación inestable frente al valor formativo del conocimiento. Si partimos de una concepción sistémica podemos entender el conocimiento como el resultado del proceso que nos conduce, desde la adquisición sensorial de los datos hasta la formulación de teoremas y de teorías que introducen armonía en la descripción fenomenológica de la naturaleza, de la vida y de la sociedad.

Cuando recibimos un estímulo sensorial de nuestro entorno, lo aprendemos según patrones conceptuales residentes en nuestro intelecto, los mismos que para ser compartidos necesitan utilizar los elementos simbólicos de aquel conjunto conocido como alfabeto sobre cuya combinación se construye el lenguaje. Este lenguaje es enriquecido a través de las nuevas experiencias y necesidades de adquisición y comprensión de conocimientos, fortaleciéndolo tanto en su uso cotidiano como en aquel de uso técnico y especializado.

Una vez que disponemos del aparato simbólico podemos ocuparnos de los rasgos comunes que resaltan entre varios sistemas observados. Estos rasgos comunes constituyen las estructuras de los sistemas, elementos que no necesariamente existen de manera tangible.

La historia del sistema, definida como el registro de lo acontecido, es una noción que tiene que ser limitada cuando la llevamos a la práctica en términos de nuestras propias necesidades de conocer, de decidir y de actuar puesto que, tratar de construirla de manera exhaustiva, constituye una utopía.

En efecto, para establecer la historia completa de un sistema necesitaríamos registrar todos y cada uno de los estados del mismo, lo que requeriría de mecanismos de adquisición continua de datos, su procesamiento en tiempo real y su almacenamiento en dispositivos magnéticos. Esto provocaría un volumen permanentemente creciente de información.

Ninguna de estas condiciones podemos cumplirlas sea por las limitaciones propias de la inteligencia humana o por el incipiente nivel de desarrollo tecnológico que la Humanidad ha alcanzado hasta nuestros días. Entonces tenemos que conformarnos con observar ciertos rasgos sobresalientes del comportamiento del sistema. Aquellos que nos interesan por considerarlos importantes para elaborar la descripción cualitativa y cuantitativa que necesitamos. Esto significa que alcanzaremos, en el mejor de los casos, una historia parcial del sistema, haciendo énfasis en la observación restringida a sólo una parte de las características y propiedades del fenómeno en mención.

Con el registro histórico construido necesitamos interpretar la información a la luz de nuestro conocimiento anterior, bagaje en el cual disponemos de las herramientas matemáticas como instrumentos privilegiados de procesamiento de la información y de formalización conceptual del conocimiento.

Los elementos matemáticos no existen más allá de nuestra mente. A diferencia de aquellos de la naturaleza, de la vida y de la sociedad cuya existencia extracorpórea permite convertirlos en objetos y sujetos de observación. Los elementos matemáticos han sido y son creados por el intelecto. Sus propiedades y atributos y características son bien definidas. Las relaciones que se pueden establecer entre ellos son exactas. Constituye éste el conocimiento perfecto y aquí surge el primer dilema: disponemos de una herramienta perfecta, estable, bien construida y bien fundamentada con la cual queremos aprehender la realidad de sistemas cuya historia es incompleta, restringida y limitada.

2.- Matemáticas y Realidad

Siendo la esencia del conocimiento matemático la abstracción, no han faltado personajes que traten de devaluar su importancia social al formular una clasificación que, felizmente, ha perdido vigencia y validez, pues nadie podrá contradecirnos en nuestra afirmación de que no existe conocimiento más humano que las Matemáticas, puesto que tanto sus objetos como sus métodos y relaciones son creación de la mente del hombre. En ella residen y en ella existen.

Y a pesar de su armoniosa existencia no corpórea, las herramientas matemáticas han servido desde siempre para solucionar problemas de la realidad.

Refiere la historia que un día el sabio Arquímedes fue visitado por un rico comerciante quien, consciente de la reputación de que gozaba el sabio, le desafió a que encontrara la proporción de oro y de plata con que se había fabricado un anillo. Sin llegar a destruirlo Arquímedes le dio la respuesta exacta a la cuestión.

Muchas veces el conocimiento matemático se adelantó a las necesidades de la vida real, lo que contribuyó a formentar las divisiones entre las Matemáticas Puras y las Aplicadas. Pero preguntémosnos si los avances de las ciencias y de las técnicas habrían sido posibles si éstas no contaban con el aparato matemático correspondiente. Desde la solución de problemas cotidianos hasta las sofisticadas necesidades de los viajes espaciales han contado con el apoyo de las Matemáticas. Así, en la exploración de Marte debió superarse el problema de los cambios enormes de temperatu-

ra para poder colocar la sonda en condiciones normales, puesto que nadie garantizaba que el comportamiento de los materiales de la sonda, tanto sólidos como fluidos, permitiría un descenso no catastrófico. Interpretar este comportamiento mediante sistemas de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales permitió realizar un plan de descenso óptimo en espacio y en tiempo. ¿Cómo habrían de controlarse las trayectorias de las naves espaciales sin recurrir a las sofisticadas herramientas matemáticas? ¿Y cómo podría estudiarse el microcosmos sin recurrir a teoremas y teorías que nos permiten explorarlo? ¿Cómo entender los movimientos de la atmósfera y del mar, y las interacciones océano-atmósfera si no dispusiéramos de los modelos matemáticos para hacerlo? ¿Cómo sabríamos establecer las tasas de producción petrolera si no tuviéramos las ecuaciones de Navier-Stokes? Tanto la sísmica prospectiva como la reconstrucción de imágenes a través del ultrasonido, requieren de los modelos matemáticos contruidos con base en las ecuaciones hiperbólicas que describen la propagación de ondas en diferentes medios.

El paso más reciente del desarrollo de la Física constituye la Teoría de las Cuerdas: *"Una teoría también matemáticamente elegante no puede ser otra cosa que verdadera: es ahora uno de los principales argumentos en favor de la teoría de las cuerdas que unifica todas las otras teorías físicas fundamentales en una sola descripción del Universo. Pero algunos físicos no han olvidado que es indispensable experimentar para demostrar la validez de esta construcción."*¹

En estas circunstancias tenemos que llegar a cuestionarnos sobre el concepto de realidad, que debemos ajustarlo a los niveles de desarrollo conceptual y abstracto del conocimiento humano.² Uno de los grandes progresos de la ciencia fue realizado con la formulación de la Teoría de la Relatividad, y con esta se aplicaron las geometrías no euclidianas. ¿Cuál geometría es la real? Aquella que se fundamenta en los trece postulados que la convierten prácticamente en una ciencia experimental o aquella del infinito número de paralelas que pasan por un punto exterior a una recta o aquella del ninguna paralela?

En la práctica, la construcción de computadoras, incluidas las micro que han pasado ya a la categoría de electrodomésticos, tienen una base matemática extensa que utiliza desde el álgebra binaria o álgebra de Boole hasta complejos algoritmos de optimización de la circulación de la señal. A nivel de los periféricos, el diseño de las impresoras, aun aquellas domésticas de inyección a tinta han tenido que funcionar en los modelos matemáticos antes de intentar su construcción física.

Ahondando en la problemática social, la numerización de la información ha permitido el desarrollo de las telecomunicaciones y éstas, a su vez, han viabilizado el fenómeno de la globalización.

Los ejemplos son tan amplios que cubren un panorama extenso. Y las Matemáticas dan respuesta a aquellas necesidades que el hombre se plantea. Así, cuando de un fenómeno podemos obtener series de datos medidos y observados, la Estadística nos permite identificar rasgos característicos que constituyen la antesala del conocimiento y del entendimiento. Cuando aquellos fenómenos han sido descritos de manera integral, entonces tenemos herramientas como las ecuaciones diferenciales. Combinaciones interesantes de métodos de procesamiento de información constituyen las herramientas de inteligencia artificial, como las redes neuronales artificiales y los sistemas basados en casos, que conjugan las capacidades matemáticas con heurísticos de gran potencialidad. Dice Mario Bunge que *“Los símbolos semánticamente abstractos lo son también epistemológicamente, pero no vale, en cambio, la afirmación recíproca. Así, los conceptos de más alto nivel de la física teórica son epistemológicamente abstractos, pero no carecen de significación: tienen por lo menos una interpretación matemática específica (generalmente como variables numéricas) y la mayoría de ellos significan además propiedades físicas”*.³

Y a pesar de que el panorama de las Matemáticas se presenta con horizontes límpidos de conocimiento, no faltan las circunstancias en las que distorsiones introducidas artificialmente, han alterado la naturaleza misma de la relación entre el hombre y las Matemáticas.

¿Cuál es la problemática principal percibida por el estudiante respecto al proceso de las Matemáticas en el aula? Todos señalan como fundamentales los aspectos siguientes:

- a) La desconexión existente entre las Matemáticas y la vida real: quienes están de frente a la pizarra perciben como obstáculo para estudiar Matemáticas el no saber para qué pueden servir. Y es que, desconectados de la realidad, los conceptos matemáticos parecen fríos y sin utilidad, mientras que buscando las aplicaciones a la vida diaria, el interés y la motivación de los educandos se despierta y los resultados que se alcanzan son verdaderamente interesantes;
- b) La cantidad de materia que se ve en los cursos: naturalmente que los profesores tienen la obligación de cubrir la temática de los programas. Pero esto no significa embarcarse en una desenfundada carrera hacia el cumplimiento, a rajatabla, de los enunciados de los planes de estudio y

de los programas. Queda para el docente la tarea de planificar y definir estrategias que combinen el abastecimiento de información y las actividades formativas que, necesariamente, debe contener un curso de Matemáticas;

- c) La motivación del docente: cuando el docente no se encuentra suficientemente motivado para dirigir una clase y administrar racionalmente los recursos que en ella dispone, evidentemente que transmite al educando aquel sentimiento de derrota que le impide desarrollar una actitud positiva en el proceso. Y es que debemos desechar de una vez por todas el proceso de enseñanza/aprendizaje, bajo cuyos principios el educador se erigía en el dueño y señor del espacio vital educativo. La experiencia docente es también muy enriquecedora en información y en formación para el docente, por lo que facilitar el flujo de experiencias en las dos vías constituye un desafío que debemos alistarnos a enfrentar.

Las Matemáticas, herramienta de alta sofisticación del pensamiento humano debería servirnos para comprender el mundo y la realidad de una manera distinta a la de la experiencia sensorial pura, pues a través de ellas podemos imprimir racionalidad y orden en nuestro discernimiento.

3.- Matemáticas y Sociedad

No tenemos más pretensión que la de referirnos a aspectos destacados de la participación de las Matemáticas en la estructuración de las nuevas corrientes de pensamiento a través de los siglos. Convengamos en afirmar que el recientemente pasado Siglo XX fue un período de revoluciones inconclusas, en las cuales uno de los factores determinantes constituyó el progreso de la Ciencia y de la Tecnología. Así, mientras se desarrollaba el período post industrial surgían los primeros intentos de búsqueda de la aplicación sistemática de las Matemáticas, en las diversas disciplinas del conocimiento y de la producción. Indudablemente, uno de los campos que más se benefició de esta actitud fue el de la Informática, elegante simbiosis de Información y de Matemáticas, cuyo resultado más notorio se notó a finales del siglo: la globalización.

Mientras tanto se habló de la revolución de la información, de la revolución de la educación, de la revolución científico-técnica, para desembocar en la revolución del conocimiento.

Todas estas revoluciones, podemos afirmar a la vuelta del tiempo, no fueron sino enfoques distintos de una misma problemática: la del avance y progreso del conocimiento y de la tecnología, pues frente a la concentración

de poder a escala mundial basada en la hegemonía tecno-científica hemos visto surgir movimientos desestabilizantes, que han conseguido enrumbar el futuro de una manera distinta de la que hasta hace poco tiempo nos imaginábamos.

Y es que la preocupación sobre los enigmas y misterios del futuro fueron motivo de reflexión de aquellos grandes visionarios de la Humanidad: *"No es suficiente enseñar al hombre una especialidad. De esta manera sólo puede convertirse en una especie de máquina útil, sin una personalidad armoniosamente desarrollada."*⁴

La acumulación de poder por parte de las grandes potencias determinó el ejercicio de modelos socio-económicos y culturales expansionistas, en el control de los recursos y reduccionistas en la cultura y el pensamiento.

Tras pasadas nuestras sociedades de corte feudal por los principios de la globalización de las economías han sufrido los embates de la corrupción que, protegida por estructuras jurídicas obsoletas, han incentivado la impunidad.

Los detentores del poder económico han convertido al poder político en una manifestación amorfa de sus intereses, individuales y de grupo, que les ha permitido imponer regímenes democráticos en la elección, pero autócráticos y totalitarios en la acción. Sociedades con hipotrofia humana como las de las eufemísticamente llamadas economías emergentes sólo pueden vivir en el oscurantismo y en la ignorancia, por lo que el desarrollo de las Ciencias y, muy particularmente, de las Matemáticas no tienen en ellas cabida pues por naturaleza no son manipulables para responder a los intereses que los dirigentes de estas sociedades defienden.

Las Matemáticas, por información y formación, concientizan al hombre para el cultivo de los valores y el respeto de los principios de sana convivencia social, pues al imprimir racionalidad en la observación y en el análisis, nada ni nadie puede alejarlo de una interpretación objetiva de la realidad. Esto genera inconformidad y rechazo. Por otro lado, la innovación tecnológica requiere de una base esencial: *"La línea delantera de la lucha para acelerar el progreso científico y técnico pasa a través de la Ciencia"*.⁵

Todo nos conduce a buscar los vínculos entre un conocimiento empírico y concreto, cuya existencia podemos constatar por nuestros sentidos, con un conocimiento abstracto y puramente intelectual que nos sirve para racionalizar la experiencia: ¿por dónde comenzar?

Las alternativas son dos: la primera y más directa consiste en tratar de asociar los objetos reales a elementos matemáticos, tratando de volverlos a éstos tangibles, y convertirlos en objetos de apropiación sensorial, con lo cual los desnaturalizamos completamente.

Esta es la vía por donde ha caminado nuestra educación.

¿Acaso no recordamos nuestros primeros pasos en la aritmética escolar, en la que sumábamos una pelota más una pelota y en la que no podíamos sumar peras con manzanas?

Evidentemente que esta vía es limitante y añade más restricciones a las que de por sí existen en el conocimiento empírico pues, para la sabiduría popular ha sido suficiente saber que uno más uno es dos, pero nunca se ha preguntado si dos más dos es siempre cuatro. Profundizando y entendiendo la libertad como el derecho que todo hombre tiene de ser honrado y vivir con dignidad, estas limitaciones coartan la libertad individual y colectiva y permiten desarrollar mecanismos de opresión de unos seres sobre otros.

La segunda vía consiste en abstraer el conocimiento fenomenológico añadiendo propiedades y elementos matemáticos en su descripción. Aquí el esfuerzo que debe realizarse desde el punto de vista académico, científico y pedagógico sobrepasa las condiciones del subdesarrollo, en las cuales la producción se basa en la valoración inmediata del costo beneficio económico que minimiza los espacios de la reflexión y el pensamiento.

Las dos vías tienen virtudes y defectos. Combinando las ventajas debemos estar en condiciones de obtener métodos y procedimientos que contribuyan al desarrollo de las Matemáticas, fortificando los aspectos de formación y de información sobre los cuales hemos hablado anteriormente.

Naturalmente que la incorporación efectiva de las Matemáticas en la vida cotidiana deberá tener en cuenta, fundamentalmente, dos aspectos relacionados con la sociedad:

1. ¿Qué espacio le quiere brindar la sociedad al desarrollo de las Matemáticas?
2. ¿Cómo se puede interpretar la sociedad utilizando las herramientas de las Matemáticas?

El primer punto ha sido respondido por la historia de nuestro subdesarrollo y los resultados no pueden ser más patéticos que los que se muestran en las diversas evaluaciones de la educación ecuatoriana. Rasgos sobresalientes que debemos resaltar constituyen el divorcio entre el conocimiento matemático y las necesidades de la vida diaria. También se habla de los niveles de dificultad que han conseguido introducir en los procesos educativos los maestros quienes han privilegiado los aspectos pedagógicos y metodológicos ante los conceptuales y formativos. Y es que obligadamente debemos preguntarnos si la formación de los maestros, sobre todo de aquellos que se respon-

sabilizarán de los niveles pre-universitarios, satisfacen las expectativas sociales; y también debemos cuestionarnos sobre el reconocimiento social y económico que asignan las estructuras gubernamentales y sociales a quienes cumplen tan delicada misión. Resaltemos que, sin excepción, los políticos que nos han gobernado han esperado que se produzcan las crisis y las protestas de los diferentes sectores, para comenzar a buscar una solución a situaciones en las que la prudencia y la previsión podían haber evitado el desgaste social producido por la intranquilidad y la incertidumbre. Pasto de la corrupción ha sido el sector educativo, y es que *"En una sociedad sana, cada actividad útil es compensada de tal manera que permita llevar una vida decente. El ejercicio de cualquier actividad socialmente valorada proporciona satisfacción personal, pero no puede ser considerada como parte del salario. El maestro no puede usar su satisfacción personal para llenar los estómagos de sus hijos"*.⁶

4.- Prospectiva

El extraordinario nivel de desarrollo cualitativo y cuantitativo experimentado por las Matemáticas en el Siglo XX, se refleja en la productividad alcanzada en la década de los 90 en la cual se publicó un promedio de más de 50.000 trabajos anuales en el mundo.

También lo encontramos en la extensa temática, nueva y sofisticada, que se sumó a los ya tradicionales campos de acción de las Matemáticas, permitiendo que ellas incidan en todas las actividades del hombre y de la sociedad, constituyéndose de esta manera en los catalizadores del desarrollo científico y tecnológico, puesto que sólo el progreso de las Matemáticas permite la construcción de teoremas y de teorías que, a su vez, facilitan el camino de los grandes avances científicos y tecnológicos. *"Para probar que cierta premisa implica cierta conclusión debemos ver cada paso; no podemos probar la validez del paso excepto desmenuzándolo en pasos menores, cada uno de los cuales deberá ser <<visto>>"*.⁷

Y mientras la Humanidad avanza hacia objetivos claros y definidos, los países del tercer mundo se debaten en el subdesarrollo gracias a actitudes beligerantes que no permiten un desarrollo científico y tecnológico claro, acorde con nuestras propias realidades y con nuestras propias capacidades. No nos cansamos de enaltecer la naturaleza que nos rodea y sin embargo hemos sido, hasta ahora, incapaces de comprenderla, cuidarla y desarrollarla para emprender por la vía de un desarrollo armonioso y sustentable". *Consideremos que es el hombre el que tiene la función activa de la razón; sea-*

mos todos sujetos humanos razonables, comprometidos a humanizar la razón a través de la racionalización del hombre; es decir, cultivemos la razón que nos constituye como hombres con la característica de Homo sapiens y en la que reside nuestro origen y motivo de ser, nuestra libertad que para serla ha de ser la libertad de todos".³

En este compromiso, las Matemáticas tienen un papel preponderante a desempeñar como herramientas de formación de los recursos humanos y como herramientas de comprensión y solución de los grandes problemas nacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- ANTONIADIS, I.- Prouver la théorie des cordes?.- La Recherche, 1 343, juin 2001
- 2.- BUNGE, M.- MATERIALISM 1980.- Comunicación personal.
- 3.- BUNGE, M.- LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.- Colección Convivium.- ARIEL.- 8ª. Edición. 1981.
- 4.- EINSTEIN, A. **Education for independent thought.**- From the New York Times, october 5, 1952. In Ideas and Opinions.- Bonanza Books, New York.
- 5.- MARCHUK, G.- **HACIA LAS TECNOLOGÍAS DEL FUTURO.**- Editorial Progreso.- Moscú.- 1987.
- 6.- EINSTEIN, A; Ensuring the future of mankind. Message for Canadian Education Week- March 2-8, 1952.- Published in Mein Weltbild, Zurich, Europa Verlag, 1953. In Ideas and Opinions.- Bonanza Books, New York.
- 7.- RUSSEL, B.- EL CONOCIMIENTO HUMANO.- Ediciones Orbis, S.A. Barcelona, 1983.
- 8.- ROMO SALTOS, L.A. CIENCIA, FILOSOFÍA Y MÉTODO.- Editorial Universitaria.- Universidad Central del Ecuador.- Quito, 1984.

“Remoción de Petróleo de Fuentes de Agua Mediante Ad-Absorbentes No-Tóxicos”

Dr. Luis A. Romo S.

*Sociedad Ecuatoriana de
Ciencias Exactas y Naturales*

1. INTRODUCCION

La contaminación de fuentes de agua (ríos, lagos, mares) causada por el derrame de petróleo es un problema que se registra a menudo a causa de la ruptura de un oleoducto o accidentes de transporte por vía marítima. La cobertura de las superficies de agua por capas de petróleo impide el paso del oxígeno e introduce materia tóxica, que afecta gravemente la vida de la flora y fauna acuáticas y origina problemas sociales críticos para los pobladores de las zonas afectadas por la contaminación con petróleos de las fuentes de agua.

La descontaminación de las fuentes de agua cubiertas con petróleos es un problema de difícil solución que demanda de investigaciones detenidas. En nuestro empeño de contribuir a resolver este problema, se procedió a evaluar las características del reparto del petróleo sobre la superficie de agua potable y a investigar la remoción mediante limpieza final del petróleo contaminante usando sustancias adsorbentes hidrofóbicas.

2. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS REACTIVOS

2.1. Petr6leos.- Con el fin de cubrir un amplio 6mbito de viscosidad se utilizaron muestras de los petr6leos codificados EC-A₁, EC-A₂ de la Amaz6nía y EC-P de Santa Elena, Ecuador, (Tabla 1).

Tabla 1.- Propiedades Físicas de los Petr6leos

Petr6leo	API	$\eta_{25^{\circ}\text{C}}$ m Pa.s	$\gamma_{25^{\circ}\text{C}}$ Ergios/cm ²	ΔE , Joules
EC-A ₁	15,6 ± 0,2	3720 ± 30	31,8 ± 0,1	63500 ± 1250
EC-A ₂	23,5 ± 0,3	201 ± 3	28,6 ± 0,2	39340 ± 1300
EC-P	34,7 ± 0,2	8,1 ± 0,1	25,6 ± 0,2	22200 ± 220

Cabe anotar que el contenido de asfaltenos de los petr6leos pesados EC-A₁ = 23,0 ± 07% y EC-A₂ = 20,7 ± 08% difiere significativamente, del contenido de asfaltenos del petr6leo liviano EC-P, en el que el contenido de asfaltenos se reduce pr6cticamente a cero.

Existe una correlaci6n entre los valores al API y $\gamma_{25^{\circ}\text{C}}$; pues, a medida que aumenta el 6ndice API disminuye el exceso de energía libre de superficie de estos petr6leos. Los valores de las energías de activaci6n del flujo ΔE indican que, a medida que aumenta la viscosidad del petr6leo para que 6ste fluya debe aumentar la energía de activaci6n del flujo. Estos resultados experimentales señalan que para que un petr6leo pesado fluya se requiere de que la energía aumente pr6cticamente, por un factor de tres en relaci6n a la energía de activaci6n del flujo de un petr6leo liviano (véase Tabla 2).

2.2. Sustancias Ad-Absorbentes.- Las sustancias ad-absorbentes de lúquidos de baja polaridad deben ser altamente hidrof6bicas, lo cual implica que el exceso de energía libre de superficie debe estar por debajo de ≈ 15 ergios cm⁻². Así se reduce a un m6nimo la adsorci6n de agua para que la mojadura de las superficies de la sustancia ad-absorbente se reduzca a un m6nimo.

Las características de los ad-absorbentes utilizados en esta investigaci6n se definen a continuaci6n:

Adsorbente AA-W₀.- Este material se presenta en forma de láminas esponjosas de 52 x 40 cm y 6 mm de espesor de color beige de 85 gramos. Está constituido de fibras entrecruzadas planas ligeramente retorcidas de 1mm a 3 mm de ancho, de longitud que varía entre 100 y 200 mm.

Adsorbente AA-W₁.- Este material se presenta en láminas con apariencia de cartón prensado ligeramente rígido de 50 cm x 50 cm de color aceituna con peso unitario de 290 gramos. La una superficie es lisa y la otra corrugada. El material está constituido de fibras tubulares de 2 mm a 4 mm de paredes de espesor < mm entrecruzadas con fibras semitransparentes de ≈ 1 mm de ancho.

En cuanto a la composición química, estos materiales absorbentes celulósicos están recubiertos de una fina capa (< 1 mm) de un silicón que contribuye a la hidrofobicidad de estos adsorbentes.

Los adsorbentes AA-W₀ y AA-W₁ tienen hidrofobicidad similar porque mientras para el primero es 94,3% para el segundo es 93,4%. Cabe anotar que la capacidad de adsorción del AA-W₀ disminuye a medida que aumenta el API, mientras que para el AA-W₁ esta relación es directa.

Los materiales ad-absorbentes, AA-W₀ y AA-W₁ contienen microcanales de diámetro variables de 5 mm a 20 mm. El desplazamiento del líquido en los canales depende del radio r del capilar, de la viscosidad h, de la tensión superficial g y de la longitud l de desplazamiento del agua^(1,2). La dependencia de l del tiempo t, se define a continuación:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r \cos \theta \gamma}{4 h l} \quad (1)$$

En esta ecuación, q es el ángulo de contacto del líquido. Ignorando la gravedad, mediante la integración de esta ecuación para definir t, se tiene:

$$t = \frac{2 h l^2}{r \gamma \cos \theta} \quad (2)$$

Cabe anotar que la presencia de una substancia tensioactiva incluyendo los detergentes reduce considerablemente la tensión superficial, razón por la que el tiempo de mojadura aumenta considerablemente⁽³⁾, pero en materiales hidrofóbicos, el ángulo de contacto $\theta \geq 90^\circ$ por lo que en tal caso, la mojadura tiende a reducirse a cero y el material ad-absorbente sería absolutamente hidrofóbico lo cual en la realidad no existe.

2.3. Agua Potable.- Se utilizó agua potable deionizada con la conductividad específica de $3,0 \times 10^{-4} \text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ y $\text{pH}=6,7$ a 20°C .

3. REPARTO DE UN LIQUIDO SOBRE LA SUPERFICIE DE OTRO LIQUIDO

3.1. Introducción.- Fenomenológicamente cuando se hace caer una gota de un líquido sobre la superficie de otro líquido, tres son los fenómenos que pueden originarse: (a) la gota del líquido permanece intacta formando un lente; (b) la gota del líquido se extiende para eventualmente formar una capa monomolecular sobre el líquido substrato, y (c) la gota del líquido se extiende momentáneamente para seguidamente encogerse para formar un lente. Estos comportamientos se explican a base de la Termodinámica de Superficies⁽⁴⁾.

3.2. Trabajos de Adhesión y Cohesión.- El trabajo de cohesión es el trabajo que se realiza para separar en dos partes a una columna de líquido de unidad de área. Por consiguiente, el trabajo de cohesión es:

$$L_c = 2\gamma \quad (3)$$

para el líquido orgánico es $2\gamma_{O/a}$ y para el agua es $2\gamma_{A/a}$

En cambio, el trabajo de adhesión, L_a que es el trabajo por unidad de área para separar en la interfase a los líquidos A y O depende de las interacciones entre las tensiones superficiales y la tensión interfacial, razón por la que se define por la ecuación:

$$L_a = \gamma_{A/a} + \gamma_{O/a} - \gamma_{A/O} \quad (4)$$

donde $\gamma_{A/a}$ y $\gamma_{O/a}$ son las tensiones superficiales del agua y la substancia orgánica. El símbolo $\gamma_{A/O}$ representa la tensión interfacial de los dos líquidos.

Termodinámicamente, partiendo de un lente del líquido orgánico mantenido a presión y temperatura constantes, un cambio ínfimo de la energía libre de superficie se define mediante la ecuación:

$$dG^s = \left[\frac{\partial G}{\partial a_A} \right] da_A + \left[\frac{\partial G}{\partial a_O} \right] da_O + \left[\frac{\partial G}{\partial a_{A/O}} \right] da_{A/O} \quad (5)$$

donde cada derivada representa el cambio de energía libre de superficie en función del área, pero se reconoce que

$$da_0 = -d_{aA} = da_{A/O} \quad (6)$$

donde el líquido A es el medio de soporte del líquido orgánico O.

Se define el exceso de energía libre de superficie del líquido A mediante la ecuación:

$$\left[\frac{\partial G}{\partial d_A} \right]_{PT} = G_A^s \quad (7)$$

Cabe puntualizar que el exceso de energía libre de superficie G_A^s es igual a la tensión superficial g_A cuando la adsorción se reduce a cero [5]; por consiguiente, en lo sucesivo, haremos referencia a las tensiones superficiales e interfacial.

La derivada $(\partial G/\partial a_0)_{PT}$ es el cambio de energía libre para el reparto del líquido B sobre la superficie del líquido A. El coeficiente que define si en la realidad se reparte o no el líquido orgánico sobre la superficie del líquido A es el coeficiente de reparto.

El coeficiente de reparto inicial $S_{O/A}$, se define mediante la ecuación:

$$S'_{O/A} = g_{A/a} - g_{O/a} - g_{O/A} \quad (8)$$

donde $\gamma_{A/a}$ y $\gamma_{O/a}$ son la tensión superficial del agua en equilibrio con el aire y la del líquido orgánico en equilibrio con el aire, respectivamente y $g_{O/A}$ es la tensión interfacial de las fases O y A que se define mediante la ecuación:

$$\gamma_{A/O} = \gamma_{A(O)} - \gamma_{O(A)} \quad (9)$$

que se conforma con el requerimiento termodinámico definido por Antonow⁽⁶⁾. Se aprecia que el coeficiente de reparto mide la diferencia entre la fuerza que tiende a extender el perímetro de la gota de líquido O sobre la superficie del líquido A y la fuerza que tiende a contraer el perímetro de la gota, $(\gamma_{O/a} + \gamma_{O/A})$.

Fácil es demostrar que $S_{O/A}^i$ se define mediante los trabajos de adhesión y cohesión mediante la ecuación:

$$S_{O/A}^i = L_{\text{adhesión}} - L_{\text{cohesión}} \quad (10)$$

que expresada en los términos que quedan determinados conduce a definir $S_{O/A}^i$ mediante la ecuación 8.

Debe ser evidente que $S_{O/A} > 0$ cuando la energía de adhesión de la sustancia orgánica con el agua es mayor que la energía de cohesión de las moléculas del líquido orgánico.

En la realidad resulta que en cuanto el líquido orgánico está en contacto con el agua que se saturan mutuamente. Así, lo que resulta es que $\gamma_A \rightarrow \gamma_{A(O)}$ y $\gamma_{O(A)}$ lo cual significa que $\gamma_{A(O)}$ y $\gamma_{O(A)}$ representan las tensiones superficiales del agua saturada con el líquido orgánico y el líquido orgánico saturado con agua, respectivamente. En tal situación, el coeficiente de reparto se define mediante la ecuación.

$$S_{O(A)/A(O)} = L_a(\text{sat}) - L_c(\text{sat}) \quad (11)$$

Así la definición del coeficiente de reparto del líquido orgánico saturado con agua sobre la superficie del agua saturada del líquido orgánico es:

$$S_{O(A)/A(O)} = \gamma_{A/a} - \gamma_{O(A)} - \gamma_{O/A} \quad (12)$$

Así, cuando este coeficiente es positivo, el líquido orgánico se reparte sobre el agua, mientras que cuando es negativo la capa de líquido orgánico se contrae. Vale anotar que $\gamma_{A/a}$ a 20°C, 30°C y 35°C tiene los valores de 72,75 ergios cm², 71,18 ergios cm² y 70,37 ergios cm², respectivamente. Cuando se opera con $g_{A(O)}$ en lugar de $g_{A/a}$, entonces $S_{O(A)/A(O)} = 0$.

4. REPARTO DE PETROLEOS SOBRE SUPERFICIE DE AGUA

4.1. Agua Potable.- Con el fin de simular la situación del ambiente práctico, en los experimentos se utilizó agua potable deionizada de las características que quedan puntualizadas.

4.2. Cubeta de Vidrio.- Para realizar los experimentos se utilizó una cubeta rectangular de vidrio de 60 cm x 40 cm de 20 cm de profundidad a la que se le añadió suficiente volumen de agua para cubrir una altura de 10 cm a 12 cm.

4.3. Experimentos Preliminares de Reparto de Petróleo.- Los experimentos se realizaron manteniendo el agua potable a 20°C, 30°C y 35°C, respectivamente con una fluctuación de temperatura menor que 1°C.

Para determinar la rapidez de reparto de los petróleos sobre la superficie del agua potable a las tres temperaturas se a nadi  al centro de la cubeta una cantidad de petróleo previamente pesada de alrededor de 0,50 gramos. Seguidamente, se realizaron observaciones para determinar la rapidez de cobertura del petróleo sobre la superficie de agua potable. (Tabla 2).

Tabla 2.- Cobertura de Petróleos Sobre Agua Potable

Petróleo	Rapidez de Reparto		
	a 20°C	a 30°C	a 35°C
EC-A ₁	Inmediato	Inmediato	Muy Rápido
EC-A ₂	Inmediato	Inmediato	Muy Rápido
EC-P	Inmediato	Inmediato	Muy Rápido

Los datos que anteceden indican que a 35°C el reparto de las muestras de petróleos sobre la superficie del agua es rapidísimo porque se realiza en tiempo < 40 segundos mientras que a 20°C, el reparto se efectúa entre 60 y 70 segundos. A 30°C el tiempo de reparto es intermedio porque se efectúa entre 50 y 60 segundos.

Se determina que en general el espesor de la capa de petróleo pesado derramado tanto sobre agua potable es de mayor magnitud que las formadas por petróleo liviano.

4.4. Coeficientes de Reparto de Petróleo Sobre Agua.- Los coeficientes de reparto $S'_{(O/A)}$ miden la energía que la capa de petróleo debe generar para extenderse sobre la superficie de agua potable. Para calcular los coeficientes de reparto se opera con las ecuaciones 8 y 9 respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3.- Tensiones Superficiales de los Petróleos

Petróleos	$\gamma_{20^{\circ}\text{C}}$ Ergios/cm ²	$\gamma_{30^{\circ}\text{C}}$ Ergios/cm ²	$\gamma_{35^{\circ}\text{C}}$ Ergios/cm ²
EC-A ₁	33,5	30,1	29,8
EC-A ₂	30,7	28,2	27,9
EC-P	29,8	27,0	26,5

(a) Tensiones Interfaciales: Petróleo/Agua.- Para calcular la tensión interfacial de los sistemas hidrocarburo-agua se aplica la regla de Antonow⁽⁷⁾ (ecuación 9). Por consiguiente, es evidente que para calcular $\gamma_{A/O}$ se debe medir las tensiones superficiales de los petróleos saturados con agua $\gamma_{(O/satA)}$ y los excesos de energía libre de superficie de agua saturada con petróleo $\gamma_{(A/sat O)}$

b) Tensiones Superficiales de Petróleos Pesados Saturados con Agua.- Con este fin se transfiere a un frasco Erlenmeyer de 150 cc 30 cm³ de petróleo y 2 cm³ de agua, se tapa y se agita por ≈ 1 minuto, se deja en reposo por una hora y se extrae ≈ 15 cm³ de petróleo saturado con agua que se recoge en un pequeño plato de petri. Las medidas de las tensiones superficiales, se realizan a 20°C, 30°C y 35°C, mediante un ajuste previo de la temperatura de la muestra de petróleo puesta en el plato de petri. Los datos experimentales así obtenidos se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4.- Tensiones Superficiales de Petróleos Saturados con Agua

Petróleos	$\gamma_{O(A)} \text{ a } 20^{\circ}\text{C}$ Ergios/cm ²	$\gamma_{O(A)} \text{ a } 30^{\circ}\text{C}$ Ergios/cm ²	$\gamma_{O(A)} \text{ a } 35^{\circ}\text{C}$ Ergios/cm ²
EC-A ₁	33,5	30,4	29,9
EC-A ₂	30,7	27,9	27,2
EC-P	29,8	26,9	26,4

c) Tensiones Superficiales de Agua Saturada con Petróleo.- Para preparar las muestras, en frascos Erlenmeyer de 200 cm³ se pone \approx 50 cm³ de agua potable a la que se añade \approx 2 cm³ de petróleo, se tapa el frasco y se agita por 1 minuto y se deja en reposo 1 hora. Seguidamente, se extrae el agua en un embudo de separación y tomando muestras de \approx 10 cm³ se procede a medir las tensiones superficiales de las muestras de agua saturadas con los petróleos: EC-A₁, EC-A₂ y EC-P.

Una vez que se dispone de las tensiones superficiales de petróleo saturado con agua y del agua saturada con petróleo, se procede a calcular las tensiones interfaciales de los sistemas petróleo-agua. (Tabla 5).

Tabla 5.- Tensiones Superficiales de Agua Saturada con Petróleos

Petróleos	$\gamma_{A(O)}$ a 20°C Ergios/cm ²	$\gamma_{A(O)}$ a 30°C Ergios/cm ²	$\gamma_{A(O)}$ a 35°C Ergios/cm ²
EC-A ₁	63,8	6,0	63,0
EC-A ₂	56,6	56,2	55,6
EC-P	54,7	55,0	54,9

Operando con los datos de las Tablas 4 y 5 se procede a calcular las tensiones interfaciales de los sistemas petróleo-agua. Los datos se recogen en la Tabla 6.

Tabla 6.- Tensiones Interfaciales de Sistemas Petróleo-Agua a Varias Temperaturas

Petróleos	$\gamma_{O(A)}$ a 20°C Ergios/cm ²	$\gamma_{O(A)}$ a 30°C Ergios/cm ²	$\gamma_{O(A)}$ a 35°C Ergios/cm ²
EC-A ₁	30,3	32,6	33,1
EC-A ₂	25,9	28,3	28,4
EC-P	24,9	28,1	28,5

(d) **Coefficientes de Reparto de los Petróleos sobre Agua Potable a Tres Temperaturas.**- Para calcular los coeficientes de reparto de los petróleos sobre agua potable a 20°C, 30°C y 35°C, se opera con la ecuación 12. Los valores de $SO(A)/A(O)$, se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7.- Coeficientes de Reparto de Petróleos sobre Agua Potable

Petróleos	SO(A) /A(O) a 20°C Ergios/cm²	SO(A) /A(O) a 30°C Ergios/cm²	SO(A) /A(O) a 35°C Ergios/cm²
EC-A ₁	8,9	8,5	7,5
EC-A ₂	16,2	14,7	14,8
EC-P	18,0	16,1	15,4

5. REMOCION DE PETROLEO DERRAMADO SOBRE FUENTES DE AGUA

5.1 Metodología.- Las experiencias se realizaron a temperatura de 20°C a 21°C. Para los experimentos a 30°C se cargó la cubeta con agua a 32°C que en el curso de los experimentos se redujo a 30°C ± 0.5°C. Se hizo caer al centro de la cubeta en todos los casos 0,93 gramos de petróleo con una pipeta adecuada. Para determinar la cantidad mínima de ad-absorbente que recoge el petróleo derramado en 1 m² de superficie acuosa, se utiliza el ad-absorbente en pedazos de 0,05 gramos y de 0,10 de gramo hasta su saturación y que el agua quede como en su estado inicial o cubierta con una capa monomolecular fraccionada del petróleo. Al fin de cada experimento, la cantidad de ad-absorbente utilizado es la suma del número de pedazos utilizados para remover el petróleo derramado sobre la fuente de agua. En cada caso, se estimó el área con un error < 5%.

5.2. Datos Experimentales.- En las Tablas 8 y 9 se presentan los datos experimentales obtenidos:

**Tabla 8.- Remoción de Petr6leos Mediante Ad-Absorci6n
(AD-ABSORBENTE AA-WA₁)**

Petr6leos	Ad/Absorbente	Area, cm ²	Ad-Absorbente/m ²
Temperatura 21°C			
EC-A ₁	0,247 g	1100	2,49 g
EC-A ₂	0,403 g	2000	2,04 g
EC-P	0,13 g	2300	0,49 g
Temperatura 30°C			
EC-A ₁	0,298 g	1100	2,71 g
EC-A ₂	0,446 g	2000	2,23 g
EC-P	0,147 g	2300	0,64 g

**Tabla 9.- Remoci6n de Petr6leos Mediante Ad-Absorci6n
(AD-ABSORBENTE AA-WA₀)**

Petr6leos	Ad/Absorbente	Area, cm ²	Ad-Absorbente/m ²
Temperatura 30°C			
EC-A ₁	0,484 g	1400	3,46 g
EC-A ₂	0,825 g	1900	4,34 g
EC-P	0,143 g	2300	0,62 g
Temperatura 30°C			
EC-A ₁	0,531 g	1200	4,43 g
EC-A ₂	0,946 g	2000	4,73 g
EC-P	0,181 g	2100	0,86 g

6. DISCUSION

6.1. Hidrofobicidad de las Substancias Ad-Absorbentes.- La capacidad adsorbente de una sustancia depende de las características fisicoquímicas tanto de las sustancias que actúan como adsorbente como de la sustancia que se adsorbe que se denomina adsorbato. El adsorbato es el petróleo que se caracteriza por ser un agregado de hidrocarburos de baja polaridad.

La energía de superficie de los petróleos varían entre 26 ergios/cm² para petróleos livianos hasta 32 ergios cm² para petróleos pesados. Los líquidos de baja energía de superficies no interaccionan energéticamente con líquidos de alta polaridad como el agua que se caracteriza por ser un líquido polar con un exceso de energía libre de superficie de ≈ 72 ergios cm². Esta es precisamente la razón por la que un hidrocarburo es inmiscible en agua.

La teoría termodinámica de superficies afirma que para que un líquido con superficies apolares caracterizado por una tensión superficial de ≈ 72 30 ergios cm² interaccione con un sólido que éste debe ser también apolar⁽⁷⁾. Una característica de los sólidos apolares es la de ser hidrofóbicos; es decir, que no tienen afinidad por líquidos polares entre los que se incluye el agua.

Es un hecho experimental fácilmente comprobable de que cuando un líquido polar hace contacto con un sólido apolar este no se moja porque el líquido forma gotas con ángulo de contacto $\theta > 90^\circ$. En el caso que $\theta = 180^\circ$, la mojadura se reduciría a cero porque el trabajo de adhesión, $L_a = 0$ y en el caso de que el adsorbente sea el agua, se afirmarían que el sólido es absolutamente hidrofóbico lo cual en la realidad no sucede.

Los materiales ad-adsorbentes utilizados son hidrofóbicos porque la capacidad de adsorción de agua es mínima y la de absorción está por debajo del 5% de su peso.

La característica fundamental de los adsorbentes utilizados es que tal como se puntualiza mediante la ecuación 8, al hacer contacto el hidrocarburo con el material ad-adsorbente lo moja por completo. Este hecho físico significa que termodinámicamente, la interacción interfacial entre las dos fases apolares petróleo/ad-adsorbente es altamente energética [8 y 9], una vez que la energía de adsorción de sistemas similares [10], tal como el de grafito-heptano o hexano es promedialmente de 200.000 J/mol.

6.2. Reparto de Petróleo Sobre Superficies de Agua.- El reparto de un líquido inmiscible sobre la superficie de otro líquido depende de su polaridad y de la interacción energética entre las fases. En el caso que nos ocupa, el agua es el líquido soporte sobre el que se derrama el petróleo que forman una interfase definida de un líquido apolar sobre un líquido polar.

Se reconoce que el hidrocarburo al hacer contacto con el agua puede:
 a) Formar un lente y así no extenderse o b) extenderse hasta eventualmente formar una capa monomolecular. La realización de estos fenómenos depende de la magnitud de los excesos de energía libre de superficie del agua, del hidrocarburo y de la interfase.

El hidrocarburo en contacto con el agua se extiende de inmediato formando una capa delgadísima que eventualmente alcanza su máxima extensión formando una capa monomolecular. Este fenómeno sucede porque haciendo referencia a la ecuación 9 lo que se tiene es:

$$\gamma_{A/a} > (\gamma_{O(A)} + \gamma_{O/A}) \quad (13)$$

Pues así, en la medida que se mantenga esta desigualdad de hecho el petróleo se extiende sobre la superficie de agua, y acorde con los datos de la Tabla 7 los coeficientes de reparto decrecen ligeramente a medida que aumenta la temperatura del agua.

$$\gamma_{A/a} < (\gamma_{O(A)} + \gamma_{O/A}) \quad (14)$$

En la medida que se mantenga esta desigualdad es imposible que el petróleo se extienda sobre la superficie de agua. Cabe anotar que el tiempo que transcurre para que se extienda el petróleo es un problema de carácter cinético.

6.3. Remoción de Petróleo Mediante Ad-Absorbentes No-Tóxicos.-

Los ad-absorbentes no-tóxicos utilizados en los experimentos son: el AA-W₀ y el AA-W₁.

La cantidad de cada una de estas sustancias que se utiliza para recoger el petróleo derramado en 1 m² sobre la superficie de agua dulce se calculó partiendo de los datos experimentales; por ejemplo: Datos tomados de la Tabla 8 para el petróleo EC-A₁: Ad-Absorbente 0,274 gramos. Area cubierta 1100 cm², petróleo derramado 0,93 gramos. Calcular el número de gramos de ad-absorbente para remover una capa de petróleo de 1 m²: 0,274 : 1100 :: x : 104; por consiguiente: x = 2,49 g/m².

Los datos de la Tabla 9 indican que sobre el agua potable la cantidad de ad-absorbente para recoger 1 m² de petróleo no difiere significativamente por el incremento de temperatura de 21°C a 30°C. Estos resultados son consistentes con la información termodinámica (coeficientes de reparto) que se presenta en la Tabla 7.

En cuanto al comportamiento de los petróleos, pues mientras disminuye ligeramente la magnitud de los coeficientes de reparto, aumenta a cada nivel de temperatura los coeficientes de reparto ($EC-A_1 \rightarrow EC-A_2$), y la cantidad de ad-absorbente utilizado para remover 1 m² de petróleo disminuye (Tabla 8). Esta evidencia experimental es consistente porque mientras mayor es la desigualdad [14] menor es la energía contráctil para atrapar el petróleo tal como se manifiesta en la magnitud de los coeficientes de reparto.

Finalmente, cabe anotar que con el incremento de la temperatura de 20°C a 35°C que los coeficientes de reparto del petróleo sobre agua dulce disminuyen ligeramente, (Tabla 7) aunque la entropía de superficie disminuye en magnitud, pues así, el efecto entrópico $(\partial g/\partial T)_p$ que es negativo indica que el ordenamiento molecular del hidrocarburo en la superficie de agua disminuye a medida que aumenta la temperatura^[11,12].

En cuanto a la eficiencia de los ad-absorbentes, la comparación de los datos de las Tablas 8 y 9 indica que la capacidad de remoción del ad-absorbente AA-W₁, es superior a la del AA-W₀.

7. CONCLUSIONES

El conocimiento alcanzado como resultado de las investigaciones realizadas permite establecer las siguientes conclusiones:

- a) El coeficiente de reparto de petróleo sobre agua potable aumenta proporcionalmente al API del petróleo independientemente de la temperatura dentro del ámbito de 21°C a 35°C.
- b) El reparto de petróleo sobre agua potable independientemente del API disminuye ligeramente con el aumento de la temperatura dentro del ámbito de 21°C a 35°C.
- c) La remoción de petróleo derramado sobre agua potable tanto a 21°C como 30°C con ad-absorbente AA-W₁ es idéntica una vez que la cantidad de ad-absorbente para recoger el petróleo es similar. El comportamiento del ad-absorbente AA-W₀ es mejor a 21°C que a 30°C.
- d) La remoción de petróleo liviano requiere de una cantidad menor de ad-absorbente que para petróleos pesados bajo cualquier condición.
- e) El ad-absorbente AA-W₁ es más eficiente para recoger petróleo derramado sobre agua potable, ya sea a 21°C a 30°C que el ad-absorbente AA-W₀.

- f) El procedimiento de remoción del petróleo propuesto podría servir para la limpieza final de fuentes de agua de las que se ha recogido masivamente el petróleo[13,14,15].

Reconocimiento.- Esta contribución es parte de la Conferencia Plenaria dictada por el autor en la Reunión Internacional del CYTED, que se efectuó en la Universidade Estadual de Maringa, Brasil del 8 al 11 de mayo del 2000.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- J.N. Israelachvili and G.E. Adanas, *Faraday Transactions* **74**, 975 (1978).
- 2.- R.M. Pasliley, P. Mc Guinigan, et.al., *Science* **229**, 1088 (1985).
- 3.- J.N. Israelachvili and P. Mc Guinigan, et.al., *Science* **241**, 795 (1988).
- 4.- L.A. Romo S., COLOIDOFISICA, COLOIDEOQUIMICA - FENOMENOS de SUPERFICIE, Editorial Universitaria, Quito (1981) p. 28.
- 5.- A.V. Kiselev, *Proceedings Second International Congress of Surface Activity*, Vol. II, Buttersworth, London (1957).
- 6.- A.V. Kiselev, Academy of Science, URSS, Comunicación personal al autor, noviembre (1968).
- 7.- L.A. Romo S., COLOIDOFISICA, COLOIDEOQUIMICA - FENOMENOS de SUPERFICIE, Editorial Universitaria, Quito (1981) p. 462 - 467.
- 8.- J.F. Padday, IN *SURFACE AND COLLOID SCIENCE*, Editor E. Matijevic, Wiley-Interscience, New York (1969).
- 9.- L.A. Romo S., *EMULSIONES: Fundamentos Fisicoquímicos, Formulación y Aplicaciones*, Editorial Universitaria, Quito (1993).
- 10.- C.A. Miller and P. Neogi, *INTERFASIAL PHENOMENA*, Dekker, New York (1985).
- 11.- L. A. Romo S., *Termodinámica de Superficies: Remoción de Petróleo de Superficies de Agua*, Conferencia Plenaria, CYTED, Universidade Estadual de Maringa, Brasil, mayo 10 de 2000.
- 12.- H. R. Kruyt, *COLLOID SCIENCE*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, (1952).
- 13.- M. F. Fingas, M.S. Duval, G.B. Stevenson, *The Basics of Oil Spill Cleanup Environmental Emergency Bronch*, Canadá (1979).
- 14.- J. Lindstedt-Siwa, *Oil Spill Response and ecological impacts MTS. Journal*, Nº 3, (1987).
- 15.- J.W. Doeffler, *OIL SPILL RESPONSE IN THE MARINE ENVIRONMENT*, Pergamon Press, Oxford (1992), Chapters 2, 3 & 5.

Determinación del Radón en Fuentes Termales de las Provincias de Imbabura y Pichincha

Físico: P. Peñaherrera

Ing. M. Aragón.

Facultad de Ingeniería Ciencias

Físicas y Matemáticas

Universidad Central del Ecuador

RESUMEN

El radón-222 es un gas inerte, radioactivo, más pesado que el aire en una proporción de 7 veces, que proviene del decaimiento del radio-226, que se origina en la cadena de desintegración del uranio-238.

Debido a la importancia que tiene este gas para la investigación, así como en la exposición del ser humano a las radiaciones ionizantes y por no existir estudios sobre concentración de radón en fuentes termales en el Ecuador, se realizó el estudio preliminar sobre la concentración de radón en fuentes termales de las provincias de Imbabura y Pichincha. Esta investigación ha utilizado el equipo de medición de radón Pylon modelo RM-1003, que está compuesto por un detector sensible de celdas de sulfuro de zinc activadas con plata.

La investigación se realizó en 13 balnearios del Ecuador: 9 de la provincia de Pichincha y 4 de la provincia de Imbabura, considerando especialmente su ubicación, sector geográfico y utilización; además se tomaron en cuenta factores externos que pueden modificar las mediciones como: lluvias, temperatura, pH, altitud, caudal, entre otros.

Los resultados de la investigación evidenciaron que los balnearios de la Provincia de Pichincha contienen mayor concentración de radón que los de la provincia de Imbabura, debido a que las aguas de los balnearios de Pichincha provienen de termas que se originan en cerros o volcanes, siendo esto un factor determinante.

1. INTRODUCCION.

El suelo contiene elementos radioactivos como el uranio, torio y potasio, que emiten radiación natural. El uranio en el suelo se encuentra en una proporción de 3ppm, con tres isótopos correspondientes, U-238 con un 99,274%, U-235 con un porcentaje del 0,72% y U-234 con el 0,006%; cada uno de éstos con su propia cadena de desintegración.

El radón-222 es un gas proveniente del decaimiento del radio-226, que pertenece a la cadena de desintegración del uranio-238, pasando a ser la mayor fuente de radiación natural a que está expuesto el ser humano, en un porcentaje de alrededor del 60%.

El radón-222 es emanado por el suelo a través del agua y del suelo. Este gas es liberado a la atmósfera debido a que su tiempo de semi-desintegración es de 3.82 días, permaneciendo, por lo tanto, en el aire que respiramos.

En Ecuador existen balnearios termales que utilizan aguas, que contienen una gran variedad de sustancias disueltas. Las aguas que dan origen a los balnearios están asociadas a fracturas, que proceden la mayor parte de zonas profundas y afloran a la superficie a temperaturas superiores a las del ambiente. Cuando el agua se encuentra en la superficie, parte del radón emana del agua al aire.

El estudio sobre radón adquiere importancia, debido a que es la segunda causa de muerte por cáncer al pulmón después del cigarrillo; además puede ser importante en las investigaciones sísmicas, geológicas, hidrológicas entre otros. La ICRP (International Comisión of Radiation Protection), en su volumen N° 60, incluye en sus informes la exposición debida a los agentes radioactivos de origen natural, uno de ellos es la exposición al radón en fuentes termales. En el Ecuador, la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica y la Escuela Politécnica del Chimborazo realizaron investigaciones preliminares en la década de 1980 (Determinación de radón en viviendas y en efectos sísmicos). La Universidad Central del Ecuador a través de la Facultad de Ingeniería realiza este estudio, que contribuirá a la comprensión del radón en fuentes termales.

2. TEORIA

El radón-222 es un gas noble, radioactivo natural, químicamente inerte, incoloro, insípido e insaboro, es más pesado que el aire, es el séptimo radionucleído en la serie del uranio-238, como lo muestra la figura (1). Se desintegra por emisión de partículas alfa, con un período de semidesintegración de 3,82 días. El radón es el más pesado de los gases nobles y posee un buen porcentaje de solubilidad en agua en comparación con el oxígeno y nitrógeno.

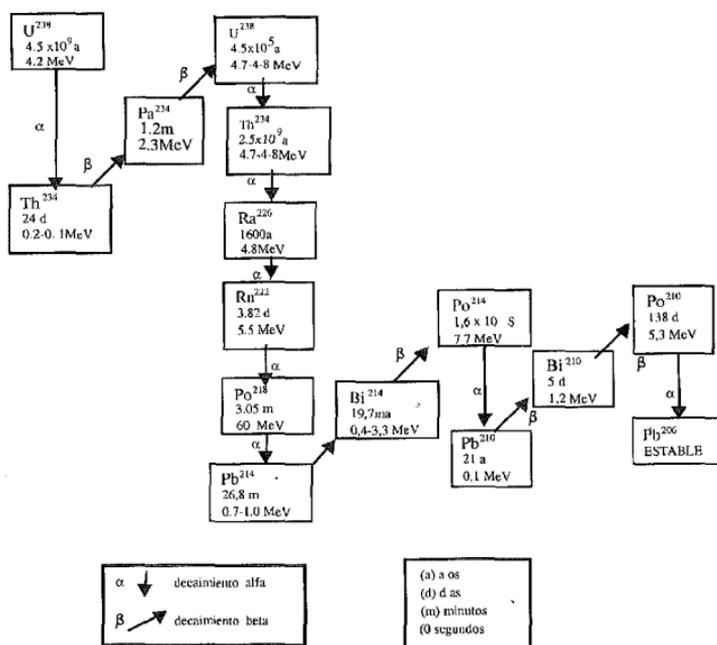


Figura 1. Principal decaimiento de la serie del Uranio-238

FUENTE: Wahlstrom, "Radiation", IAEA (Internacional Atomic Energy Agency), 1997.

2.1. MIGRACION Y TRANSPORTE DEL RADON EN EL SUELO.

Los isótopos de radón son prácticamente inertes y por tener las propiedades de los gases, durante su corto tiempo de vida, sus átomos son capaces de moverse desde el sitio de su generación por difusión a grandes distancias. Una proporción reducida escapa de los minerales fuente y se dispersa en las aguas subterráneas y en el aire donde puede encontrarse en proporciones variables.

La migración del radón se considera en varios pasos:

- (1) La formación radioactiva de los nuevos iones formados desde sus precursores (isótopo de radio).
- (2) La difusión de los átomos neutros a través de las fibras minerales.
- (3) La difusión y transporte a través de rocas permeables y de suelo.

De esta manera se distingue dos mecanismos de migración:

a.- **Difusión.**- El isótopo de radón se mueve con respecto al fluido que rellena los poros del medio.

b.- **Transporte (convección).**- El fluido se mueve a través del medio poroso y porta el isótopo de radón.

2.2. RADON EN AGUA DE BALNEARIOS (FUENTES TERMALES).

La cordillera de los Andes y la posición geográfica del Ecuador en las zonas volcánicas del Pacífico, hacen que la existencia de aguas subterráneas y de termas se presenten en el interior del territorio nacional.

Existen numerosos balnearios termales que utilizan agua que contiene una gran variedad de sustancias disueltas, las cuales corresponden a las características del terreno que atraviesan. Las aguas subterráneas de estas características contienen en disolución concentración de gas radón, como consecuencia de la elevada presión parcial del gas en los poros y grietas del terreno y de las condiciones en el interior de éste.

3. PARTE EXPERIMENTAL.

3.1. LOCALIZACION.

Para este estudio inicial de cuantificación de radón, se escogieron 13 balnearios de fuentes termales, 9 balnearios de la provincia de Pichincha y 4 de la provincia de Imbabura. Estos balnearios se escogieron considerando la ubicación, la facilidad de acceso, el sector geográfico y su utilización. A continuación en la tabla 1 se detallan dichos balnearios.

TABLA 1
DESCRIPCIÓN DE CADA BALNEARIO

BALNEARIO	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ALTURA (msnm)
San Antonio	Pichincha	Quito	San Antonio	2350
Ushimana	Pichincha	Quito	Alangasí	2500
Cununyacu	Pichincha	Quito	Tumbaco	2320
La Merced	Pichincha	Quito	La Merced	2640
El Tingo	Pichincha	Quito	Alangasí	2460
Guangopolo- R	Pichincha	Quito	Guangopolo	2459
Sillunchi	Pichincha	Quito	Machachi	2850
Tesalia	Pichincha	Quito	Machachi	2600
Ilaló	Pichincha	Quito	La Merced	2560
Chachimbiro	Imbabura	Iruquí	Tumbabiro	2500
Yanayacu	Imbabura	Cotacachi	El Sagrario	2420
Las Lagartijas	Imbabura	Otavalo	El Jordán	2610
La Salud	Imbabura	Otavalo	El Jordán	2500

FUENTE: Ministerio de Turismo, "Balnearios de Aguas Termales-Ecuador", 1998.

3.2. MUESTREO

La técnica de medida utilizada, se basa en la recolección de muestras de agua en recipientes de poliuretano de capacidad de 500ml., las muestras son recogidas en el afloramiento del manantial (fuente) y en la caída del agua a la piscina o en el punto accesible más próximo. Las muestras son cerradas con papel aluminio para evitar el escape posterior del gas.

La toma de muestras se realizó 5 veces para tener 10 lecturas de radón, 5 lecturas de la fuente y 5 de la piscina. Las muestras recogidas son desgasificadas y recolectadas en celdas de sulfuro de zinc y medidas en el centellómetro alfa, cuando el radón disuelto ha alcanzado el equilibrio con sus descendientes de vida media corta. Las lecturas se deben realizar al instante de recogidas las muestras o máximo a los tres días posteriores a su recolección.

Es indispensable que al momento de tomar las muestras de agua, se proceda al sellado inmediato de los frascos e inmediatamente al etiquetado de los mismos, con su respectiva fecha, hora, sitio de recolección (posición). Además se procedió a anotar en la etiqueta características importantes tales como: temperatura del agua en la fuente y en la piscina, localización, altitud, caudal, pH, etc.

En fuentes donde se presume la inexistencia de radón se recolectó adicionalmente un frasco de agua para realizar un análisis físico-químico. Se analizó la presencia de sulfatos, bicarbonatos, cloruros, entre otros. Con el objeto de saber la composición y clases de minerales que pueden contener. Las tablas 2 y 3 muestran los análisis hechos a cada balneario:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS BALNEARIOS

TABLA N°2

PROVINCIA DE PICHINCHA

BALNEARIO	TEMPERATURA (K)	pH	ANÁLISIS QUÍMICO (*)	ALTITUD (msnm)	Q (m3/día)
San Antonio de Pichincha	297.15	6.7	Sulfatos, bicarbonatos	2350	346
Ushimana	288.15	7.3	Sulfato sódico	2500	Ap. 500
Cununyacu	300.15	7.0	Bicarbonato, carbonato, sulfatos, Ca	2320	1000
La Merced	305.15	6.7	Bicarbonato, carbonato, sulfatos, Ca	2640	5000
El Tingo	310.15	7.3	Bicarbonato, carbonato, sulfatos, Mg, cloruros, Ca	2460	1850
Guangopolo-Rumloma	300.15	7.3	Bicarbonato, carbonatos, Mg, Ca	2459	430
Sillunchi	298.15	6.7	Bicarbonato, carbonatos, Mg, Ca	2850	Ap. 500
Tesalia	288.15	6.4	Bicarbonato, carbonato, sulfatos, Mg, Ca	2600	5000
Ialó	310.15	6.4	Sulfatos, bicarbonato, carbonato, Mg,	2560	1600

TABLA N°3

PROVINCIA DE IMBABURA

BALNEARIO	TEMPERATURA (K)	pH	ANÁLISIS QUÍMICO (*)	ALTITUD (msnm)	Q (m3/día)
Chachimburo	333.15	8.4	Cloruros, bicarbonatos, Ca, Mg, carbonatos, Fe	2500	5500
Yanayacu	310.15	5.8	Bicarbonatos, carbonatos, Ca, Mg, cloruros.	2420	2420
Las Lagartijas	287.15	5.6	Bicarbonato, carbonato, cloruros, Mg, Ca	2610	2610
La Salud	290.15	6.2	Bicarbonato, carbonatos, cloruros, Ca, Mg, sulfatos, Fe	2500	2500

(*) Se consideraron los valores más representativos realizados en el análisis físico- químico del agua.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

El equipo empleado en la determinación del radón es un instrumento llamado centellómetro alfa (Pylon modelo RM-1003) que es un contador de radiaciones alfa. El contador es digital, cuatro dígitos, cuatro períodos de conteo automático, cada uno de 1 minuto.

Estos contadores están sujetos en el tiempo y automáticamente secuenciados para dar proporciones confiables de radón. La figura 2 muestra un esquema del equipo empleado:

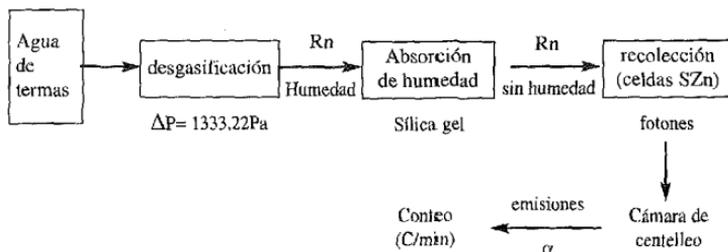


Fig. 2. Esquema del Equipo (Pylon modelo RM-1003).

El Pylon modelo RM-1003, está constituido por:

- Aparato para realizar la desgasificación del agua muestreada, tipo 152, modelo WG-1001, serie 215901.
- Electrodo conectado a una cámara de retención de humedad provista de sílica gel.
- Bomba manual que sirve para provocar una presión de 1333.22 Pa al momento de la desgasificación.
- Cámara de centelleo, tipo 105PT, modelo RM-1003, donde se produce el conteo de radón (en cuentas por minuto).
- Celdas de sulfuro de zinc activadas con plata, las mismas que sirven para recolectar el gas.

4. TRATAMIENTO DE DATOS.

Para la obtención de los datos de concentración de radón se aplicó la siguiente fórmula establecida en el manual de funcionamiento del Pylon RM-1003:

$$R_n = 0,87 * C_3 * 0,32 * C_2 - 0,34 * C_1 \quad (\text{Ec: 4-1})$$

Los coeficientes numéricos de cada uno de los conteos vienen establecidos directamente en el manual de funcionamiento del equipo (Pylón modelo RM-1003).

R_n = concentración de radón, determinado en cuentas por minuto (cpm)

C_3 = cuenta 3

C_2 = cuenta 2

C_1 = cuenta 1

Finalmente se aplica un factor para transformar de unidades de cpm a unidades internacionales de concentración Bq/m³:

$$\frac{1C}{210\text{ml} * \text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} * \frac{1 \times 106\text{ml}}{1\text{m}^3} = 79,37 \text{ Bq/m}^3$$

De esta manera el valor de concentración de radón en fuentes termales se determina por:

$$Rn' = Rn * 79,37 \quad (\text{Ec: 4-2})$$

5. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos demuestran la concentración promedio de radón \pm la desviación estándar de cada balneario, tanto para la fuente como para la piscina, como se observa en las tablas 4, 5, 6, 7 y 8

Los diagramas 1, 2, 3, 4 presentan el porcentaje de concentración de radón en la fuente y la piscina de cada balneario para las dos provincias.

Por otro lado se realizó un análisis de varianza para observar la incidencia que tiene la localización (balneario), posición (fuente o piscina), con las mediciones realizadas, como se observa en la tabla 9.4

TABLA 4

CONCENTRACIÓN DE RADON PARA LA FUENTE

PROVINCIA DE PICHINCHA	
BALNEARIO	(CONCENTRACIÓN DE RADON) \pm S, (Bq/m ³)
El Tingo	372,86 \pm 87,69
La Merced	181,11 \pm 45,02
Ushimana	0,00 \pm 0,00
Ilaló	472,06 \pm 107,17
Cununyacu	1145,40 \pm 74,62
Tesalia	1325,24 \pm 195,15
Guangopolo-Rumiloma	0,00 \pm 0,00
San Antonio de Pichincha	295,40 \pm 37,73
Sillunchi	885,56 \pm 108,01

TABLA 5
CONCENTRACIÓN DE RADÓN PARA LA PISCINA

PROVINCIA DE PICHINCHA	
BALNEARIO	(CONCENTRACIÓN DE RADÓN) \pmS, (Bq/m³)
El Tingo	497,46 \pm 48,05
La Merced	0,00 \pm 0,00
Ushimana	0,00 \pm 0,00
Ilaló	165,71 \pm 93,64
Cununyacu	627,05 \pm 95,42
Tesalia	1325,24 \pm 195,15
Guangopolo-Rumiloma	0,00 \pm 0,00
San Antonio de Pichincha	Ver tabla 3
Sillunchi	No tiene piscina

TABLA 6
CONCENTRACIÓN DE RADÓN PARA EL CHORRO

PROVINCIA DE PICHINCHA	
BALNEARIO	(CONCENTRACIÓN DE RADÓN) \pmS, (Bq/m³)
San Antonio de Pichincha	508,57 \pm 117,33

TABLA 7
CONCENTRACIÓN DE RADÓN PARA LA FUENTE

PROVINCIA DE IMBABURA	
BALNEARIO	(CONCENTRACIÓN DE RADÓN) \pmS, (Bq/m³)
Yanayacu	199,36 \pm 28,83
Chachimbiro	269,52 \pm 37,63
La Salud	516,98 \pm 37,68
Las Lagartijas	482,38 \pm 59,01

TABLA 8

CONCENTRACIÓN DE RADÓN PARA LA PISCINA

PROVINCIA DE IMBABURA	
BALNEARIO	(CONCENTRACIÓN DE RADÓN) \pm S, (Bq/m ³)
Yanayacu	(1)
Chachimbiro	182,50 \pm 31,13
La Salud	(*)
Las Lagartijas	169,37 \pm 34,40

- (1) No se tomó muestra, puesto que la piscina estaba sin funcionamiento, por remodelación.
- (*) Se tomó la muestra de la misma fuente principal, ya que la piscina ha-
ce como fuente principal, no hay acceso directo a la fuente de origen.

DIAGRAMA 1

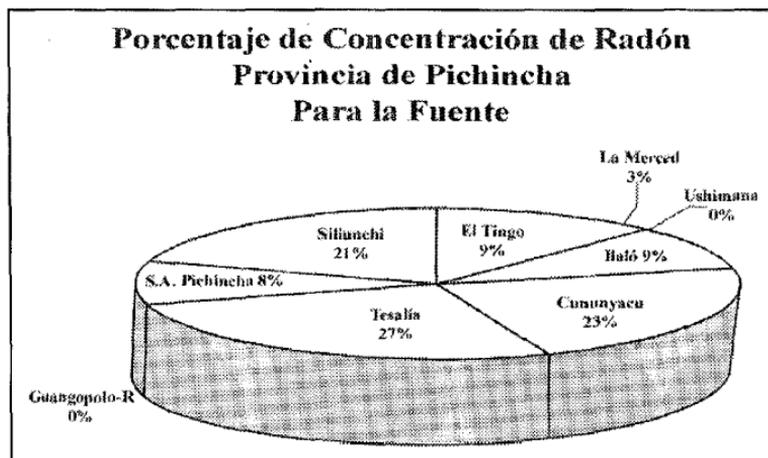


DIAGRAMA 2

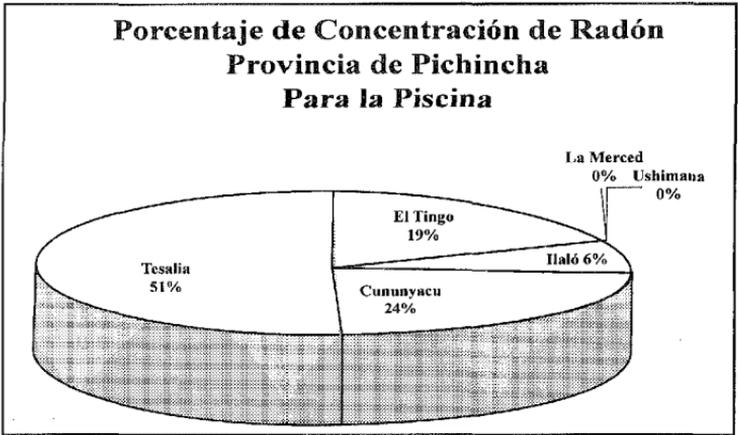


DIAGRAMA 3

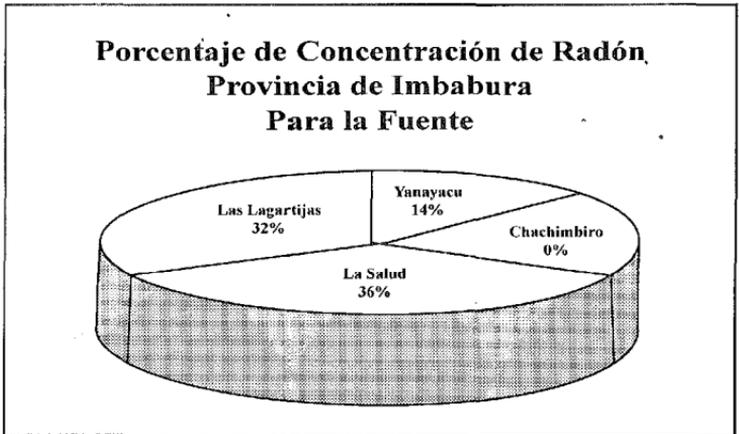
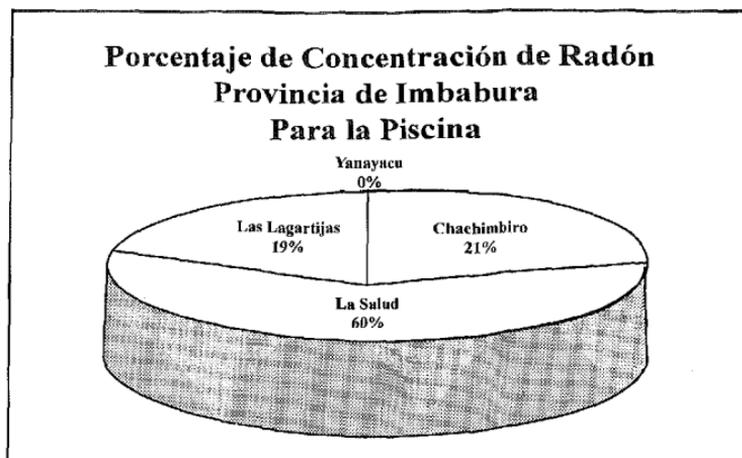


DIAGRAMA 4



6. ANALISIS DE RESULTADOS.

Los balnearios de la provincia de Pichincha, contienen mayor concentración de radón, especialmente 3 de ellos, Tesalia (1638,67 Bq/m³), Cununyacu (1424,81 Bq/m³) y Sillunchi (1319,16 Bq/m³), esto se debe especialmente a las características del agua que bañan estos balnearios. Se debe considerar también su procedencia y la fuente de donde provienen estas termas, es decir cerros o volcanes.

Del análisis físico-químico expuesto en la tabla 2, se observa que estos 3 balnearios poseen aguas con características similares, lo que se podría asociar a iguales condiciones de terreno, y por lo tanto su similitud con la concentración de radón.

En la provincia de Imbabura, en cambio los valores de concentración de radón no varían mucho, los valores están entre los 200 a 700 Bq/m³, tanto para la fuente como para la piscina. Destacándose como el de mayor concentración el balneario La Salud (659,62 Bq/m³).

En general para todos los balnearios, la concentración de radón en la fuente principal es mayor que los valores registrados en la piscina, debido a que la fuente principal está más cerca al lugar donde se origina la terma, esta cercanía puede ser un cerro o volcán, agrietamientos profundos, ojos de agua, etc.

LOCALIZACION	POSICIÓN	MEDIA	Std. Deviation	N
Tingo	Fuente	4,698	1,105	5
	Piscina	6,268	0,605	5
	Total	5,483	1,179	10
La Merced	Fuente	2,282	0,567	5
	Piscina	0	0	5
	Total	1,141	1,261	10
Tesalia	Fuente	16,698	2,459	5
	Total	16,698	2,459	5
Guangopolo-R	Fuente	0	0	5
	Piscina	0	0	5
	Total	0	0	10
S. Antonio P.	Fuente	3,722	0,475	5
	Piscina	6,756	0,909	5
	Total	5,239	1,739	10
Ushimana	Fuente	0	0	5
	Total	0	0	5
Ilaló	Fuente	6,002	1,28	5
	Piscina	1,74	0,461	5
	Total	3,871	2,422	10
Cununyacu	Fuente	14,432	0,94	5
	Piscina	7,9	1,203	5
	Total	11,166	3,59	10
Sillunchi	Fuente	11,158	1,361	5
	Total	11,158	1,361	5
Yanayacu	Fuente	2,512	0,363	5
	Total	2,512	0,363	5
Chachimbiro	Fuente	3,396	0,474	5
	Piscina	2,3	0,392	5
	Total	2,848	0,709	10
La Salud	Fuente	6,514	0,475	5
	Total	6,514	0,475	5
Las Lagartijas	Fuente	6,078	0,743	5
	Piscina	2,134	0,433	5
	Total	4,106	2,156	10
Total	Fuente	5,961	5,114	65
	Piscina	3,387	3,017	40
	Total	4,98	4,591	105

Existen factores externos que modifican las mediciones realizadas, como ocurrió en el balneario El Tingo, al realizar el muestreo en presencia de lluvia, la concentración de radón en la piscina fue mayor que en la fuente, observándose una alteración de resultados. Para verificar este acontecimiento se realizó una nueva medición en día normal, considerando como día normal a un día sin lluvia y con clima soleado, observándose que la concentración de radón sigue la misma tendencia que en los otros balnearios; es decir, que la concentración de radón es mayor en la fuente que en la piscina. Factores como lluvia, temperatura, humedad, pueden ser determinantes en la variación de la concentración de radón.

Por último se puede observar que existen balnearios cuya concentración de radón es cero, como en el caso de los balnearios Guangopolo- Rumiloma y Ushimana. En el primer caso, según la bibliografía, sus aguas contienen agua lluvia infiltrada a través del suelo poroso. En el segundo caso, las aguas no pertenecen a una terma y el calentamiento se lo realiza mediante calderos; las pruebas físico-químicas demuestran que son aguas sulfatadas.

7. CONCLUSIONES.

Las concentraciones de radón más altas se presentan en los balnearios, cuya fuente principal se encuentra a pocos metros del afloramiento de la terma (300-500m), o están muy cercanos a volcanes o cerros de donde provienen las vertientes.

La concentración de radón en la fuente es mayor que la concentración de radón en la piscina. Esto se debe especialmente al recorrido por los suelos donde atraviesa, a las características del medio. Al llegar a la piscina el conteo de radiaciones alfa es menor que en la fuente principal, debido al escape de gas del agua al aire.

Las anomalías de gas radón pueden ser debidas a variaciones de las condiciones ambientales, tales como temperatura o lluvias fuertes, agrietamientos profundos en el recorrido del agua

Del estudio realizado en 13 balnearios, 9 de la provincia de Pichincha y 4 de la provincia de Imbabura, se encontró que los valores de concentración de radón en aguas termales están entre los 200- 1700 Bq/m³ para la fuente y para la piscina están entre los 200- 800 Bq/m³.

8. RECOMENDACIONES

- Es indispensable tener en cuenta las recomendaciones que constan en la publicación ICRP-60, para la protección contra las radiaciones ionizantes, en este caso de los balnearios de fuentes termales. La falta de correlación entre las concentraciones de radón en agua y las que alcanza el gas en el aire, hace necesario realizar un análisis pormenorizado de todos y cada uno de los balnearios que se encuentran en funcionamiento, incluso en aquellos que poseen concentración de radón bajas en el agua, que pueden producir dosis de radiación elevadas.
- La determinación del valor promedio de la concentración de radón en estos balnearios presentan los mismos problemas generales que en su determinación en viviendas, derivado de las amplias variaciones que puede experimentar por influencia de la ventilación, existiendo otros problemas específicos de medida, debido a las altas temperaturas y humedades relativas que caracterizan al ambiente.
- Se recomienda hacer un seguimiento de este estudio preliminar de cuantificación de radón en fuentes termales realizado en las provincias de Pichincha e Imbabura, de manera de contar con registros de la variación del radón.
- Por otra parte se recomienda que el consumo para uso doméstico de estas aguas, se realice de una manera cautelosa, hirviendo suficientemente para provocar el escape y la liberación de este gas y de esta manera disminuir los efectos nocivos que pueda presentarse.

9. AGRADECIMIENTO

Los autores de este estudio expresan su agradecimiento a la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, por haber contribuido a la realización de los análisis de radón.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- ARMUJO, M, SAN MARTIN, "Curas Balnearias y Climáticas", Ed. Computense, Madrid, 1994.
- 2.- B. FLORES; M, MONNIN; L, SEIDEL; "Radon Signals Related to Sismic Activity in Ecuador", 1987.
- 3.- CRESPI, M, "Introducción a la Radioquímica", proyecto Ecu/0/02, Ecuador, 1979.

- 4.- ESPOCH, "Señales de Radón Relacionadas a la Actividad Sísmica en el Ecuador", Escuela Politécnica del Chimborazo, marzo 1987.
- 5.- ICRP-60, "Recomendaciones 1990", Comisión Internacional de Protección Radiológica, Sociedad Española de Protección Radiológica, EDICOM PRET S.A., 1990.
- 6.- JASIMUDDIN, Ahmed, "El Radón en el Medio Ambiente Humano", OIEA #2, Vol. 36, Austria, 1994.
- 7.- NAZAROFF, W; NERO, A; "Radon and its Decay Products in Door Air", Interscience Publication, New York, 1990.
- 8.- NUCLEAR, "Revista de la Sociedad Nuclear Española", No. 190, España, Octubre 1999.
- 9.- RADON, "Risks and Remedies", video cassette (duración 25 minutos), CEEA, Quito, 1995.
- 10.- SANCHEZ, Benjamín, "Protección Radiológica", parte I, editorial Neografis, Madrid, 1988,
- 11.- TOMASINO, L; FURIAN, G; "Radon Monitoring in Radioprotection Environmental Radioactivity and Earth Sciences", Proceeding of the International Workshop, ICTP, Italy, 1989.
- 12.- WAHLSTROM, Bjorn, "Radiation", International Atomic Energy Agency, Published by the International Atomic Energy Agency, Printed by the IAEA, 1997.

El Gas Natural

Ing. Renán Criollo R.

Sociedad Ecuatoriana de Ciencias Exactas y Naturales

1.- INTRODUCCIÓN

Entre las fuentes de energía primaria más utilizada, el gas natural ocupa el tercer lugar en el mundo y representa más de la quinta parte del consumo energético a nivel mundial. Sus reservas son similares a las del petróleo siendo inferior su ritmo de consumo, por lo que la vida prevista para esta energía supera, en la actualidad, los 70 años. Estas previsiones son actualizadas periódicamente debido al progresivo descubrimiento de nuevos yacimientos y a la aplicación de nuevas tecnologías que hacen posible su extracción a mayores profundidades.

La explotación a gran escala de esta fuente energética natural cobró especial relevancia tras los importantes hallazgos registrados en distintos lugares del mundo a partir de los años cincuenta. Gracias a los avances tecnológicos desarrollados, sus procesos de producción, transporte, distribución y utilización no presentan riesgos ni causan impacto ambiental apreciable.

El gas natural, por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía ⁽¹⁾.

Al igual que el petróleo de la región oriental que concita la atención de los ecuatorianos, ya por más de tres décadas, es hora de mirar al aprovechamiento del gas natural del Golfo de Guayaquil, como un importante renglón económico en el proceso de desarrollo del Ecuador.

2.- DEFINICIONES

La American Gas Association (2) define el gas natural respecto al yacimiento como:

Associated N. G. (gas natural asociado): gas natural libre en contacto con petróleo crudo en el yacimiento, pero no disuelto.

Disolved N. G. (gas natural disuelto): gas natural en solución con el crudo. Dry N. G. (gas natural seco): gas natural producido en un estrato que no contiene componentes condensados (gas no asociado) o que ha sido separado de los demás componentes (stripped gas).

Puede ser que la asociación del gas natural y del crudo sea tal, que en el yacimiento no se puede hablar del uno o de otro sino solo del líquido monofásico, y la separación ocurre sólo en la descompresión.

Respecto a la composición química, el gas natural es clasificado en dos grandes categorías:

Gas natural húmedo, cuando contiene hidrocarburos condensables (propano, butano o hidrocarburos más pesados); y,

Gas natural seco, cuando no contiene cantidades económicamente recuperables de hidrocarburos superiores. Este tipo de gas es también aquel que se obtiene del gas húmedo después del tratamiento de separación de los condensables.

Los hidrocarburos recuperados del gas húmedo son clasificados como LNG (gas natural licuado con metano como principal componente); GLP (gas licuado del petróleo) la mezcla propano-butano; y, NG (gasolina natural) los pentanos y los hidrocarburos superiores. Las propiedades del gas natural es muy variada como se puede ver de la Tabla 1 que contiene la composición y poder calorífico de algunos tipos de gas natural, incluyendo el de los campos Shushufindi y Amistad del Ecuador.

**Tabla 1.- Composición (%V) y Poder Calorífico (Kcal/Nm³)
1 de Tipos de Gas Natural**

PAIS/AREA	ARGELIA		ECUADOR		USA	FRANCIA	KUWAIT	LIBIA	MAR DEL NORTE
	Hassl R'Mel	Shushufindiz	Amistad	Pnahandle Texas	Lacq	Burgan	Zelten	West Sole	
Metano	83,5	44,8	98,6	80,9	69,3	57,6	66,2	94,4	
Etano	7,0	10,7	0,8	6,8	3,1	18,9	19,8	3,1	
Propano	2,0	15,8	0,2	2,7	1,1	12,6	10,6	0,5	
Butano	0,8	8,6	0,1	1,1	0,6	5,8	2,3	0,2	
Pentano e hidrocarburos más pesados	0,4	4,8	----	0,5	0,7	3,0	0,2	0,2	
Nitrógeno	6,1	2,6	0,3	7,9	0,4	----	0,9	1,1	
Dióxido de carbono	0,2	12,7	----	0,1	9,6	2,1	----	0,5	
Acido Sulhídrico	----	----	----	----	15,2	----	----	----	
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
Poder calorífico	10800	13400	8700	10200	7900	14800	11200	9800	

1) Kilocalorías por normal metro cúbico, es decir el gas seco medido a 0°C y presión de la atmósfera;

2) Se trata de gas asociado.

3.- ORIGEN DEL GAS NATURAL

De la misma manera que el petróleo, el gas natural se origina en sedimentos formados por la acumulación, en medios lacustres, de materias orgánicas en descomposición. Estos sedimentos habrían tenido una fermentación bacteriana bajo presión, lo que hizo posible una transformación lenta y continua ⁽³⁾.

Es posible que la transformación del gas natural constituya en ciertos casos una primera etapa en la génesis de los hidrocarburos, pero en la mayor parte de los yacimientos el gas podría ser, por el contrario, posterior a la formación del petróleo y resulta de un lento craqueo de este último, ligado a los fenómenos de metamorfosis que dieron lugar a hidrocarburos más livianos. La formación del gas natural diferiría de la del petróleo por la naturaleza del medio de origen o por el período geológico en el desarrollo de este proceso y no por el proceso mismo.

La degradación bioquímica de la materia orgánica en rocas sedimentarias poco profundas y de edades relativamente recientes, da origen al gas de los pantanos, cuya composición es casi exclusivamente dióxido de carbono y metano. La descomposición química de residuos orgánicos en rocas profundas y antiguas, constituye el origen de la mayor parte de los yacimientos del gas natural

Los yacimientos de gas no asociado al petróleo pueden proceder de causas tectónicas, pues éste no se encuentra en los lugares en donde se formó; el petróleo y el gas migra a través de los sedimentos ubicados sobre la roca madre.

Los yacimientos explotables se dan cuando esta migración ha sido detenida por una capa impermeable y movimientos tectónicos obligan a los hidrocarburos esparcidos bajo esta capa, a concentrarse en volúmenes determinados.

Los fluidos contenidos en un reservorio se colocan de acuerdo con su densidad: el gas en la parte superior, el petróleo al medio y el agua en el fondo; pero hay ocasiones en que han sido transportados por nuevos accidentes tectónicos, que modificando la posición, la continuidad de la cobertura impermeable y haciendo variar la presión, han puesto el gas en movimiento sin tocar el petróleo, o han alejado el petróleo dejando solo el gas.

Otras veces durante la migración hacia las partes altas, el gas circula más rápido que el petróleo, efectuándose en consecuencia una separación entre los hidrocarburos líquidos y gaseosos.

En definitiva el origen de ciertos yacimientos donde el gas es asociado al petróleo estaría en una migración diferencial de hidrocarburos, relacionada con movimientos tectónicos.

4.- PRODUCCIÓN

Las técnicas de prospección de los hidrocarburos gaseosos son las mismas que se emplean en la prospección petrolera y están basadas en principios físicos relacionados con la gravedad de la tierra, magnetismo, conductividad eléctrica, acústica, térmica, óptica y radioactividad ⁽⁴⁾.

La perforación de pozos gasíferos y su completación, tanto en suelo firme como costa fuera, es similar a la que se emplea en los pozos de petróleo; en casos en que el gas está asociado al crudo, el mismo pozo es productor de ambos.

Los procedimientos de puesta en producción de pozos gasíferos son generalmente más sencillos que los de petróleo. Por ser el gas más compresible que el líquido, hace que la sola presión natural de los yacimientos permita re-

cuperarlo en grandes cantidades,¹ lo que hace innecesario que en la mayoría de los yacimientos gasíferos se emplee los costosos procedimientos de recuperación secundaria utilizados para el petróleo.

El gas natural producido en los pozos, antes de ser transportado a los centros de consumo, tiene que ser tratado con la finalidad de reducir a niveles mínimos el contenido de hidrocarburos pesados y agua, en este caso para evitar la formación de hidratos y condensaciones en las tuberías. Con el objeto de ajustar las características de combustión del gas, es necesaria la separación del dióxido de carbono y nitrógeno. El sulfuro de hidrógeno también debe ser eliminado cuando su concentración es mayor a 5 mg/m³, ya que forma ácidos corrosivos.

La producción de gas natural es menos costosa que la del petróleo; sin embargo y a pesar de las técnicas desarrolladas y los avances logrados, los costos de almacenamiento y transporte de los hidrocarburos gaseosos son muy superiores a los de los hidrocarburos líquidos. El análisis económico de la explotación en un campo de gas natural, por lo general se basa en la existencia y proximidad del mercado, aspecto que incide en la rentabilidad, y que probablemente es la mayor diferencia respecto a la explotación de un yacimiento de petróleo en el que el transporte y almacenaje, por ser menos complicados, tienen costos inferiores.

Esto y el hecho de que el costo del conjunto de operaciones necesarias para llevar el gas asociado a un mercado, era superior al precio ofrecido por el producto, explicaría la razón por la cual la producción de muchos yacimientos de este tipo es quemada en los propios campos.²

Cuando se trata de un gas asociado, y si en el campo petrolero los pozos se operan por el método de elevación de gas (gas lift), a veces es provechoso instalar una planta de extracción de los vapores de gasolina y gas licuado del petróleo. La Fig. 1 muestra una planta en donde se utilizan procesos de absorción y destilación⁽⁵⁾ para separar estos productos.

La planta que constituye una parte integral del equipo superficial de producción de campo, extrae el contenido de gasolina al gas, mientras que el gas seco resultante se recircula o reinyecta a los pozos para elevar más petróleo. La pérdida de volumen de gas como resultado de la extracción de gasolina, GLP y generación de fuerza se compensa por el gas de formación que

¹ 60-70%, en la mayoría de los campos productivos.

² En la región oriental del Ecuador también se ha quemado y se quema aún gas asociado debido a los continuos retrasos en la implementación de sistemas para recuperar GLP y gasolina natural.

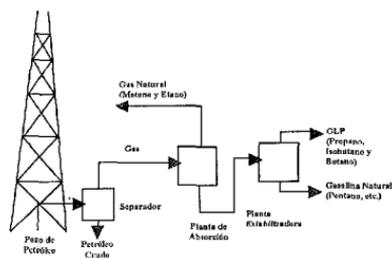


Fig. 1. Planta de Procesamiento de Gas Natural Asociado

se une al gas recirculado cada vez que pasa a través del pozo, por lo que en general no hay déficit. La extracción de la gasolina de preferencia es posterior a la compresión del gas.

5.- TRANSPORTE

El gas natural se transporta entre los yacimientos y las áreas de consumo mediante gasoductos, que son tuberías de acero de gran diámetro, normalmente enterradas. Cuando se hace necesario el transporte por mar y no es posible, técnica o económicamente, el tendido de gasoductos submarinos, el gas natural se licua a 160°C bajo cero, su volumen queda reducido 600 veces y se transporta en buques metaneros entre los países productores y consumidores. En el puerto receptor es descargado en las plantas o terminales de almacenamiento y regasificación, donde tras ser almacenado a presión atmosférica en grandes tanques criogénicos, es impulsado a alta presión y transformado de nuevo a su fase gas antes de ser inyectado en la red de gasoductos para su transporte a los centros de consumo, siendo estas instalaciones por su carácter subterráneo altamente respetuosas con el paisaje.

La evacuación de gas por tubería es mucho más cara que el transporte de productos derivados del petróleo. Normalmente los gasoductos requieren de compresores más caros y los tubos deben ser más resistentes para soportar las altas presiones. El costo de construcción de los gasoductos varía ampliamente según las condiciones de cada lugar; así, depende de las características de los terrenos que atraviesan, del volumen a transportar y de las presiones empleadas. En terrenos normales, no excesivamente accidentados, lejos de lugares poblados, donde los derechos de paso y las expropiaciones no sean muy elevadas, un 50% corresponde a los equipos y tuberías³ y el otro 50% a la excavación, colocación en el terreno, revestimiento y protección catódica⁴.

³ Las canalizaciones están instaladas con tubos de acero soldados unos a continuación de otros. Los tubos pueden ser sin soldadura, soldadura longitudinal, o en hélice.

⁴ La protección catódica protege a la tubería de la corrosión.

Los descubrimientos de reservas de gas natural mediante plataformas submarinas, tornaron necesaria la construcción de gasoductos bajo el mar, para su explotación. El costo de instalación de los gasoductos submarinos es varias veces mayor que el construido en tierra. Para profundidades no muy grandes como las del Mar del Norte, por ejemplo, la relación de costos entre los construidos en tierra firme y los construidos en el fondo del mar es de 1 a 3. Pero cuando es necesario tender tubería a profundidades mayores, los costos son indudablemente más altos. La tecnología para el tendido de gasoductos submarinos a grandes profundidades, no se encuentra completamente desarrollada, si se toman en cuenta las enormes dificultades que esta actividad representa.

En las grandes urbes del mundo desarrollado, la distribución del gas para consumo doméstico, comercial e industrial, desde los centros de almacenamiento se la realiza mediante la utilización de grandes redes de tubería, actividad que ha requerido del mejoramiento constante de la tecnología de instalación y la incorporación de los más modernos equipos de control y mantenimiento. La distribución del gas a nivel de consumidor final, constituye un negocio muy lucrativo, que en la mayoría de los países se encuentra en manos de la empresa privada.

6.- UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL

El descubrimiento de gas natural y las posibilidades de transportarlo a grandes distancias, abrieron en muchos países consumidores nuevos horizontes en la industria del gas, teniendo que incorporar a los antiguos sistemas de producción y distribución, los más modernos desarrollos tecnológicos en la materia. En países que son grandes consumidores de gas manufacturado,⁵ paulatinamente se operó el cambio hacia la utilización del gas natural o del gas obtenido por la refinación del petróleo, o como producto del gas natural (GLP).

El gas natural tiene hoy en día una importancia muy grande, sea como combustible, sea como materia prima en la industria orgánica e inorgánica.

Precisamente el gas natural sirve en la industria para la síntesis de amoníaco,⁶ metanol y alcoholes superiores. Hay que tener presente que en la actualidad hasta un porcentaje mínimo de ácido sulfhídrico presente en el gas natural tiene valor y hay que recuperarlo para transformarlo en ácido sulfúrico.

⁵ El gas manufacturado es obtenido por destilación del carbón o coke.

⁶ El amoníaco constituye la fuente principal para la elaboración de los fertilizantes nitrogenados como urea, sulfato de amonio, nitrato de calcio, nitrato de amonio, etc.

Como combustible compite con todas las demás formas de energía, a las que técnicamente puede reemplazar en casi el 80% de sus usos; inclusive se lo está empleando como carburante en motores de vehículos,⁷ donde presenta ventajas por su rendimiento y la escasa contaminación que produce frente a otros combustibles.

El gas natural tiene ciertas cualidades específicas que le dan ventajas sobre los demás combustibles:

- La combustión del gas es completamente limpia y produce muy escasa contaminación.
- Es posible conseguir una mejor regulación del calor y control de temperatura.
- Presenta facilidades para su uso, comparables a la electricidad, y es preferido en los sectores comerciales y domésticos, para calefacción y acondicionamiento de aire.
- El uso de gas suministra mejores productos y menos pérdidas en industrias de precisión y artesanías, de mecanización de metales, de mosaicos, vidrio, ladrillo, cemento, papel, textiles, etc.
- La distribución del gas natural a gran escala, para ser utilizado como combustible, se realiza mediante redes de tuberías, instaladas para abastecer los centros de consumo.

Para el abastecimiento de pequeños consumos domésticos y comerciales, donde no es posible o no se justifica el tendido de redes, se utiliza el GLP en recipientes portátiles (cilindros).

El gas natural es utilizado en grandes cantidades en varias ramas de la industria del acero; su uso es favorable por las muchas ventajas que presenta al ser quemado: alta pureza, estabilidad de composición, llama químicamente inactiva, ausencia de ceniza y productos sulfurados, alta eficiencia de combustión, flexibilidad de acción y fácil control del proceso de combustión.

Es importante destacar como en el mundo se registra un rápido avance en la utilización del gas natural como combustible para la generación de energía eléctrica, debido a la alta eficiencia de las estaciones donde se quema y a su naturaleza no contaminante.

⁷ En algunos países europeos altamente industrializados y muy dependientes de las importaciones de hidrocarburos se utiliza el gas natural como combustible de vehículos.

7.- RESERVAS DE GAS EN EL MUNDO.

Las reservas del gas natural del mundo se duplicaron en los últimos 20 años, sobrepasando el crecimiento de las reservas de petróleo en el mismo período. Las reservas estimadas de gas han crecido particularmente rápido en la ex Unión Soviética, Medio Oriente y la región de Asia del Pacífico. La revista especializada The Oil & Gas Journal ⁽⁶⁾ ha estimado que las reservas probadas de gas en el mundo a enero del 2001 alcanzan a 5.278 trillones de pies cúbicos (Tabla No. 2), lo cual significa un incremento de 132 trillones de pies cúbicos sobre el estimado para el año 2000.

Tabla 2.- Reservas Mundiales de Gas Natural por País

PAIS	RESERVAS (TRILLON DE PIES CUBICOS)	%
MUNDO	5278	100,0
TOTAL 20 PAISES	4678	88,6
RUSIA	1700	32,2
IRAN	812	15,4
QATAR	394	7,5
ARABIA SAUDITA	213	4,0
EMIRATOS ARABES UNIDOS	212	4,0
ESTADOS UNIDOS	167	3,2
ARGELIA	160	3,0
VENEZUELA	147	2,8
NIGERIA	124	2,3
IRAQ	110	2,1
TURKMENISTÁN	101	1,9
MALASIA	82	1,6
INDONESIA	72	1,4
UZBEKISTÁN	66	1,3
KAZAKSTÁN	65	1,2
CANADA	61	1,2
HOLANDA	63	1,2
KUWAIT	52	1,0
CHINA	48	0,9
MEXICO	30	0,6
RESTO DEL MUNDO	600	11,4

Las reservas de gas en el mundo están algo más ampliamente distribuidas entre regiones que lo que están las reservas de petróleo. Por ejemplo, la región de Oriente Medio posee el 65% de las reservas de petróleo globales pero solamente 35% de las reservas de gas. Por lo tanto, algunas regiones con limitadas reservas de petróleo poseen significantes stocks de gas. La ex Unión Soviética cuenta con alrededor del 6% de las reservas mundiales de petróleo pero aproximadamente con el 35% de reservas probadas de gas. La mayor parte del gas (32% de las reservas mundiales) está localizada en Rusia, posee las mayores reservas del mundo, equivalentes al doble de las de Irán que ocupa el segundo lugar. En el Medio Oriente, Qatar, Irak, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos también tienen significativas reservas de gas, como se muestra en la Tabla 2.

La razón reserva/producción (R/P) excede los 100 años para el Oriente Medio y son cercanamente tan altas para Africa (aproximadamente 98 años) y para la ex Unión Soviética de 82 años. La razón R/P para América Central y del Sur es también alta (aproximadamente 66 años), comparadas con solamente 10 años para América del Norte y de 18 años para Europa. Para el mundo en su totalidad, la razón promedio R/P es de 61,9 años para gas natural y 41 años para petróleo ⁽⁷⁾.

A más de las reservas convencionales de gas natural, existe un tipo muy particular de yacimientos, cuya importancia en el abastecimiento energético mundial futuro, se debe tomar en cuenta: se trata de los hidratos de gas,⁹ compuesto en los cuales éste aparece combinado en estado sólido. Las moléculas de gas están insertas en un reticulado formado además por moléculas de agua, permaneciendo fijas las posiciones de ambas, de modo que constituye un sólido cristalino, cuyo proceso de formación está dado por la composición del gas, el estado natural del agua, la presión externa y la temperatura.

9 La composición de los hidratos puede ser expresada con la fórmula $n G \cdot m H_2O$ donde G es el componente hidrocarbúrrifero. Los hidratos más comunes del metano, etano y propano son: $CH_4 \cdot 6 H_2O$; $C_2H_6 \cdot 6 H_2O$ y $C_3H_8 \cdot 18 H_2O$, aunque existen otros con diversos valores de n y m en dependencia de la presión y la temperatura. La densidad de un hidrato de gas depende de su composición y oscila en el amplio intervalo de 0,8-1,8 g/cm³. Comúnmente los centros de cristalización surgen en la superficie de contacto gas-agua. El crecimiento del hidrato puede tener lugar tanto en el ambiente gaseoso como en el volumen de agua.

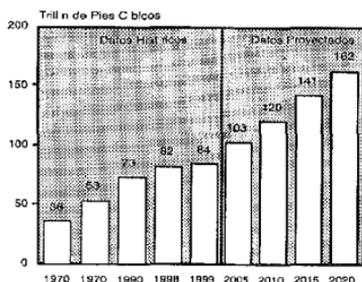
Los hidratos de gas se encuentran en zonas de reducida temperatura, concretamente en las que permanecen heladas permanentemente, siendo las de más perspectivas las zonas de Siberia, Alaska y Canadá. Los sedimentos del fondo de los océanos, a profundidades entre 200 y 600 metros, también serían muy favorables para la formación de hidratos en un 90% de su superficie.

Se han desarrollado diferentes métodos para producir gas a partir de estos depósitos sólidos, mediante el empleo de disolventes como metanol, glicoles y sustancias similares que destruyen los hidratos, liberando el gas.

8.- COMERCIALIZACION

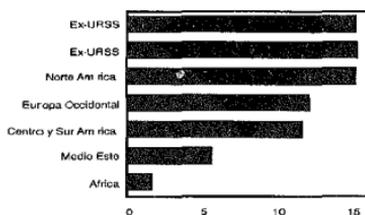
Las reservas actuales de gas natural en el mundo tienen gran importancia, puesto que aseguran el abastecimiento de la demanda por más tiempo que las reservas de petróleo. Las necesidades energéticas futuras podrían ser atendidos con un mayor desarrollo de esta fuente.

El consumo de gas está proyectado a casi el doble, 162 trillones de pies cúbicos, en el 2020 desde 84 trillones de pies cúbicos en 1999 (Figura 2). Con un crecimiento promedio anual de 3,2%, la participación del gas natural en el sistema de consumo de energía primaria total está estimada para crecer hasta 28% desde 23%. El mayor incremento en el consumo de gas se avizora en América Central, América del Sur, Asia, países desarrollados y países industrializados, entre estos principalmente Estados Unidos y de Europa del Este (Figura 3), donde se espera que el gas natural provea el 25% de la toda la energía usada para la generación de electricidad en el 2020, arriba del 14% de 1999⁽⁸⁾.



Fuentes: Histórico: Energy Information Administration (EIA), Office of Energy Markets and End Use, International Statistics Database and International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) (Washington, DC. Enero 2001). Proyecciones: EIA, World Energy Projection System (2001).

Fig. 2.- Consumo Mundial



Fuentes: 1999: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) (Washington, DC. Enero 2001). 2020: EIA, World Energy Projection System (2001).

Fig. 2.- Incremento en el consumo de gas natural por región, 1999-2000

La participación mundial de uso de gas para la generación de electricidad se proyecta que alcance el 26% en el año 2020, que significa un incremento en uso de energía de 32 quadrillones de BTU entre 1999 y 2020, que es mayor al esperado para el carbón de 19 quadrillones de BTU. Como resultado, un crecimiento interrelacionado entre el gas y las industria de la termoelectricidad es lo pronosticado.

Dentro de la estructura del consumo mundial de energía, el gas natural cada vez adquiere más importancia y su introducción en el abastecimiento energético de un país produce desplazamiento del resto de energías en los sectores donde está en competencia, dependiendo lógicamente de las disponibilidades y precios del gas.

De todas maneras, en la competencia gas natural-productos petrolíferos, el límite estará dado fundamentalmente por la estrategia de precios emprendidos por las multinacionales y la política fiscal de los gobiernos.

9.- EL GAS NATURAL EN EL ECUADOR .- EXPLOTACIÓN DEL GAS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

El Ecuador tiene un estimado de reservas de gas natural de 3,7 trillonés ⁽⁹⁾ de pies cúbicos pero el país carece de la infraestructura necesaria para utilizar estos recursos, debido a que no existe un mercado significativo para el gas.

Una perspectiva muy prometedora constituyen las reservas de gas natural localizadas en el campo Amistad del Golfo de Guayaquil, aquellas que están cuantificadas, y las que eventualmente pueden encontrarse, ya que indudablemente constituyen un renglón económico muy importante.

El campo Amistad se descubrió en enero de 1970 con la perforación del pozo Amistad # 1 por parte de ADA Oil Company. En años subsecuentes se perforaron cuatro pozos adicionales en el campo Amistad. Al momento de su descubrimiento, no existía un mercado económico para el gas. A Energy Development Corporation (EDC) una subsidiaria de Samedan Oil Corporation, se le asignó un contrato de participación en la producción del Bloque 3 en el Golfo de Guayaquil en julio de 1996, el cual incluyó el campo Amistad, situado a 50 km al oeste de la ciudad de Machala y al suroeste de la isla Puná (ver plano de ubicación).

EDC ha firmado un acuerdo de 15 años con Petroecuador para explotar un estimado de 177 MMPCPD de las reservas recuperables, período que justificaría la ejecución del proyecto de utilizar el gas como com-

bustible industrial en una planta termoeléctrica de 240 MW. Este proyecto tendrá un costo estimado de 137 MM dólares y la producción puede iniciarse en el año 2001.⁽¹⁰⁾

Las consultas del gobierno con las compañías que generan electricidad en el área de Guayaquil han indicado que existe ahora un buen mercado para el gas natural. El uso primario sería el de proveer el gas natural como combustible para las turbinas que generan electricidad en esta área. El gas natural desplazaría al diesel que actualmente es usado como combustible de estas turbinas. Las ventajas de utilizar el gas natural como combustible son: el costo más bajo que el diesel, los costos reducidos de mantenimiento y un combustible a quemarse más limpio para el ambiente.

Los compromisos de capital incluyen, pero no están limitados, a los siguientes aspectos: facilidades de procesamiento costa afuera para 105 MMPCPD (105 millones de pies cúbicos por día) de gas y líquidos asociados, un gasoducto costa afuera de aproximadamente 80 km de longitud y un diámetro mínimo de 12 pulgadas, una estación receptora y una facilidad de medición en tierra; y, un gasoducto de 14 pulgadas, en tierra, hasta Guayaquil de aproximadamente 90 km de longitud. El costo estimado total de estas inversiones de capital de desarrollo es de US \$ 125'268.000.

En el Golfo de Guayaquil podría explotarse cada día unos 26,5 millones de pies cúbicos para generar inicialmente 204 MW de energía eléctrica y en dos años 312 MW. La energía que generaría la planta serviría para abastecer Machala con 80 MW; el resto iría al Sistema Nacional Interconectado. Con la planta a gas habrá una reducción de la importación de diesel para la generación eléctrica y disminuirá los costos de generación.

El Ecuador tiene una capacidad instalada de energía eléctrica de alrededor 3,12 millones de kilovatios (hasta enero 1, 1998) con una generación de electricidad de 9,66 billones de kilovatios hora. Alrededor del 73% de la generación correspondiente a 1998 fue hidroeléctrica y el resto, de generación térmica. Con dificultades operacionales, la mitad de la electricidad del país proviene de la planta hidroeléctrica Paute⁽¹¹⁾.

La demanda de energía crece rápidamente pero la capacidad de generación, transmisión e infraestructura de distribución sufre de varias deficiencias. Aproximadamente el 25% de la población se encuentra sin acceso a la

¹⁰ En 1974 el gobierno ecuatoriano había acordado con Northwest Pipeline Corporation un contrato de exploración-explotación e industrialización del gas del Golfo de Guayaquil y de su industrialización mediante la producción de amoníaco y metanol, contrato que no se cumplió por la posición contraria a la política del gobierno que adoptó la compañía.

electricidad, y la demanda crece en las áreas que ya cuentan con electrificación. Frecuentemente, las partes del sistema de transmisión están destinadas a operar con la máxima capacidad la mayor parte del tiempo. Adicionalmente, existe insuficiencia de capital para mantenimiento, y partes de la red están en condiciones incipientes.

Se necesita más energía termoeléctrica durante la época seca, algunas compañías privadas están en el proceso de incrementar la capacidad termoeléctrica, el gobierno se niega a invertir en el sector eléctrico o abrirlo a la competencia, esto ha causado severos cortes de luz durante épocas de sequía cuando la hidroeléctrica empieza a fallar considerablemente.

Mirando el problema con objetividad, apartando ciertas estimaciones y cálculos de lo que se pudo haber ganado o perdido, con lo que se hizo o dejó de hacer, considerando que las empresas extranjeras no cumplieron sus contratos ¹⁰ y al final por diferentes causas fracasaron en su intento de explotar el gas del campo Amistad, constituye obligación del gobierno empeñarse en concretar la ejecución del proyecto de aprovechamiento de esta riqueza que es indispensable para el desarrollo económico y social del Ecuador, habida cuenta que el tema energético va íntimamente relacionado con la producción nacional y confianza para que se pueda invertir en los sectores productivos, sin temor a la paralización de la plantas y al trabajo en tinieblas.

10.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Pulso Latinoamericano, GDA (Grupo Diarios América), noviembre de 2001
- 2.- L. Shnidman, Gaseous Fuels, American Gas Association, New York, 1948
- 3.- M. Medici, The Natural Gas Industry, Londres (1974).
- 4.- B. C. Craet – M. F. Hearings, Ingeniería Aplicada de Yacimientos Petrolíferos, Madrid (1974).
- 5.- I. Deutsh, Tecnología del Gas, Barcelona (1972).
- 6, 7.- Oil & Gas Journal, Vol. 98, No. 51 (diciembre 18, 2000), pp. 121-124.
- 8.- Natural Gas, Energy Information Administration, annual Energy Outlook 2001, Natural Gas, DOE/EIA-0383(2001) (Washington, DC, december 2000), p. 43.
- 9,10,11.- An Energy Overview of Ecuador, Energy Information Administration (EIA), Office of Energy Markets and End Use, (Washington, DC, December 1999).

Epidemiología de la Cisticercosis Porcina en el Ecuador: Análisis y Observaciones

*Dr. O. W. Benítez, Dr. O. W¹⁻⁴ Ron,
Dr. R. J¹, Rodríguez, R¹, Dr. Barrionuevo, S. M¹,
Dr. Chávez, L. M.¹, Dr. Proaño, P. F.¹,
Dr. Brandt, ², Geerts, S²,
Dr. Van Marck, ³,
Centro Internacional de Zoonosis,
Universidad Central del Ecuador*

Resumen

El presente trabajo, es una revisión bibliográfica exhaustiva, sobre la cisticercosis porcina, conocida en el Ecuador como: triquina, coscoja, arvejilla, quinua, grano, o pepa y, se complementa con un análisis de la información obtenida en el proceso de ejecución del Proyecto Teniasis Cisticercosis, durante los últimos cuatro años.

Partiendo de la interpretación del contexto productivo, se establecen los diferentes factores que determinan la presencia de esta parasitosis, los efectos en la salud pública y los perjuicios sanitarios y económicos derivados de su presencia.

La información recolectada, ha permitido saber que esta parasitosis de los cerdos, es conocida en el país, por los estudiosos del tema, desde el siglo XIX, y, disponer de referencias que muestran la evolución de su prevalencia desde 1938, hasta el presente año. Se precisa, que las piaras porcinas de las provincias de la Sierra, son las más afectadas por la cisticercosis y que, en esta región, se

han realizado una gran cantidad de trabajos de investigación, con el propósito de cuantificar su existencia y los factores que la determinan. El análisis de importantes trabajos realizados en las provincias de la Costa, contribuyen a dar una visión próxima de la realidad nacional, en relación con el tema.

Las estadísticas analizadas, en base a la inspección veterinaria y, hoy en día, con ayuda de métodos de inmunodiagnóstico muestran que la cisticercosis porcina se encuentra presente en todas las regiones del país en donde se han realizados estudios; en la provincia de Pichincha, entre 1957 y 1988, la incidencia fluctúa entre 6.8% y 1.9%. En la provincia de Loja entre, 1976, 1992 y 1998, la prevalencia fue de 5.9%, 3.7% y 2.3% respectivamente. En la provincia de Imbabura entre 1989 y 1997, la prevalencia fluctuó entre 1.46% y 0.71%. En Chimborazo, 1993, la prevalencia fue de 0.77%. En sectores de la Costa, en Guayaquil 1.96% en 1969 y en El Oro (Machala) en 1981, de 2.4%. Los estudios realizados por inmunodiagnóstico en el Proyecto Teniasis Cisticercosis, muestran prevalencias de 6.76%, 12.01% y 11.40% entre 1998, 1999 y 2001, en Imbabura y Loja.

Pese a los esfuerzos efectuados por instituciones de salud del Estado, de universidades, de organismos no gubernamentales; no se ha logrado controlar esta parasitosis en los cerdos, ni contar con una política que integre a diferentes sectores con la finalidad de trabajar en forma conjunta para optimizar recursos materiales y conocimientos. De forma complementaria, se propone una estrategia de lucha contra la cisticercosis porcina, basada en el mejoramiento de los sistemas de producción, el mejoramiento de la infraestructura sanitaria y de un programa permanente de concientización, de monitoreo y de desparasitación, con la finalidad de controlar y erradicar esta enfermedad.

Palabras claves: *Cysticercus cellulosae*, teniasis, cisticercosis, diagnóstico, prevalencia, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo, es el de realizar una investigación bibliográfica, de los diferentes estudios efectuados en nuestro país, sobre la cisticercosis porcina, conocida en el medio como arvejilla, quinua, coscoja, triquina, grano, pepa o popoja. Pretendemos efectuar un análisis desde el punto de vista de la producción animal, de su epidemiología y de los métodos de diagnóstico, utilizados para identificar esta parasitosis. De manera complementaria, se presentan los datos obtenidos durante los cuatro años de ejecución del "Proyecto Piloto para el Estudio del Complejo Teniasis Cisticercosis en los Andes del Ecuador" (Proyecto T/C), ejecutado por la Univer-

sidad Central de Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria, con el apoyo científico de la Universidad de Amberes y del Instituto de Medicina Tropical de Amberes y, en base al financiamiento aportado por el Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR), de la Cooperación Belga.

La ganadería porcina en nuestro país, se caracteriza por la presencia de pequeños rebaños que son explotados de forma tradicional, en las unidades familiares que habitan en el sector rural. En pequeñas y medianas ciudades, también se evidencia la existencia de cerdos, entre otros animales, los cuales son mantenidos en rústicas instalaciones y, alimentados con residuos de cocina y productos obtenidos de las cosechas familiares. Este tipo de explotación representa más del noventa por ciento de los animales que se producen en el país, según un estudio realizado por Benítez O. W. (1995).

La población de porcinos en el país, estimada por la FAO, para el año 1996, fue de 2'621.000 animales, de las cuales 2'293.000 cabezas fueron faenadas y destinadas al consumo local, con una tasa de extracción de 87.5%, y, una producción de 103.000 toneladas de carne, lo que representa un promedio de 45 kg. por animal sacrificado. La inferencia de las cifras muestra que podría existir, aproximadamente 328.000 animales en edad reproductiva.

Si se toma en consideración, que la población nacional, ha sido estimada para el presente año, en doce millones de habitantes, y que de estos el 41% viven en el sector rural, con un promedio de 4.6 personas por familia; se estima que existen 1'069.560 familias rurales. De estas, y dado que la mayoría tienen cerdos, el promedio de cerdos por familia sería 0.3 animales. Observaciones realizadas por nosotros, nos permiten concluir que son las provincias de la Sierra, las que disponen de un mayor número de animales por unidad familiar; lo cual estaría determinado por los hábitos alimenticios, asociados a la preparación de platos típicos con carne porcina. En la Costa, se evidencia un mayor consumo de pescado, mientras que en la Amazonía, existe preferencia por el consumo de la carne de bovino. Trabajos realizados en el marco del Proyecto T/C, muestran que en la provincia de Imbabura, en la zona en donde hemos intervenido, el promedio de personas por familia puede ser de 5.9 a 6.46 miembros, según Chávez & Proaño (1999) y Cadena et al. (2001). El promedio de cerdos por unidad familiar es de 2.06 unidades, con una edad promedio de 7.01 meses y un peso de 27.28 kg.

La mayoría de los cerdos, existentes en las unidades de producción, son considerados como criollos: cerdos con genes de razas ibéricas, importadas por los españoles durante la conquista y que se han adaptado a los diferentes pisos ecológicos de las regiones geográficas del país. En los años cincuenta,

se inicia la importación de razas de tipo europeo: Duroc, Hampshire, York, y Landrace, entre las principales, lo que ha facilitado el cruzamiento con los animales locales, evidenciado con facilidad, en las diferentes explotaciones del país. No obstante el nivel de cruzamiento, los sistemas de explotación permanecen tradicionales y, resulta fácil encontrar cerdos explotados en libertad, deambulando en pequeños poblados, amarrados a una cuerda, o, en rústicas instalaciones y, con posibilidad de acceder a las excretas humanas, principalmente en el sector rural. Es este tipo de explotación lo que facilita la existencia del Complejo Teniasis Cisticercosis en el país, a lo que se pueden unir otros elementos determinantes, como: la falta de una adecuada infraestructura sanitaria, falta de un programa de desparasitación, de sensibilización frente a esta parasitosis y, muy particularmente, la inexistencia de una política interdisciplinaria, que aborde el problema de forma holística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las referencias más lejanas, que hemos podido encontrar, relacionadas con la cisticercosis porcina, en nuestro país, han sido aportadas por Crespo, E.J. quien en un trabajo publicado en la Revista de la Universidad de Cuenca (1938), señala que la existencia de cerdos infestados con cisticercosis, conocida en el medio como "quinua", fue evidenciada con el uso del microscopio, cincuenta años antes, por un "joven estudiante de medicina que era al mismo tiempo, profesor de física...". Este estudiante, según Crespo, comprobó, "examinando la quinua de la carne de cerdo, la presencia del escolex de la tania solitaria..." La existencia de la cisticercosis en los cerdos faenados en esa ciudad, es puesta en evidencia cuando refiere que: "... no hay que sorprenderse de que la mayor parte de los cerdos que se sacrifican en centenas y millares para la alimentación del hombre se halle contaminada por la cisticercosis o la dreria." (sic). De manera complementaria, se refiere a la forma de explotación de los porcinos, señalando que se realiza de manera tradicional y sin ningún cuidado sanitario. Al referirse a este aspecto, señala que: "...en la provincia del Azuay cada campesino es un porcicultor y tiene a sus chanchos no solamente como un artículo de explotación, sino aun como un policía sanitario solícito que hace desaparecer todos los materiales que infestarían la miserable vivienda" (sic). Lamentablemente, en este trabajo no se encuentran referencias estadísticas que permitan evaluar la prevalencia de *C. cellulosae*, en aquella época, pero, refiere algunas estadísticas en relación con un trabajo realizado por Max Braun en Prusia, quien encontró que " desde 1876 a 1882, la proporción de puercos infestados era 1/30; desde 1886 a 1889 1/551; en 1890

1/1470 y en 1899, 1/2102". Señala también que, "en un trabajo, realizado por Volvatz, en Francia, de 415 casos de cisticercosis observados, 248 se localizaron en el ojo y sus anexos; 149 en el sistema nervioso". Estos datos, consignados para otros contextos geográficos y para otras épocas, están cercanos a la realidad actual de nuestro país y de otros países en vías de desarrollo. Sorprende, la elevada localización ocular de la cisticercosis, en el caso francés, lo que contrasta con lo que sucede en nuestro medio, en donde la ubicación de los cysticercus, en el caso humano, es de preferencia en el cerebro.

Un estudio realizado por Creamer (1957), señala que la prevalencia de cisticercosis porcina, en el Camal de Chiriyacu, del cantón Quito, provincia de Pichincha, en una muestra de 30.677 cerdos, analizados entre diciembre de 1955 y noviembre de 1956, fue del 6.8%. El grado de infestación fue considerado como: de primer grado 5%, de segundo grado 1% y de tercer grado 8%. El autor señala que las dos primeras categorías de infestación corresponden a cerdos con bajo número de cisticercos en la canal y que estas carnes pueden ser sometidas a fritura "en el interior del matadero". En la tercera categoría, cisticercosis de tercer grado, infestación masiva, considera que las grasas y la carne pueden ser fritas, pero esta última debe ser decomisada.

Merino (1961), mediante la observación de 1733 cerdos sacrificados en el Camal Municipal de Quito, durante el período comprendido entre agosto y septiembre de 1960; determinó que 52 cerdos fueron positivos a cisticercosis, lo que equivale a una prevalencia de 3%. La clasificación de la infestación que realiza es la siguiente: de primer grado 1.96%, segundo grado 0.75%, y tercer grado 0.29%.

Dueñas (1964), citado por Erazo et al. (1988), en un trabajo realizado en Portoviejo, entre 10.755 cerdos observados, encontró, 212 positivos a cisticercosis, lo que equivale a 1.97% de los animales inspeccionados. Rojas (1969), en un trabajo realizado en Guayaquil, inspeccionando 3000 cerdos faenados, determinó que 59 animales, es decir el 1.96%, presentaban cisticercos. Otros trabajos realizados en la Costa ecuatoriana, ponen en evidencia que los cerdos sacrificados se encuentran parasitados en 0.1%, según Rendón (1975), y entre 2.4%, según Rogel (1981), en Babahoyo y Machala, respectivamente. Las cifras indicadas anteriormente, ponen en evidencia que la cisticercosis porcina se encuentra presente en las provincias de la Costa y contrarresta, la idea generalizada, de que esta parasitosis es una enfermedad "propia de la Sierra". Observaciones realizadas por nosotros, y contactos personales, establecidos en la provincia de El Oro, nos permiten concluir que en las localidades de Balsar, Piñas y Arenillas, la presencia de cisticercosis porcina es evidente. En la Tabla I, se incluyen datos complementarios, en relación con la cisticercosis porcina, en otras localidades de la Costa y de otras provincias del país.

Tabla I.- Epidemiología de la Cisticercosis Porcina en el Ecuador

Año	Autor	Lugar	No.		Prevalencia	Método Diag- nóstico
			Cerdos faenados	Positivos		
1955	Creamer C.H. (1957)	Pichincha			6.8%	IV
1961	Merino M.	Pichincha	50000	52	0.1%	IV
1964	Dueñas P.	Portoviejo	10755	212	1.97%	IV
1969	Rojas O.	Guayaquil	3000	59	1.96%	IV
1975	Rendón F.	Babahoyo	800	1	0.1%	IV
1976	Jiménez B.	Loja	6720	399	5.9%	IV
1977	Bravo P.	Guayaquil	17822	48	0.3%	IV
1978	Macías M.	Vinces	150	1	0.7%	IV
1981	Rogel R.	Machala	2000	47	2.4%	IV
1982	Pinto H.	Milagro	2341	4	0.2	IV
1982	Bravo E.	Balzar	1500	6	0.4%	IV
1984	Eraza F. et al.	Guayas	35907	104	0.29%	IV
1984	Eraza F. et al.	El Oro	11036	137	1.24%	IV
1988	Granda R. & Jara E.	Quito (Chiriyacu)			1.9%	IV
1991	Espinoza J. & Guzmán L.	Loja (CAFRILOSA)	14776	460	3.1%	IV
1992	Gonzaga R. et al.	Loja (CAFRILOSA)	14250	525	3.7%	IV
1993	Trujillo	Riobamba	10715	83	0.77% (3 meses)	IV
1995	Bentitez O. W.	Zona Sur Ecuador			12%	
1998	Proaño F. & Chávez M.A.	Ibarra (EMRI)	1101	8	0.73% (2 meses)	IV
			591	40	6.76% (2 meses)	ICCE
			8154	0	0% (2 meses)	IV
1998	Rodríguez R. & Peña M.	Quito (CMQ)	8154	0	0% (2 meses)	IV
1998	Carvajal A. & Cueva F.	Loja (CAFRILOSA)	2471	58	2.34% (2 meses)	IV
1999	Ron J.	Ibarra (EMRI)	1795	7	0.38%	IV
			441	0	0%	a.m
			441	2	0.45%	IV
			441	53	12.01%	ICCE
2001	Ordoñez L. & Valarezo J. C.	Loja (Catamayo y Catacocha)	192	22	11.4%	ICCE
			192	4	2.08%	IV

IV: Inspección Veterinaria, ICCE: Inmunodiagnóstico de *Cysticercus cellulosae* por ELISA, a.m.: *Ante-mortem*

Fuente: Base de datos del Proyecto T/C

En un trabajo realizado en la provincia de Loja, por Jiménez (1976), se establece que entre 1970 y 1974 se observaron 47.881 cerdos sacrificados en el Camal Municipal de la ciudad de Loja, y, se identificaron 2652 positivos a cisticercosis, lo que representa una prevalencia de 5.53%. Este mismo autor, en una intervención realizada en el indicado camal, entre enero y

agosto de 1972, e inspeccionando músculos, "mediante cortes en ambas piernas", en los pectorales y en masetero, vísceras: corazón e hígado, "mediante cortes superficiales" y, en lengua, "mediante corte ventral y longitudinal", de los cerdos faenados; encontró que 399 fueron positivos a *C. cellulosa*, conocida en la zona como "coscoja", lo que equivale al 5.9% de los animales estudiados. Los cerdos con cisticercosis presentaban sintomatología variada, a la inspección ante-mortem, misma que es diferente "según la susceptibilidad de los animales y la localización de las larvas". Señala que los síntomas más característicos son los siguientes: "respiración defectuosa, estertorosa y acelerada, rigidez de las extremidades; sensibilidad del hocico y de la lengua, que dificulta la ingestión de los alimentos; además, debilidad muscular general y progresiva, adelgazamiento y anemia". Indica también, que la cisticercosis cerebral del cerdo "provoca movimientos convulsivos, ataques epiléptoides y trastornos nerviosos". Signos estos últimos, que no han sido observados por nosotros entre los múltiples animales utilizados en las diferentes investigaciones realizadas. Este autor, considera que las cifras presentadas son subestimadas para la provincia de Loja, debido a que no existe un adecuado control veterinario de los animales que se destinan al consumo de la población. Sostiene así mismo que, "la cisticercosis porcina es muy frecuente y constituye por lo tanto un grave problema de salud pública, médico, veterinario y económico". Considera que la teniasis, es el factor determinante de la presencia de esta parasitosis, como consecuencia de la falta de buenos hábitos de higiene, e inspección escrupulosa de la carne y, propone realizar una campaña, debidamente planificada, contra la teniasis y la cisticercosis.

Otros trabajos han sido realizados en la provincia de Loja, con el propósito de actualizar la información. Espinosa & Guzmán (1991), luego de la inspección de 14776 cerdos, en el Camal Frigorífico de Loja S.A. (CAFRI-LOSA), encontró 460 cerdos positivos a cisticercosis, lo que equivale a 3.1% de los animales sacrificados. En 1992, Gonzaga et al., encontraron en el mismo camal un porcentaje casi similar de cerdos atacados de esta parasitosis, 525/14250, equivalente a 3.7%

Entre marzo y julio de 1995, un trabajo realizado por Benítez O. W. mediante la aplicación de 465 encuestas, que cubrieron a 16 de las 21 provincias del país, existentes en la época: 9 en la Sierra, 4 en la Costa y 3 en el Oriente; permitió obtener información sobre aspectos de carácter socio-económico, estructura de la familia campesina, sobre la producción, sanidad, alimentación, reproducción y población porcina; disponibilidad de instalaciones y servicios, así como, de tierras, asistencia técnica y crédito,

de los productores porcinos del país. Este trabajo posibilitó concluir, que en la época, en el país, existían 2'187.525 porcinos, explotados en el sistema tradicional. Solamente en la Sierra Central y Sur del país, se encontraron piaras de cerdos que pueden ser considerados como criollos puros, sin embargo, el porcentaje de los mismos es del 3 a 5% del total de la población encuestada. Los cerdos en este sistema de explotación, no disponen de construcciones idóneas, de dietas alimenticias equilibradas, ni de cuidados sanitarios especiales; los animales, generalmente vagabundos, se desplazan libremente, se alojan en cualquier lugar próximo a la vivienda del productor, buscan sus alimentos y resisten a las variaciones climáticas y a los trastornos de su salud, con la capacidad orgánica que les da la resistencia derivada de su rusticidad.

Los animales carentes de una dieta equilibrada, buscan los alimentos en todas partes y, muy particularmente, en los lugares destinados a la basura y cerca de las letrinas; esto posibilita la infestación con huevos de tenia y el desarrollo de la cisticercosis. El 12% de las explotaciones de la zona sur del país, confirmaron la existencia de cisticercosis porcina en sus rebaños. También se pudo evidenciar que no existen suficientes controles para el expendio de la carne con cisticercosis y que, cuando un cerdo presenta la parasitosis, este se destinaba a la preparación de frituras para la venta clandestina o para el consumo familiar.

Como los cerdos constituyen una forma de ahorro para la familia campesina, cuando estos están parasitados, las pérdidas económicas son significativas como consecuencia de un posible decomiso, por ello, en muchos casos, el productor recurre al fraude mediante el pinchazo de los cisticercos visibles en la cara inferior de la lengua o, mediante el expendio de la carne infestada, hecha fritura. En todo caso, como consecuencia de aquello, los riesgos de infestación parasitaria, de las personas, son significativos.

Dentro del marco del Proyecto T/C, se han realizado varios trabajos, con el propósito de establecer una metodología de acción que permita controlar esta parasitosis; basados en la información obtenida sobre los sistemas de producción porcina, recopilación de información existente en camales y centros de salud, intervención en camales e investigaciones de campo con la utilización de cerdos centinela. A continuación presentamos un resumen de los principales trabajos efectuados.

Carvajal & Cueva (1999), realizan un trabajo en la provincia de Loja, para lo cual se seleccionó las poblaciones de Belén y Landangui, así como, el Camal Frigorífico de Loja S.A (CAFRILOSA). El estudio de campo permitió conocer que los hatos, en las localidades estudiadas, tienen 1.94 cer-

dos por familia, en Belén; y, 5.8 cerdos en las unidades de Landangui. El peso promedio de los animales sacrificados en CAFRILOSA fue de 79.14 kg., que corresponden a pesos promedios de animales mestizos de diferente razas y de diversa procedencia.

Del estudio de 2471 cerdos faenados en CAFRILOSA, observados entre los meses de agosto y octubre de 1997, se estableció que el 50% de ellos procedían de la ciudad de Loja y de los sectores aledaños; de Puyango 11.58%; de Zamora 11.50%; de Balsas 4.94%; de Calvas 3.20%; de Catamayo 3.04%; de Piñas 2.51%, de Macará 1.05% y de otros cantones 3%. Del total de cerdos inspeccionados, 58/2471, fueron positivos a cisticercosis por inspección veterinaria, en los músculos: maseteros, bíceps braquial, trapecio, glúteo y, en corazón y lengua. Como se lo demuestra en la Tabla II. Los autores hacen notar que: "... los sistemas de faenamiento e inspección veterinaria en Landangui, no garantizan la calidad de la carne que se expende en esta comunidad. En CAFRILOSA, si bien los sistemas de faenamiento e inspección son mejores, no son suficientes para evitar que vísceras de cerdos con *Cysticercus cellulosae*, lleguen a los lugares de expendio, y por esta vía a los consumidores". La inspección veterinaria de las vísceras, aun en los camales que cuentan con médico veterinario, ha sido siempre insuficiente y, hemos constatado que las mismas, estando parasitadas, se utilizan para la preparación del plato típico conocido en la zona, como "chanfaina".

El estudio retrospectivo, realizado sobre la base de los registros de faenamiento de CAFRILOSA, en el periodo comprendido entre 1981 y 1997, permitió constar que de 231.650 cerdos sacrificados, 6236 fueron positivos a *C. cellulosae*, lo que representó un porcentaje de 2.69 animales, que fueron decomisados. En el periodo agosto - octubre de 1997, 2471 animales fueron inspeccionados, de los cuales 58 fueron positivos a *C. cellulosae*, es decir, el 2.34 % de los animales sacrificados. El análisis de las cifras presentadas por estos autores, pone en evidencia que, entre 1981 y 1997 ha existido una disminución poco significativa de cerdos infestados, lo cual puede deberse al mantenimiento de los sistemas tradicionales de explotación porcina y al deterioro general de las condiciones de salud, aportadas por el sistema sanitario del país y, a la poca conciencia existente, frente a esta parasitosis. Estos factores determinan que el nivel de infestación parasitaria, en esta provincia, sea de los más altos en el país, con graves consecuencias económicas y en la salud de las personas.

Tabla II.- Prevalencia por cantones de la provincia de Loja, de los cerdos infestados por *C. cellulosae* en CAFRILOSA (11/08/1997 – 10/10/1997)

Cantón	No. cerdos faenados	No. Positivos	Prevalencia %
Macará	26	2	7.69
Catamayo	75	4	5.33
Chaguarpamba	19	1	5.26
Puyango	286	14	4.90
Loja	1459	33	2.26
Piñas	64	1	1.56
Calvas	79	1	1.27
Balzas	122	1	0.82
Zamora	284	1	0.35

Fuente: Carvajal & Cueva, Proyecto T/C

En otro trabajo realizado en esta provincia, en las parroquias Catacocha, del cantón Paltas y La Toma del cantón Catamayo, durante el período diciembre 1999 – marzo 2000, por Ordóñez & Valarezo (2001), utilizando la inspección veterinaria y el método de Inmunodiagnóstico de Cisticercosis por ELISA-Ag. (ICCE), de nuestro Laboratorio; se constató que, de 192 cerdos faenados en estas poblaciones, se detectaron 4 cerdos positivos a cisticercosis, por inspección veterinaria; equivalente a 2.08 %, y, cuando los sueros fueron sometidos al método ICCE, se identificaron 22 positivos a antígenos de *C. cellulosae*, equivalente al 11.45%. De los 22 cerdos positivos al ICCE, 13 (59%) procedieron de Catacocha, y los 9 (41%) de Catamayo, 14 muestras pertenecieron a hembras (64%) y 8 a machos (36%). En otros estudios, también hemos podido constatar que la mayoría de animales parasitados corresponden a hembras, lo cual puede estar asociado a su calidad de reproductoras, lo que les permite alcanzar una vida media en el hato, mayor que la de otros animales y, por ende, un mayor tiempo exposición a los riesgos de contaminación por el consumo de alimentos o excrementos contaminados con huevos de *Taenia solium*.

Chávez & Proaño (1999), aplicaron un total de 110 encuestas en la zona piloto, elegida para realizar las actividades previstas en el Proyecto T/C; comunidades de Agualongo de Paredes, Pilascacho, Pucará y La Esperanza,

del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. El análisis de las encuestas muestra que en las cuatro comunidades existían 255 cerdos, con 2.55 cerdos por familia, cuya edad promedio era de 10.2 meses por animal. Al decir de los autores: “ la explotación porcina en la zona, se lleva a cabo bajo un sistema muy rudimentario, ya que el 48.3% de los cerdos son mantenidos al sogueo, 29% en corral y campo abierto y el 22.7% sólo en corral”. El tipo de manejo indicado por los autores es típico en las explotaciones de las provincias andinas, ubicadas en el norte y centro del país, y, no cabe duda que, la presencia de esta parasitosis en los cerdos, está fuertemente asociada con este tipo de explotación

El estudio complementario, de 1101 animales, faenados en la Empresa Municipal de Rastro de Ibarra (EMRI), durante el periodo febrero – abril de 1998, muestra que los animales faenados tiene un peso promedio de 58.30 kg. (+/- 20.9) y una edad promedio de 6.86 (+/-4.25) meses, 8/1101 cerdos fueron positivos a la inspección veterinaria, lo que equivale a 0.73% de los animales inspeccionados. La carga parasitaria por kilogramo de peso, en los animales positivos, fue de 84 cisticercos en promedio. La Tabla III presenta la prevalencia de cisticercosis porcina por inspección veterinaria en la EMRI, en el periodo de intervención.

Tabla III.- Prevalencia de Cisticercosis Porcina al Control Veterinario en la EMRI (febrero – abril 1998)

Procedencia	No. de cerdos	No. positivos	Incidencia
Feria de Ibarra	91	1	1.09
Otavalo	42	2	4.76
Cayambe	16	1	6.25
Urcuquí	10	2	20
Atuntaqui	5	1	20
Agato	2	1	50

Fuente: Chávez & Proaño, Proyecto T/C

Del total de cerdos faenados, se tomaron 591 muestras al azar, para estudiar la presencia de antígenos en circulación de *C. cellulosae*, encontrando que, 40 cerdos eran positivos, lo que representa el 6.76% de los anima-

les investigados. La edad promedio de estos animales fue de 9.37 meses y el peso promedio de 65.5 (+/- 27.8) kg. La diferencia en el porcentaje de cerdos positivos, está determinada por el método de diagnóstico utilizado, pues cabe recordar que, los métodos inmunológicos son más sensibles que la inspección veterinaria, como se puede apreciar en la Tabla IV, presentada a continuación:

Tabla IV.- Prevalencia de cisticercosis porcina a la Prueba de Ag-ELISA (ICCE), en la EMRI (febrero – abril 1998)

Procedencia	No. cerdos	No. positivos	Incidencia
Feria Ibarra	91	8	8.79
Otavalo	42	2	4.76
San Antonio	26	1	3.85
Cayambe	16	5	31.25
El Quinche	15	1	6.67
Chaltura	11	1	9.09
Urcuquí	10	1	10.00
El Olivo	6	1	16.67
Atuntaqui	5	2	40.00
Natabuela	2	1	50.00
San José de Miñas	2	1	50.00
Agato	2	2	100.00
Bahía	2	1	50.00
Yuyucocha	1	1	100.00
Cerdos depilados	228	12	5.26
TOTAL	459	40	8.71

Fuente: Chávez & Proaño, Proyecto T/C

Ron (2000), en un trabajo realizado en la EMRI, durante el período febrero – abril de 1999, observó 1795 cerdos faenados y constató, mediante inspección veterinaria post-mortem, que 7 cerdos fueron positivos a cisticercosis por observación de los músculos psoas, bíceps, lumbares, masetero, dorsal, lengua y corazón; comprobando una prevalencia de 0.38 %. Del total de animales, 441 fueron inspeccionados ante-mortem, mediante la observa-

ción y palpación de la cara ventral de la lengua "sin que se haya evidenciado la presencia de *C. cellulosa* en la mucosa de dicho órgano". Estos cerdos, también fueron inspeccionados por el veterinario, mediante cortes en los músculos indicados anteriormente, y se encontraron dos cerdos con cisticercosis, es decir en 0.45% de los animales. Al aplicar la prueba ICCE, se detectaron 53 cerdos con antígenos de *C. cellulosa*, equivalente a 12.01%. La Tabla V muestra la distribución del número de cisticercos en las carcasas de los cerdos positivos.

Tabla V.-Distribución del número de *Cysticercus cellulosa* en las carcasas de Cerdos Positivos en la EMRI (febrero – abril 1999)

No. de Cerdo	No. de muestreo	Peso kg	Número de cisticercos							No. de cist.			No. de cist.
			Cb	Le	Co	Di	M	B	Lu	P	G		
1	-	30	1	78	0	21	39	40	70	41	35	6445	
2	-	50	5	6	0	10	20	10	8	14	7	2792	
3	150	30	1	1	2	3	2	3	2	2	1	288	
4	-	25	2	23	17	0	70	52	61	49	37	6358	
5	-	25	1	0	5	4	11	5	3	3	1	550	
6	281	60	3	4	17	6	0	5	0	5	2	710	
7	-	60	2	1	5	17	11	17	16	11	5	3428	

Cb: cerebro; Le: lengua; Co: corazón; D: diafragma; M: masetero; B: bíceps; Lu: lumbares; P: psoas; G: glúteo

Fuente: Ron J., Proyecto T/C

Este trabajo, es de mucha importancia, ya que, compara la técnica de observación de la lengua, conocida en francés como "language", tradicionalmente empleada por los comerciantes de cerdos de la región; quienes recurren a un "especialista", que armado de una barra metálica o simplemente de un palo, abre la boca del cerdo para tirar la lengua, con ayuda de un trapo y, de esta forma diagnosticar la presencia o ausencia de cisticercosis. El precio de esta manipulación es de 25 centavos de dólar, según nuestra reciente constatación. El autor de este trabajo indica que, contrariamente a lo observado por otros investigadores que, "este procedimiento no

podría ser utilizado como método confiable de diagnóstico de la cisticercosis porcina, pues la ausencia de *cysticercus* en este órgano, no descarta la parasitosis, ya que estos, pueden estar presentes en otros órganos". También advierte de los fraudes cometidos por los propietarios de los cerdos, quienes en el ánimo de no perder el dinero, producto de la venta de sus animales, recurren "al fraude del pinchazo y extracción de los *cysticercus*...", para poder comercializar sus animales. Esta práctica, evidenciada también en otras zonas del país, muestra la poca responsabilidad del productor frente a la parasitosis, puesto que, antepone sus intereses personales, a la salud de la colectividad.

De manera complementaria en este trabajo, se muestra la falta de una política general para el diagnóstico de la cisticercosis por inspección veterinaria, toda vez que, esta se realiza bajo el estricto criterio del veterinario y, en el que media la presión de los introductores y propietarios de los cerdos, que generalmente allanan los camales para impedir que los cerdos sean decomisados, en el supuesto caso de ser positivos a la cisticercosis. La Tabla VI, pone en evidencia, que los músculos inspeccionados por el veterinario, difieren en cada camal. Es evidente que hace falta una política sanitaria que legisle en beneficio de la colectividad.

Tabla VI .- Inspección veterinaria para el diagnóstico de la cisticercosis porcina

Institución	Músculos y Órganos inspeccionados									
	T	B	Lu	Co	Le	M	G	P	Do	D
Ley de Mataderosx	x	x	x	x	x	x				
EMRI		x	x	x	x	x		x		x
CMQ								x		
CAFRILOSA	x					x	x		x	

Ley de Mataderos (1968). EMRI: Empresa Municipal de Rastro de Ibarra; CMQ: Camal Metropolitana de Quito; CAFRILOSA: Camal Frigorífico Loja S.A.; T: trapecio; B: bíceps; Lu: lumbares; Co: corazón; Le: lengua; M: masetero; G: glúteo; P: psoas; Do: dorsal; D: diafragma.

Fuente: Ron J., Proyecto T/C

Un trabajo realizado por Rodríguez & Peña (1999), en cuatro localidades del cantón Quito, poblaciones del Tingo, San Antonio de Pichincha, Calacalí y Calderón, consideradas como áreas de consumo de platos típicos,

preparados con carne de cerdo, durante el periodo diciembre de 1997 y enero de 1998, permitió establecer que en estas poblaciones se realiza diariamente el sacrificio de cerdos, sin que exista control veterinario y que, cuando las autoridades de salud han querido intervenir, los faenadores, asociados con el propósito de salvaguardar sus intereses económicos, impiden la presencia del personal sanitario. También fue constatado que, el promedio de cerdos por unidad familiar era de 2.95 y que, de un total de 104 cerdos identificados, el 61.53% eran mantenidos en pequeños corrales ubicados en o cerca de las viviendas. El 20.44% de los cerdos son mantenidos "al sogueo", es decir animales atados a una cuerda y fijados en un lugar determinado. No obstante, cuando se realizó la inspección de los animales faenados, no se encontró casos de cisticercosis; lo cual puede deberse a que la mayoría de las familias encuestadas, disponían de servicios sanitarios, por encontrarse cerca o en las poblaciones urbanas. En todas las familias, se apreció una buena infraestructura sanitaria, aun conviviendo cerca de los animales. El 76.14% disponía de servicio higiénico familiar y todas las familias encuestadas, defecaban en servicio higiénico o letrinas, en donde los cerdos no tenían acceso. El 78.18% de las familias eliminaban la basura a través del camión recolector y el resto, la incineraban o la enterraban. Esto pone en evidencia que, el adecuado tratamiento de las excretas, ayuda de manera positiva en el control de esta parasitosis.

De forma complementaria, y durante el mismo periodo, Rodríguez & Peña, realizaron una intervención en el Camal Metropolitano de Quito (CMQ) y, del estudio retrospectivo de los cerdos faenados, durante el periodo 1977 y 1988, se estableció que de 425.477 cerdos sacrificados, 682 (0.25%) fueron positivos a cisticercosis, por inspección veterinaria. Entre enero de 1991 y junio de 1992, 2.68%, es decir 153 cerdos fueron positivos, de 104179 sacrificados. Entre enero de 1996 y julio de 1998, de 133.028 cerdos faenados, se encontraron 32 positivos, lo que representó 0.72% de prevalencia. La diferencia estadística, entre los cerdos explotados en las localidades del Tingo, San Antonio de Pichincha, Calacalí y Calderón, está determinada por que, en el CMQ, se faenan animales procedentes de diferentes lugares de la provincia y del país, en donde las estructuras sanitarias son deficitarias. Esta investigación, permitió establecer que: "el 48.6% de los cerdos sacrificados en el CMQ, proceden del cantón Santo Domingo de los Colorados - población ubicada a 100 kilómetros de Quito -, en donde el 46.5% de los porcicultores, mantienen sus cerdos a campo abierto, según un estudio realizado por Egas & Guerra (1991)". La Tabla VII, muestra el porcentaje de la cisticercosis porcina en los camales de cantón Quito, entre 1977 y 1988.

Los autores también inspeccionaron 8154 cerdos en el CMQ, realizando cortes en el psoas y no encontraron ningún caso de cisticercosis; lo cual puede deberse a la imposibilidad de inspeccionar otros músculos, por la oposición de los propietarios de los cerdos, para que sus animales sean inspeccionados. Esto impide tener información precisa sobre la verdadera prevalencia de los animales que se sacrifican en este camal. A lo cual se agrega la falta de registros, en las instituciones encargadas de hacer el seguimiento de esta parasitosis.

Tabla VII.- Prevalencia de la Cisticercosis Porcina en los Camales del cantón Quito, 1977 a 1988

Año	No. cerdos faenados	Casos positivos	
		No.	%
1977 - 1979	19101	77	(0.4)
1980	64379	137	(0.2)
1981	68787	295	(0.4)
1982	21020	43	(0.2)
1983	50682	18	(0.04)
1984	60611	0	(0)
1985	640	0	(0)
1986	1150	4	(0.3)
1987	68498	65	(0.09)
1988	70579	43	(0.06)

Camales: Chiriyacu, Conocoto, Cotocollao, Sangolquí

Fuente: Registros del Ministerio de Agricultura y Ganadería

En la zona piloto, de intervención del Proyecto T/C, se evaluaron 192 cerdos de 514 explotados en las unidades familiares, con el propósito de diagnosticar, por el método ICCE, la presencia de antígenos en circulación y, se estableció que de los 192 cerdos, 30 eran positivos, lo que equivale a 15.62% de animales estudiados. La prevalencia, osciló entre 5.8% en la comunidad de Agualongo de Paredes y el 27.5%, en la comunidad de Pilaschacho. Esta gran diferencia en la prevalencia, está determinada porque, en Pilaschacho, los servicios sanitarios son inexistentes, y porque, los cerdos estu-

diados en esta comunidad, nacen, se crían y comercializan en el mismo sitio identificado como de alta prevalencia, lo cual perpetúa el ciclo biológico del parásito

También y, con el propósito de evaluar el grado de contaminación de las comunidades con huevos de *Taenia solium* y, el periodo de infestación de los cerdos en estas poblaciones; se introdujeron 22 cerdos centinela, los cuales fueron entregados a familias de las comunidades y sometidos al manejo tradicional de la zona. Los animales, luego de ser diagnosticados como negativos al ICCE, fueron sangrados cada quince días, durante seis meses, constatándose que los antígenos de *C. cellulosae*, comienzan a expresarse a partir de los 30 días, en los cerdos localizados en zonas endémicas. De los 22 cerdos introducidos, 9 fueron positivos a cisticercosis, lo que representó 40.9% de cerdos infestados. Las infestaciones se evidenciaron en el siguiente orden: 1 en La Esperanza, 2 en Agualongo, 3 en Pilascacho y 3 en Pucará. La alta prevalencia de cisticercosis en los cerdos centinela, estaría determinada por la calidad recurrente de esta parasitosis. Pese al esfuerzo realizado, a través de un programa de control parasitario en base a exámenes coproparasitarios, efectuados cada seis meses, en las poblaciones indicadas, no ha sido posible controlar la cisticercosis. Esto prueba que la desparasitación, por sí sola, no es el mejor camino para erradicar esta parasitosis. Se hace necesario trabajar en el mejoramiento de los sistemas de explotación porcina, en el mejoramiento de los sistemas sanitarios y en la toma de conciencia de los diferentes estratos ciudadanos, frente a esta parasitosis y sobre sus consecuencias.

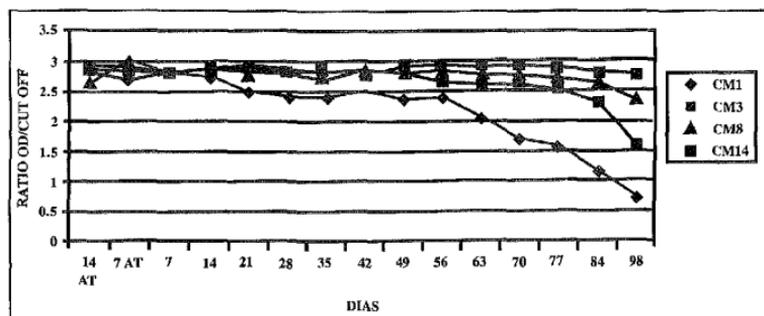
Dos trabajos han sido realizados dentro del marco de acción del Proyecto T/C, con el propósito de encontrar una alternativa viable, para el tratamiento de la cisticercosis porcina. Cevallos (2000) y Benítez O.W. et al. (2001), realizaron estudios en cerdos infestados naturalmente con *C. cellulosae*, recolectados de las ferias ganaderas y de explotaciones porcinas familiares, de la provincia de Imbabura. Los cerdos fueron declarados como positivos por observación de las vesículas en la lengua y posteriormente sangrados para evaluar la presencia de antígenos en circulación de *cysticercus*. Los animales, luego de un periodo de observación, fueron sometidos al tratamiento con oxfendazol. Cevallos, trabajó con dos grupos de cerdos. A un grupo se le administraron 30 miligramos por kilogramo de peso (mg/kg), de Oxfendazol, Systemex™, (90.60 mg/ml), presentación líquida, por vía oral, y, el otro grupo fue utilizado como testigo. Una muestra de sangre, de todos los cerdos, fue extraída cada quince días, con el propósito de evaluar los antígenos utilizando el método ICCE. Los resultados de este trabajo, se mues-

tran en la Tabla VIII. Benítez O.W. y colaboradores, utilizaron tres grupos de cerdos, infestados naturalmente y adquiridos de la misma manera. Un grupo recibió 30 mg/kg de peso, otro 60 mg/kg de peso y el otro fue utilizado como testigo. La concentración del oxfendazol en este estudio fue de 22.65 mg/ml. Los animales fueron observados, al igual que en el ensayo anterior, durante doce semanas, luego de lo cual fueron eutanasiados para evaluar el efecto de la droga y, se comprobó, que los cisticercos habían desaparecido completamente de la carcasa, pero que, los existentes en el cerebro de los animales, permanecían viables, como se demuestra en la Fig. 1, en la que se presenta el perfil serológico de un cerdo con cisticercos en el cerebro (CMI).

Estos trabajos, permitieron concluir que el oxfendazol es un medicamento apropiado para tratar la cisticercosis porcina y que la concentración de 30mg/kg. tiene mejor efecto que la de 60mg/kg. aplicada en una sola dosis. (Fig. 2). A la eficiencia del tratamiento, se une el bajo costo y la fácil manipulación, por lo que, dentro del Proyecto T/C este tratamiento ha sido utilizado en rutina.

Los datos aportados a lo largo del presente estudio, muestran que la cisticercosis porcina, constituye un problema importante de salud pública y de producción animal, debido a un desconocimiento de la realidad existente sobre esta parasitosis. Lamentablemente, los organismos oficiales: Ministerio de Agricultura y de Ganadería (MAG) y Ministerio de Salud Pública (MSP), no realizan un adecuado seguimiento de esta parasitosis, y lo que es más peligroso, en base a los escasos datos obtenidos, minimizan este problema. El MAG, a través del Programa de Sanidad Agropecuaria (SESA), determina que, la prevalencia de cisticercosis, para el año 2000, es de 0.1%, según los datos obtenidos en siete provincias, al encontrar 29 cerdos positivos, entre 24385 faenados...! El MSP, establece que para el año 1999, los casos de cisticercosis humana fueron 224, equivalentes a 1.80 por 100.000 habitantes...! Una intervención realizada por el equipo del Proyecto T/C, Celi et al. (2001), establecieron, en una muestra de 418 personas, tomadas al azar, que el 5.02% eran positivas al ICCE y a TAC, mientras que el MSP, a través de la Dirección Nacional de Epidemiología (2000), sostiene que desde 1997, la prevalencia de cisticercosis humana, es cero...!. En la provincia de Imbabura se establece una prevalencia de 0.92 por 100.000 habitantes, mientras que estudios realizados por nosotros en una muestra aleatoria de 1948 sueros humanos, se encontraron 157 casos positivos a ICCE; la prevalencia fue de 8.06%.

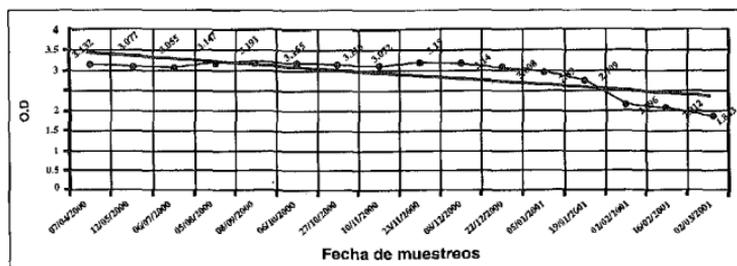
Fig 1.-Resultados Ag-ELISA (ICCE), Cerdos con Tratamiento



AT: Ante-tratamiento

Fuente: Cevallos M., Proyecto T/C

Fig 2.- Resultados Ag-ELISA (ICCE), Cerdos con Tratamiento 30 mg/kg



Fuente: Benítez et al., Proyecto T/C

El 65% de los casos declarados positivos, (102/157), fueron también positivos a TAC. Creemos que los organismos del Estado, deben sincerar las cifras, en procura de los intereses sanitarios del país y dejando de lado los intereses de ciertos funcionarios públicos. En el Anexo No. 1. se incluye una Tabla resumen, con las principales referencias sobre la epidemiología de la cisticercosis porcina en el Ecuador.

CONCLUSIONES

Los sistemas de explotación porcina tradicionales, imperantes en el país, son determinantes para la presencia de la cisticercosis, y aunque se constata una gran presencia de razas europeas, utilizadas para el cruzamiento con animales locales, el manejo de los cerdos, no ha sido modificado sustancialmente y, la gran mayoría de los animales producidos en el país, no disponen de un control sanitario adecuado.

El presente trabajo pone de manifiesto que, la cisticercosis porcina en el Ecuador, es una enfermedad conocida desde el siglo XIX, por los estudios de esta parasitosis; sin embargo, los esfuerzos realizados no han servido para controlarla y menos erradicarla.

La prevalencia de cisticercosis porcina continúa siendo alta, pese a la forma rústica de inspección veterinaria y realizada en forma parcial, en algunos camales del país. Es más alta en las provincias de la Sierra, probablemente debido a que, en esta zona se han realizado una mayor cantidad de estudios. No obstante, cuando la parasitosis es estudiada en las otras regiones del país, su presencia ha sido también evidenciada.

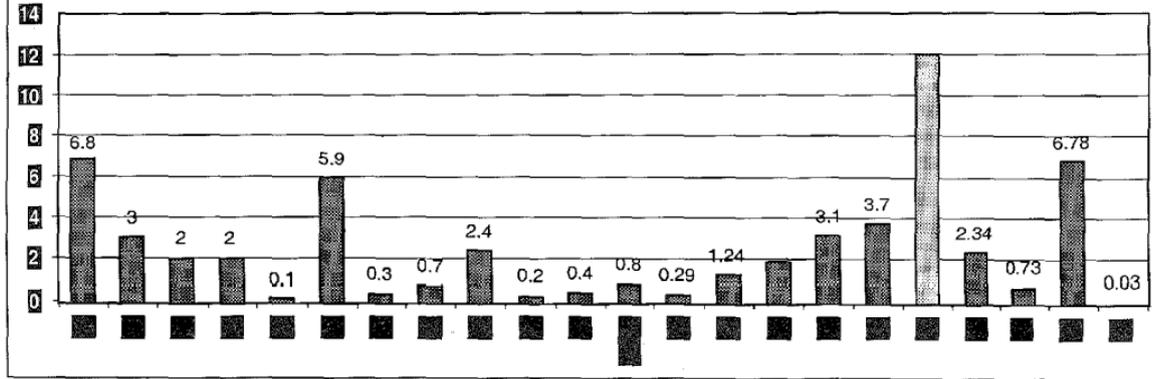
La falta de una estrategia de control, con métodos modernos, facilita la existencia de la parasitosis, a lo que se suma, la falta de una infraestructura equipada adecuadamente con laboratorios y con personal científico especializado en esta enfermedad.

Hace falta una política interinstitucional y pluridisciplinaria, que aborde de manera holística esta parasitosis, que trabaje en forma asociada, que optimice el conocimiento y los escasos recursos materiales existentes para enfrentar este problema.

La existencia del Proyecto T/C, durante los cuatro últimos años, ha posibilitado, la formación de una importante masa crítica, conocer en profundidad esta parasitosis, establecer los factores que la determinan, así como, sensibilizar, de manera parcial, a la población frente a esta enfermedad; contar con un laboratorio especializado, en apoyo de los pacientes humanos y animales y de investigaciones complementarias; trabajar en forma asociada con instituciones nacionales e internacionales, en el propósito de encontrar alternativas para luchar contra esta terrible enfermedad. Estamos seguros que personas, instituciones y otros laboratorios, bien podrían unirse a este propósito.

Anexo I

ESTUDIO CRONOLÓGICO DE LA CCP EN EL ECUADOR POR DIFERENTES METODOS



Referencias:

1955, Quito, Creamer A. 1957; 1961, Quito, Merino M. 1961; 1964, Portoviejo, Dueñas P. *; 1969, Guayaquil, Rojas O. *; 1975, Babahoyo, Rendón F. *; 1976, Loja, Jiménez B. 1976; 1977, Guayaquil, Bravo P. *; 1978, Vinces, Macías M. *; 1981, Machala, Rogel R. *; 1982, Milagro, Pinto H. *; 1982, Balzar, Bravo E. *; * Erazo F. et al. 1988; 1977-84, Datos Nacionales Erazo F. et al. 1988; 1984, Guayas, Erazo F. et al. 1988; 1984, El Oro, Erazo F. et al. 1988; 1988, Quito, Granda R. Jara E. 1988; 1991, Loja, Espinosa J., Guzmán L. 1991; 1992, Loja, Gonzaga R., González J., Moncayo L. 1992; 1995, Datos Nacionales en UPA, Benítez O.W. 1995; 1998, Ibarra, Proaño F., Chávez MA., Proyecto T/C 1998; 1998, Ibarra, EMRI, ITCE, Proyecto T/C 1998; 1998, Loja, Carvajal A., Cueva F., Proyecto T/C 1998; 1998, Quito, Rodríguez R., Peña M., Proyecto T/C 1998.

Elaboración: Proyecto T/C. 1998.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Benítez O. W.; Barrionuevo, M.; Ron R. J.; Chávez, L. M.; Rodríguez R.; Cruz, M.; Inmunodiagnóstico de *Cysticercus cellulosae* por ELISA (ICCE), Aplicación en el Hombre y en los Cerdos. (In press)
- 2.- Benítez O. W. 1995. El Sistema Tradicional de Producción Porcina. Editado en los Talleres OFFSET de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador. Primera edición, Quito - Ecuador. p. 159 .
- 3.- Cadena B., Barrionuevo M., Ron J., Rodríguez R., Chávez M.A., Proaño F., Benítez, O. W. 2001. Factores de Riesgo que Determinan la Teniasis y Cisticercosis en Cuatro Comunidades Rurales del Ecuador. (In press).
- 4.- Carvajal A. & Cueva F. 1999. Incidencia de la Teniasis (*Taenia solium*) – Cisticercosis (*Cysticercus cellulosae*) en el Camal Frigorífico de Loja S.A. (CAFRILOSA), y en dos centros de consumo de carne porcina. Tesis de Doctorado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador.
- 5.- Cevallos M.B. 2000. Evaluación del Tratamiento de Infecciones Naturales de *Taenia solium*, Linnaeus, 1758, en cerdos en Ecuador. IMTA – Tesis de Maestría, No. 88, 2000. pp. 46 – 49.
- 6.- Creamer C. H. 1957. El Médico Veterinario de mataderos y el camal municipal de Quito. Proyecto Modernización. Tesis de Doctorado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador.
- 7.- Crespo E, J. 2001. Algo acerca del parasitismo intestinal en el Azuayo. In: Estudios Científicos, Memorias de un Cirujano. Ediciones ABYA-YALA, primera edición, Quito –Ecuador, Vol. III, pp. 117– 130.
- 8.- Etazo F., Palacios M., Alvarez J. 1988. Prevalencia y seguimiento Epidemiológico de la Teniasis y cisticercosis. Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. IIPUG (Instituto de Investigaciones Pecuarías de la Universidad de Guayaquil.)
- 9.- FAO, Anuario de producción. 1996. p. 194 – 211.
- 10.- Jiménez B. 1976. La Cisticercosis por *C. cellulosae* como Zoonosis. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. p. 403 – 411.
- 11.- Martínez P., Celi M., Viera T., Barrionuevo M., Ron R. J., Benítez O. W. 2001. Utilización de la Prueba ICCE (Inmunodiagnóstico de *Cysticercus cellulosae* por ELISA), para la Identificación de Cisticercosis en la población de Bolívar, cantón Bolívar – provincia del Carchi. (In press).
- 12.- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) 2000. Estadísticas. p. 31.

- 13.- Ministerio de Salud Pública, Dirección Nacional de Epidemiología 1999.
- 14.- Ordóñez L., & Valarezo J.C. 2001. Diagnóstico por el Método ICCE (Inmunodiagnóstico de Cisticercosis por ELISA-Ag.) y prevalencia de Cisticercosis porcina en los animales faenados en los canales de las parroquias Catacocha y Catamayo. Tesis de Doctorado en Medicina Veterinaria. Universidad Nacional de Loja.
- 15.- Ron R. J. 2000. Estudio de la Cisticercosis porcina en la Empresa Municipal de Rastro de Ibarra (EMRI), por tres métodos de Diagnóstico. Tesis de Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central de Ecuador.
- 16.- Rodríguez R. & Peña M. 1999. Incidencia de la Teniasis (*Taenia solium*) – cisticercosis (*Cysticercus cellulosae*) a través del manejo de datos obtenidos en el Camal metropolitano de Quito y en cuatro poblaciones del cantón Quito. Tesis de Doctorado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador.

Propiedades Físicas del Fruto, Pulpa y Jugo de la Naranjilla

*Ing. Juan de Dios Alvarado**
Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
Casilla 18-01-0334

INTRODUCCION

En la Primera Conferencia Internacional sobre la naranjilla, organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP (1982), se reportaron las siguientes variedades, que son parte de un banco de germoplasma: Naranjilla común, variedad Agria (*Solanum quitoense*, Var. Agria); variedad Dulce o de Castilla (*Solanum quitoense*, Var. Dulce); Variedad Espinosa (*Solanum quitoense*, Var. Septentrionale). Naranjilla Híbrida (*Solanum quitoense*, Lam x *Solanum sessiliflorum*), conocida como Híbrida Puyo. Además las especies silvestres conocidas como: Huevo de Tigre (*Solanum hirtum*); Uvilla (*Solanum tequilense*); Ubre de Vaca (*Solanum mansum*); Jíbara Morada (*Solanum tapiro*) y Jíbara Amarilla (*Solanum cocona*). Lo anterior es un indicativo de las numerosas variedades existentes en el país, y refuerza el criterio que el origen de esta fruta, puede ser ubicado en la Cordillera Oriental del Ecuador (Estrella, 1990).

* Ing. y M. Sc., Codirector Nacional del Proyecto CPBID-01/PCAPF-UTA-FUNDACYT: Fortalecimiento y Capacitación de Investigadores de la Red Iberoamericana de Propiedades Físicas de Alimentos para el Diseño Industrial. RIPPADI-ECUADOR/Área Alimentos.

En general existe muy poca información científica y técnica publicada sobre este cultivo. Como ejemplo, Brunke y colaboradores (1989), destacaron que nada se publicó previamente sobre las sustancias responsables del aroma, el cual es interesante pues recuerda a varias frutas en conjunto. Determinaron que los principales compuestos relacionados con el olor de la naranjilla, fueron ésteres de ácido butanoico y acetato de etilo, no fue posible definir compuestos relevantes para caracterizar en forma particular al aroma.

Con relación a las propiedades físicas, existen pocos datos de propiedades físicas básicas. Pino Cardona (1988) presentó datos determinados en lulo de: diámetro, largo, unidades por kilogramo, peso por unidad, dureza, densidad, y los porcentajes de cáscara, jugo y semilla; los valores fueron comparables con sus correspondientes de naranjilla, determinados en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y transcritos por Heiser y colaboradores (1995). Información especialmente relacionada con aspectos agronómicos, fue recopilada y publicada por NRC (National Research Council, 1989).

Se conoce muy poco sobre los valores y los cambios en las propiedades físicas de la naranjilla y de su parte comestible, lo que obstaculiza cualquier investigación o desarrollo de tecnologías. Con el propósito de llenar en parte este vacío, se determinaron varias de las propiedades físicas más utilizadas, las cuales se presentan en este trabajo.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron frutos maduros de naranjilla Híbrida Puyo (*Solanum quitoense*, Lam x *Solanum sessiliflorum*), el fruto es de forma redonda ligeramente achatada, de color amarillo, su pulpa es de color verde amarillento, es jugosa y poco consistente, aromática al momento de la cosecha y de sabor ácido.

Los frutos fueron lavados individualmente para luego realizar las determinaciones siguientes: Peso de cada una de las naranjillas en el aire y sumergido en tolueno, con el uso de una balanza de precisión 0,01 g, marca Cobos. Volumen desalojado, utilizando una probeta de 500 ml. Diámetro mayor y diámetro menor, con la ayuda de un calibrador pie de rey, marca Craftsman (0,001 pulg). El valor de la densidad se calculó, dividiendo el peso en el aire para el volumen desalojado. El valor de la gravedad específica se determinó, relacionando el peso en el aire y la pérdida aparente de peso del fruto sumergido en tolueno, previamente se midió la gravedad específica del tolueno con la ayuda de un hidrómetro marca CMS con una precisión de 0,001.

Luego, con un cuchillo se peló la cáscara, se extrajeron las semillas, para posteriormente, con la ayuda de un calibrador pie de rey marca Craftsman (0,001 pulg.) y una balanza electrónica Mettler (0,001 g), medir el grosor y el peso de la cáscara y de las semillas.

Los métodos utilizados para las distintas determinaciones, realizadas en la pulpa y en el jugo filtrado, por duplicado y en dos muestras cosechadas en fechas diferentes, fueron:

Densidad mediante picnómetros, balanza analítica y baños termostáticos con una precisión de 0,5°C, estabilizados a intervalos de 5°C entre 10° y 80°C. Se cuantificó el coeficiente volumétrico de expansión térmica (b), utilizando la ecuación que relaciona el inverso de la densidad como función de la temperatura, de los valores del intercepto y de la pendiente, según lo indicado por Wilson y colaboradores (1966).

La tensión superficial se determinó por el método del peso de la gota, utilizando el estalagnómetro de Traube, entre 30° y 70°C a intervalos de 5°C y con la muestra termostatzada con una precisión de 0,5°C.

La viscosidad del jugo filtrado se midió con viscosímetros tipo Ostwald previamente calibrados, las medidas se realizaron a intervalos de 5°C entre 10° y 80°C, con la muestra termostatzada en un baño con una precisión de 0,1°C. Mediante un gráfico del inverso de la temperatura absoluta contra el logaritmo natural de la viscosidad, se estableció el valor de la energía de activación para el flujo, según el modelo de Arrhenius que incluye a la constante de los gases.

Para la determinación de los parámetros reológicos en la pulpa, en un vaso de precipitación alto de 600 ml, se transfirieron 500 ml de pulpa de naranjilla, previamente licuada por 5 minutos hasta homogenizar la muestra. Se acopló el rotor LV3 de un viscosímetro rotacional digital marca Brookfield modelo LV-I, instalado con el brazo protector. Se sumergió el rotor en el centro de la muestra y se trabajó una velocidad de rotación de 12 revoluciones por minuto [rpm] por 20 minutos, con el fin de estabilizar el viscosímetro y las lecturas en el equipo. Luego se incrementó la velocidad de rotación desde 0,3 hasta 60 [rpm], a intervalos de 5 minutos y se realizaron las lecturas correspondientes; otras lecturas se realizaron disminuyendo la velocidad de rotación. Las medidas se hicieron con las muestras estabilizadas a 10°, 25°, 40° y 55°±0,5°C y se presentan los datos obtenidos disminuyendo la velocidad de rotación por considerarlos más representativos, por la mayor agitación a la que es sometida la muestra.

Los valores del índice de consistencia (K), y del índice de comportamiento al flujo (n), correspondientes al comportamiento pseudoplástico, se calcularon según la ecuación del modelo de la ley de la potencia, según lo indicado por Alvarado (1996).

$$\tau = K (\dot{\gamma})^n$$

Los valores correspondientes al comportamiento tipo mixto, Bingham-pseudoplástico o Herschel-Bulkley (H-B), que son los dos índices indicados, más el esfuerzo de fluencia, se calcularon con el método de integración indicado por Charm (1981).

$$\tau = \tau_0 + K (\dot{\gamma})^n$$

Los valores de la energía de activación para el flujo, se calcularon con la aplicación de la ecuación de Arrhenius, considerando a los datos del índice de consistencia.

El calor específico (Cp) se determinó por calorimetría según el método desarrollado por Hwang y Hayakawa (1979), previa cuantificación de la capacidad calorífica del calorímetro y por aplicación de balances de energía en pruebas efectuadas entre 70° y 40°C.

Mediante ensayos de transferencia de calor en un baño termostático, con registro de los cambios de temperatura a diferentes tiempos, en el centro de cilindros de cobre llenos con la muestra y aislados en los extremos con tapones de caucho, de una longitud diez veces mayor con relación al diámetro, y un termómetro digital con termopar de una precisión de 0,1°C; se determinó la difusividad térmica, según el método sugerido por Charm (1981), que considera el radio del cilindro y el factor de calentamiento experimental. En adición, por disponerse de los datos de la densidad y del calor específico, se calculó la conductividad térmica.

El calor latente de vaporización se determinó por calorimetría, según la técnica indicada por Wilson y colaboradores (1966). Para comprobación del método, en pruebas realizadas con agua destilada, se estableció una diferencia máxima de 0,5% con relación a los valores publicados.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los valores promedios de quince propiedades, medidas en frutos sanos, adquiridos en diferentes fechas durante dos años. En varios casos los datos corresponden a distintas temperaturas.

Fruto entero.

Se destaca el alto porcentaje de la parte comestible, 89%, y el bajo porcentaje de semillas, 3%, las cuales son pequeñas y numerosas. El espesor de la cáscara disminuye conforme avanza la maduración del fruto.

Pulpa

La densidad de la pulpa disminuye con el incremento de la temperatura.

Se debe señalar que los datos del índice de consistencia, determinados en las muestras licuadas de pulpa, considerando un comportamiento pseudoplástico definido por el modelo de la ley de la potencia, se calcularon con los datos registrados en el equipo tanto al incrementar, como al disminuir la velocidad de rotación. Los valores obtenidos disminuyendo la velocidad, fueron consistentemente más bajos y en todas las temperaturas; en consecuencia, se debe presuponer un efecto tixotrópico que es función del tiempo en esta pulpa; es decir, que existe una disminución en la viscosidad aparente, por la acción de un esfuerzo o una velocidad de cizallamiento constante, seguida de una recuperación gradual cuando se retira el estímulo.

Los dos modelos utilizados, para comportamiento pseudoplástico y de tipo mixto, describen en forma adecuada la reología de estas pulpas, con coeficientes de correlación superiores a 0,9; obviamente con el modelo (H-B) para el tipo mixto, se obtiene una mayor cantidad de información, útil en especial cuando se calcula la potencia de bombas para el transporte.

La ecuación de Arrhenius obtenida con los datos del índice de consistencia (K), considerando un comportamiento pseudoplástico y los datos registrados con disminución de la velocidad de rotación, con un coeficiente de correlación, $r = 0,999$, es:

$$\ln K = \ln K_0 + (E/R Ta)$$

$$\ln K = - 4,402 + (1828/Ta)$$

E es la energía de activación, R es la constante de los gases y Ta es la temperatura absoluta. La ecuación presentada es útil, pues conduce al cálculo del índice de consistencia a cualquier temperatura en el intervalo de 10° a 55°C, y a temperaturas que sean próximas a estos límites, siempre que no se produzca un cambio de estado físico.

El calor específico (C_p) de la pulpa de naranjilla varía con la humedad (H), de acuerdo con la ecuación siguiente (Alvarado, 1991):

$$C_p = 0,85 + 0,0303 H$$

La ecuación es válida en especial para contenidos de agua superiores al 60%. En pulpas deshidratadas con contenidos de agua inferiores, se puede aplicar:

$$C_p = 1,56 e^{0,009446H}$$

Los valores del calor específico están expresados en kJ/kg.K y de la humedad en g.agua/100 g.producto.

El valor de la difusividad térmica determinado en pulpa de naranjilla con 92 g.agua/100 g.producto, fué: $\alpha = 1,31 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$; y de la conductividad térmica, $k = 0,42 \text{ W/m.K}$.

Jugo filtrado.

El contenido de sólidos solubles expresado como grados Brix, incrementa los valores de la densidad del jugo a 20°C, según la ecuación siguiente (Alvarado y Romero, 1989).

$$P = 996 + 4,17 (\text{°Brix})$$

De forma contraria, la densidad del jugo filtrado varía en forma inversamente proporcional con la temperatura, la variación no es lineal y es definida por la ecuación cúbica siguiente ($r = 0,992$):

$$P = 1037 - 0,354 (T) + 2,957 \cdot 10^{-3} (T)^2 - 3,729 \cdot 10^{-5} (T)^3$$

Los valores de la densidad (p) están expresados en kg/m³ y de la temperatura (T) en °C. La última ecuación aplica entre 10° a 80°C.

Con los datos del inverso de la densidad que corresponde al volumen específico, se calcularon los valores del coeficiente volumétrico de expansión térmica a intervalos de 10°C, se estableció un incremento de los valores, en forma similar a lo publicado para el agua.

La variación de la tensión superficial del jugo (Γ en N/m) con la temperatura entre 10° y 70°C, es descrita en forma satisfactoria ($r = 0,985$) por la ecuación siguiente (Alvarado, 1996).

$$\Gamma = 0,063 - 0,0004 T$$

La viscosidad es una propiedad muy utilizada en cálculos de ingeniería, según Alvarado y Romero (1989) existe una relación inversa no lineal, entre esta propiedad expresada en Pa.s y la temperatura en °C. La ecuación de regresión cúbica siguiente, se obtuvo considerando datos registrados en jugo filtrado de naranjilla entre 10° y 80°C , con un coeficiente de correlación, $r = 0,999$.

$$\eta = 3,0043 \cdot 10^{-3} - 0,0922 \cdot 10^{-3}(T) + 1,2388 \cdot 10^{-6}(T)^2 - 6,1192 \cdot 10^{-9}(T)^3$$

La valores correspondientes a la ecuación de Arrhenius ($r = 0,996$), son:

$$\ln \eta = - 14,3107 + (2302,7 / T_a)$$

El valor de la energía de activación para el flujo es: 19,1 kJ/g.mol.

Con relación a las propiedades térmicas, en jugo natural de naranjilla con 8,7°Brix se determinó un valor de 3900 J/kg.K para el calor específico. Por adición de sacarosa se obtuvieron otras muestras, y se observó una disminución del calor específico conforme se incrementó el contenido de sólidos solubles, en la forma siguiente: 19,5°Brix, 3600 J/kg.K; 29,9°Brix, 3470 J/kg.K y 50,4°Brix, 3180 J/kg.K. Estos datos son de especial importancia para la elaboración de conservas como jaleas, mermeladas y compotas.

Alvarado (1989a) obtuvo datos del calor latente de vaporización de jugo de naranjilla, en su estado natural y con la adición de sacarosa, los resultados fueron: 6,4°Brix, 2885 kJ/kg; 15,1°Brix, 3081 kJ/kg; 24,7°Brix, 3321 kJ/kg y 34,4°Brix, 3709 kJ/kg. Se establece que hay un incremento en los valores de esta propiedad, conforme se incrementa el contenido de azúcares en el jugo.

TABLA 1

**RESUMEN DE DATOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS
DETERMINADAS EN NARANJILLA
(*Solanum quitoense*, Var. *Híbrida Puyo*).**

PROPIEDAD	UNIDADES	FRUTA ENTERA*	PULPA**	JUGO**
Dimensiones:	m			
Diámetro mayor		0,0497 ± 0,0055		
Diámetro menor		0,0494 ± 0,0062		
Grosor de la cáscara		0,0036 ± 0,0021		
Volumen	m ³	0,0000819 ± 0,0000152		
Pesos:	kg			
De la fruta		0,0795 ± 0,0056		
Sumergido en tolueno		0,0082 ± 0,0017		
De la cáscara		0,0068 ± 0,0023		
De las semillas		0,0022 ± 0,0013		
De la parte comestible		0,0705 ± 0,0140		
Gravedad específica:				
A 15° C		0,979 ± 0,012		
Densidad:	Kg/m ³			
A 10° C				1.031
A 20° C			915	1.028
A 30° C		970 ± 65	904	1.023
A 40° C			887	1.017
A 50° C				1.009
A 60° C				1.000
A 70° C				990
Coefficiente de expansión	1/K			
Entre 10° a 20° C				0,00016
Entre 20° a 30° C				0,00030
Entre 30° a 40° C				0,00045
Entre 40° a 50° C				0,00058
Entre 50° a 60° C				0,00074
Entre 60° a 70° C				0,00091
Entre 70° a 80° C				0,00110

PROPIEDAD	UNIDADES	FRUTA ENTERA*	PULPA**	JUGO**
Tensión superficial:	N/m			0,059
A 10° C	Pa.s			0,053
A 20° C				0,051
A 30° C				0,049
A 40° C				0,041
A 50° C				0,038
A 60° C				0,035
A 70° C				
Viscosidad:				
A 10° C	Pa.s			
A 20° C				0,00222
A 30° C				0,00160
A 40° C				0,00117
A 50° C				0,00091
A 60° C				0,00074
A 70° C				0,00061
A 80° C				0,00052
				0,00044
Índices de comportamiento:				
Seudoplástico (10° - 55° C)				
Tipo mixto (10° - 55° C)			0,37	
			0,70	
Índices de consistencia:				
Seudoplástico	Pa.'s			
A 10° C				
A 25° C			7,7	
A 40° C			5,8	
A 55° C			4,2	
Tipo mixto			3,2	
A 10° C				
A 25° C			4,7	
A 40° C			4,0	
A 55° C			2,8	
			2,4	

PROPIEDAD	UNIDADES	FRUTA ENTERA*	PULPA**	JUGO**
Esfuerzo de fluencia:				
Tipo mixto	Pa			
A 10° C				
A 25° C			3,9	
A 40° C			2,8	
A 55° C			1,9	
			1,5	
Energía de activación				
Newtoniano	J/mol			19.100
Seudoplástico			15.200	
Calor específico				
Con 90,4 % humedad	J/kg.K		3.690	
Con 8,7 ° Brix				3.900
Calor de vaporización				
Con 6,4 °Brix	J/kg			2'885.000
Difusividad térmica				
Entre 20° a 65° C	m ² /s		1,31*10 ⁻⁷	1,32*10 ⁻⁷
Conductividad térmica				
Con 90,4 % humedad	W/m.K		0,42	
Con 8,7 °Brix				0,53

*Valores promedios de 120 determinaciones por duplicado \pm desviación estándar.

**Valores obtenidos por duplicado en dos muestras, cada una proveniente de 57 unidades y cosechadas en dos años consecutivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Alvarado JdeD, Romero C. (1989) Physical properties of fruits. I-II. Density and viscosity of juices as function of soluble solids content and temperature. Latin American Applied Research (LAAR), 19:15-21.
- 2.- Alvarado JdeD (1989a) Determinación de propiedades físicas y térmicas en aceite, jugo, pulpa de hortalizas y frutas cultivadas en Ecuador. Informe Final del Proyecto PFTA. Universidad Técnica de Ambato-Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas de Ecuador. pp. 6.29.
- 3.- Alvarado JdeD (1991) Specific heat of dehydrated pulps of fruits. J. Food Process Eng. 14:189-195.
- 4.- Alvarado JdeD (1994) Propiedades físicas de frutas. IV. Difusividad y conductividad térmica efectiva de pulpas. Investigación Aplicada Latinoamericana 24:41-47.
- 5.- Alvarado JdeD (1996) Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos. pp. 225-227, 142, 152. OEA. Quito, Ecuador: Radio Comunicaciones, División de Artes Gráficas.
- 6.- Brunke E-J, Mair P, Hammerschmidt F-J (1989) Volatiles from naranjilla fruit (*Solanum quitoense* Lam.). GC/MS analysis and sensory evaluation using sniffing GC. J. Agric. Food Chem. 37:746-748.
- 7.- Charm S (1981) The Fundamentals of Food Engineering. 3th. ed. pp. 57-59. Westport, Connecticut: AVI Pub. Co. Inc.
- 8.- Estrella E. (1990) El Pan de América. Etnohistoria de los Alimentos Aborígenes en Ecuador. Colección 500 años. pp. 284. Quito, Ecuador: Ediciones ABYA-YALA.
- 9.- Heiser Ch., Rodríguez V., Soria J., Soria N., Barrera H. Ulcuango H, Pizango J. (1995) Información técnica para la inscripción del híbrido de naranjilla INIAP-Palora. Quito-Ecuador. INIAP. 15p.
- 10.- Hwang MP, Hayakawa KI (1979) A specific heat calorimeter for foods. J.Food Sci. 44:435-438.
- 11.- INIAP (1982) Memorias de la Primera Conferencia Internacional de Naranjilla. pp.143-148. Quito, Ecuador.
- 12.- National Research Council (1989) Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. pp. 267-275. Washington, D.C.: National Academy Press.
- 13.- Pino Cardona J (1988) Manejo postcosecha e industrialización de lulo (*Solanum quitoense* Lam). En: Memorias del Primer Seminario Nacional del Cultivo del Lulo. pp. 55-65. Frontino-Antioquia, Colombia: Pub. No.12.
- 14.- Wilson, J.M., Newcombe, R.J., Denaro A.R., Reckett, R.M., (1966) Prácticas de Química-Física. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Informaciones Científico-Culturales

Concesión del Premio Nóbel de Química

El Premio Nóbel de Química del año 2001, fue conferido por la Real Academia de Ciencias de Suecia a los investigadores: W.S. Knowles de la Empresa Monsanto, K. Barry Sharpless del Scripps Research Institute y Ryoji Noyori de la Universidad de Nagoya, Japón.

Las contribuciones de estos investigadores se fundamentan en el reconocimiento de que las moléculas biológicas se sintetizan en forma de enantiómeros y en el caso que existan en la naturaleza diferentes enantiómeros que éstos se caracterizan porque la actividad biológica es diferente. Por consiguiente, el propósito fue el de lograr la síntesis de moléculas que interactúen con las biomoléculas eliminando la obtención de mezclas racémicas.

Las contribuciones de estos tres investigadores constituyen un aporte fundamental para el desarrollo y aplicación de la Catálisis Asimétrica.

La contribución de Knowles consistió fundamentalmente en lograr la combinación del catalizador acilar de hidrogenación ($\text{Ph}_3\text{P}_3\text{RhCl}$) de Osborn y Wilkinson con las fosfinas quirales de Horner y Mislow. La hipótesis de que si se logra reemplazar uno de los grupos de la trifenilfosfina del catalizador de Wilkinson con uno de los enantiómeros de un afofina quiral que debería ser posible obtener un catalizador para la hidrogenación asimétrica del sustrato aquirílico. A esta contribución, se suma la del Profesor Noyori que logró diseñar y sintetizar el ligando de fosfina (BINAP) del cual los complejos de rodio sirven para sintetizar varios aminoácidos con un exceso enantiomérico del 100%. Pero, además logró sintetizar catalizadores a base de rutenio II y el complejo Ru(II)-BINAP que resultó ser un excelente catalizador para procesos estereoselectivos para la síntesis de medicamentos.

La contribución del Dr. Sharpless consistió en la síntesis de un catalizador: alcóxido de titanio y de catalizadores a base de tartratos de otros elementos de transición para la epoxidación de alcoholes alílicos a alcoholes epóxicos. La reacción de epoxidación se la utilizó para sintetizar el R-glicidol que es la base para sintetizar drogas de B-bloqueo.

La Real Academia de Ciencias de Suecia reconoció que las contribuciones de estos tres investigadores "han tenido un gran impacto en la investigación académica y el desarrollo de nuevos medicamentos y materiales que se usan en la síntesis de compuestos biológicamente activos".

Dr. Luis A. Romo S.

Concesión del Premio Nóbel en Física

El Premio Nóbel de Física del 2001 fue conferido por la Real Academia de Ciencias de Suecia a los investigadores Eric Cornell y Carl Wieman del Instituto de Investigaciones del Postgrado de la Universidad de Colorado, USA y del National Institute of Standards and Technology y al Dr. Wolfgang Ketterle, Físico Alemán, investigador del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

El antecedente para los descubrimientos de estos tres investigadores fue el aporte de Albert Einstein y Satyendra Bose que formularon la estadística de Bose-Einstein que sirvió de fundamento para explicar las propiedades cuánticas de los fotones y que Einstein reconoció que también se aplica a los átomos.

El fundamento es de que si se atrapan a átomos en el estado de gas y se enfría a una temperatura ínfima lo que sucede es que los átomos en conjunto alcanzan el nivel más bajo posible de energía cuántica y así pierden la identidad individual. Así coalescen y actúan como un "superátomo" conocido como "el estado condensado de Bose-Einstein" (BEC). El gran problema es que el enfriamiento tiene que ser reducido al nivel de unos pocos nanokelvins para que se forme el BEC. Este difícilísimo logro fue alcanzado por Cornell, Wieman y Ketterle en 1990 mediante enfriamiento láser. Previamente, los ganadores del Premio Nóbel de 1997 formularon el procedimiento de "enfriamiento láser". El aporte de Cornell y Wieman consiste en haber logrado la remoción de la energía residual mediante un procedimiento de enfriamiento por evaporación mediante el uso de campo magnético. Así lograron obtener un BEC de átomo de rubidio y haciendo uso del mismo procedimiento, Ketterle obtuvo un BEC de átomos de sodio. El extendió sus investigaciones para crear dos BEC que logró expandirlos obteniendo una interferencia que demostró que los átomos en los "condensados" se habían coordinado.

Seguidamente, Ketterle logró diseñar un "láser atómico", objetivo que alcanzó mediante un procedimiento de ultragoteo de "gotas de BEC" de un frasco magnético bajo la fuerza de la gravedad, logrando así crear un láser mediante una cascada de átomos coordinados en lugar de "paquetes" de fotones coordinados.

Surge al fin la pregunta del Profesor R. Stevenson. ¿Servirá el BEC como un catalizador quiral o un regulador de crecimiento celular o al fin es únicamente una curiosidad cuántica?

Dr. Luis A. Romo S.

Premio Nóbel de Medicina

El Premio Nóbel de Medicina del 2001 fue conferido a los investigadores Paul Nurse y Tim Hunt del "Imperial Cáncer Research Fund" de Londres que lo compartieron con el investigador Lee Hartwell del "Fred Hutchinson Research" de Seattle, USA.

La investigación que les hizo acreedores a la recepción del Premio Nóbel consistió en el descubrimiento de los reguladores claves del ciclo celular. Estos reguladores están localizados en todos los eucariotes que son organelos que incluyen a células nucleadas que se encuentran desde en las levaduras como hasta en los seres humanos. Los defectos en el sistema de control del ciclo celular pueden conducir al cáncer y el conocimiento que se ha logrado obtener acerca de los reguladores puede servir actualmente para diseñar nuevas formas del control del cáncer.

El Dr. Hartwell realizó sus investigaciones con levaduras que son las más simples células eucarióticas. Este investigador logró en 1970 aislar células en las que los genes que controlan el ciclo celular habían sufrido mutaciones e identificar a más de 100 genes CDE (Control de división celular) incluidos en el ciclo. Uno de ellos, el CDC 28 controla el primer paso en el ciclo que Hartwell lo denominó "START". El Dr. Nurse hizo uso de la metodología de Hartwell usando un tipo diferente de levadura y así logró identificar el gen *cdc 2* como el gen clave del control de la división celular. Al fin, él logró establecer que es el mismo gen previamente identificado por Hartwell en 1977, que este mismo gen está en el cuerpo humano que lo denominó CDKI que coincide con la codificación para la enzima *kinasa 1*, dependiente de la ciclina.

El Dr. Nurse además logró demostrar que el CDK es activado mediante un proceso reversible de fosforilación. Las moléculas de las ciclinas inmovilizan las moléculas de CDK regulando su actividad y determinando cual de ellas sería fosforilada. Gracias a las contribuciones de Nurse y Hunt se ha descubierto que los humanos portan una media decena de diferentes moléculas de CDK y alrededor de diez ciclinas.

Conjuntamente los CDK y los genes que los codifican determinan si las células permanecen estables o si se dividen y multiplican y contribuyen a explicar cómo se origina la inestabilidad de los cromosomas en las células cancerosas e interaccionan con los productos de los genes supresores de tumores y cómo los genes CDK pueden por sí mismos actuar como genes generadores de cáncer u oncogenes.

Estas interacciones abren las avenidas que podrán ser explotadas para el diagnóstico y terapia del cáncer.

El descubrimiento de que algunos tumores de los senos y el cerebro contienen niveles más altos de moléculas de CDK y ciclinas está por aplicarse para el diagnóstico y ensayos clínicos que ya están en marcha usando inhibidores de moléculas CDK como la droga de mayor promesa.

Dr. Plutarco Naranjo

El Premio Nacional "Eugenio Espejo"

En 1975, es decir hace 27 años, el gobierno del Ecuador creó el Premio Nacional Eugenio Espejo, con el fin de reconocer los méritos de los autores que a lo largo de una vida fructífera hayan contribuido al desarrollo de la cultura, así como también para que el galardón sirva de estímulo a los autores de las nuevas generaciones y procuren hacerse acreedores de él.

Inicialmente el premio único estuvo destinado a exaltar los méritos de ilustres escritores ecuatorianos que hayan sobresalido en la creación literaria. Con toda justicia, el gran escritor, Manuel Benjamín Carrión, fue el primero en recibirlo. Carrión, además se había destacado, como creador de la Casa de la Cultura Ecuatoriana y como un generoso incitador de la obra literaria de autores jóvenes.

Más tarde el galardón se amplió al campo del arte y el gran pintor Oswaldo Guayasamín se hizo acreedor de él. Posteriormente, reconociendo que la cultura no es solo la literatura y el arte, se diversificó a otros campos. En 1986 se amplió a la ciencia y el primero en recibirlo fue el doctor Plutarco Naranjo, de quien el presidente León Febres Cordero al entregarlo expresó: "El doctor Plutarco Naranjo es un investigador científico y además, un comunicador social cuya columna del Diario El Comercio lee el pueblo en mayoría; porque supo hacer del lenguaje que la ciencia requiere un mensaje comprensible para la mayor parte de los que buscan sus descubrimientos y sus consejos. El doctor Naranjo recibe a plenitud de virtudes cívicas y humanas esta preseu que le concede la Nación".

En los años siguientes han merecido el honroso galardón los siguientes insignes investigadores:

1987, el doctor Miguel Salvador, en Ciencias Biológicas y Medicina

1988, el doctor Augusto Bonilla, en Ciencias Biológicas y Medicina

1989, el doctor Misael Acosta Solís, Ciencias Biológicas en especialidad Botánica

1991, el señor Agustín Cueva, en Investigación Histórica

1993, el doctor José Varea, en Ciencias Biológicas y Medicina

1995, el doctor Luis Romo, en Ciencias Físicas y Químicas

1999, Monseñor Juan Larrea Holguín, en Investigación Histórica

2001, Dr. Rodrigo Fierro, en Ciencias Biológicas y Medicina

LOS AMBATEÑOS EN EL PREMIO ESPEJO

Revisando la lista de los científicos que han merecido el Premio Eugenio Espejo, llama la atención que de los 9 galardonados, 5 son ambateños, de una ciudad y una provincia pequeña y de escasa población, en comparación a otras grandes ciudades del país.

El hecho no puede ser casual, debe haber razones condiciones de fondo, antecedentes y circunstancias que han determinado que los ambateños se hayan destacado en el campo de las ciencias.

El pueblo ambateño y tungurahuese, tradicionalmente ha sido un pueblo trabajador, emprendedor, disciplinado, lo que le ha permitido sobreponerse a las pobres condiciones de la naturaleza: poca extensión de superficie, poca tierra de cultivo, sequedad y aridez. Especialmente en las décadas del 30 al 50, Ambato fue una de las ciudades más industrializadas del país, hasta el límite que le permitía la disponibilidad de energía eléctrica. Frente a la gran destrucción que produjo el terremoto de 1949, ese pueblo se levantó y en poco tiempo superó los desastres. Ha sido y es una provincia con menor analfabetismo y poca pobreza.

Seguramente el ejemplo de disciplina, tenacidad en el trabajo, ha influido para que algunos de los hijos de esta tierra se hayan distinguido en el campo también de las ciencias.

Recorriendo las páginas de la historia se encuentra que Ambato y la provincia del Tungurahua han sido propicios a la ciencia, especialmente a la de la Naturaleza y a las Ciencias Biológicas. Sin ir muy lejos y tratar de agotar el tema mencionaremos algunos de los mejores ejemplos.

AUGUSTO N. MARTINEZ: nacido en Ambato en 1860, fue el pionero de la investigación botánica, mineralógica, geológica y astronómica. Fue el primer andinista del Ecuador; el primero que junto con Miguel Tull, coronó la cima del Chimborazo. Escribió varias obras sobre geología, vulcanología, geografía y astronomía. Fue profesor y rector del colegio Bolívar y Director del Observatorio Astronómico de Quito.

LUIS A. MARTINEZ: aunque se destacó en el campo de la literatura, el arte pictórico y la política fue también un entusiasta investigador en el campo de la agricultura y el que más luchó por hacer real la integración de la inmensa región amazónica al patrimonio nacional. Fue el infatigable propulsor de la construcción del ferrocarril al Curaray. Entre otras obras publicó: "La Agricultura Ecuatoriana", "Catecismo de Agricultura", "Camino al Oriente", "El Valle del Shuyo".

LOS PAREDES; se destacaron en diversos campos: **JULIO E. PAREDES,** el mayor, fue uno de los médicos más eminentes que ha tenido el Ecuador; investigador clínico y uno de los primeros en el estudio del hipertiroidismo. Admirable Profesor y brillante Rector de la Universidad Central, a lo largo de 3 períodos.

ALFREDO PAREDES; Ilustre maestro, botánico, investigador de las plantas medicinales del país, pionero de la fitoquímica, autor de una veintena de importantes trabajos en prospección florística y de fitoquímica. Fue el creador de la Facultad de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Central y creó la cátedra de Botánica en la Universidad de Loja.

VIRGILIO PAREDES BORJA; notable médico, se destacó en la docencia de la Anatomía y en la Investigación Histórica. Fue autor de la obra fundamental "Historia de la Medicina en el Ecuador".

OSCAR EFRÉN REYES; nacido en Baños, se destacó en la Investigación Histórica y la docencia. Publicó entre otras importantes obras: "Historia de la República", "Historia y Geografía del Oriente Ecuatoriano", "Los Incas Políticos", "Monografía de Tungurahua".

PABLO ARTURO SUAREZ: eminente médico, maestro universitario. Rector de la Universidad Central; fue un gran investigador, especialmente de las condiciones biológicas de los obreros y campesinos. Entre otras importantes publicaciones científicas se encuentran: "Contribución al estudio de las realidades, entre las clases obreras y campesinas del Ecuador", "Archivos de electrocardiografía", "Estudios de nutrición de los indios de Otavalo", "Lecciones de Higiene". Fue el iniciador de los servicios médicos del Seguro Social Ecuatoriano.

ABELARDO PACHANO: realizó investigaciones botánicas. Autores extranjeros honraron su nombre poniéndolo en la denominación científica en la especie *Tricho cerious pacha noi*, planta conocida en el Ecuador con el nombre vulgar de Agua Colla. Fue un excelente propulsor de la agronomía, del cultivo de especies frutales y por muchos años fue director de la Escuela Nacional de Agronomía de Ambato.

A continuación se presentan breves notas biográficas de los ambateños que han merecido el premio Eugenio Espejo en Ciencias.

DR. PLUTARCO NARANJO VARGAS: realizó sus estudios primarios en el Instituto Luis A. Martínez, que en su tiempo fue la mejor escuela de Ambato. Fue el mejor alumno de su generación. Los estudios secundarios los realizó en el Colegio Bolívar graduándose simultáneamente como bachiller y perito contador, siendo asimismo el mejor egresado.

Desde el colegio se inclinó por las Ciencias Biológicas y siguió la carrera de Medicina en la Universidad Central habiendo sido el mejor egresado. Muy pronto fue nombrado ayudante del Instituto Botánico, dirigido por ese extraordinario maestro, el doctor Alfredo Paredes. Allí dio sus primeros pasos en la investigación, primero sobre plantas medicinales, luego sobre trastornos fisiológicos de las plantas durante la helada y posteriormente sobre la flora alergógena del Ecuador y los pólenes y esporas que pululan en el aire de Quito. Su primer libro (1947) titula "La Necrosis fría de las plantas" y el relacionado con la flora (1950) "Polinosis, estudio clínico y botánico".

Cuando el gobierno nacional abrió un concurso para obras científicas, Naranjo ganó el premio con su obra "Índice de la Flora del Ecuador", del campo botánico pasó al de la disciplina científica relativamente nueva, el de la farmacología y sobre todo concentró sus esfuerzos después del postgrado que realizó en la Universidad de UTA, EE. UU.

Fundó la cátedra de Farmacología de la Universidad Central y también de la Universidad del Valle, (Cali, Colombia). Fue nombrado farmacólogo de los laboratorios LIFE y después fue director médico de los mismos. En dicha posición organizó numerosas investigaciones que se publicaron en revistas nacionales y extranjeras, así como también publicaciones de varios libros. Además desarrolló importantes productos farmacéuticos que contribuyeron a que LIFE se convierta en la principal industria del país y una de las primeras de Latinoamérica.

Fue uno de los fundadores y presidentes de la Sociedad Latinoamericana de Farmacología y la correspondiente del país. Fue un pionero en el Ecuador y en Latinoamérica en el campo de la Alergología y la Inmunología. En esta área publicó importantes libros que han merecido ediciones en otros países.

Fue uno de los organizadores y luego Presidente de la Sociedad Latinoamericana de Alergia y la correspondiente del país y es miembro de Sociedades de la especialización en varios países.

Fue uno de los fundadores y luego presidente de la Academia Ecuatoriana de Medicina y es miembro de la Academia de Medicina de otros países, así como miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York. Como buen ambateño, ha sido un estudioso de Montalvo. Es uno de los más conocedores de la obra del Cosmopolita y tras de larga investigación histórica publicó: "Bio-Bibliografía de Montalvo" (1966, dos volúmenes). La segunda edición apareció en México en 1970.

Casi guiado por Montalvo, Naranjo fue entrando en el campo de la Historia. Ha realizado numerosas publicaciones entre ellas el libro "La Primera Internacional en Latinoamérica". Su labor en el amplio campo de la Historia le hizo merecer la dirección de la Academia Nacional de Historia. Su calidad de médico le ha permitido realizar investigaciones y publicaciones sobre la Historia de la medicina. Su reciente libro (1999) titula: "La sífilis, otra enfermedad que nos llegó de Europa".

Su preocupación por los problemas biológicos y médicos del pueblo ecuatoriano sirvieron para su nombramiento de Director del Departamento Médico del Seguro Social (1963-1966), en el cual desarrolló una brillante labor que se vio coronada en 1998 con el nombramiento de Ministro de Salud Pública; su eficiencia permitió ser el único Ministro que rigió los destinos de la Salud Pública durante los 4 años de un gobierno constitucional. En esta función fue también Presidente del Comité Ejecutivo de la OPS y Presidente de la 43 Asamblea Mundial de la Salud.

Ha merecido 4 veces el premio Universidad Central, por investigaciones científicas y más premios y reconocimientos nacionales e internacionales.

En el haber del Dr. Naranjo figuran más de 300 publicaciones en revistas científicas; 37 libros y opúsculos como único autor y 58 como coautor. Centenares de artículos periodísticos en el Comercio, Últimas Noticias y el Universo.

MISAEI ACOSTA SOLÍS: *Nació en Ambato, en 1910 y murió en Quito en 1994. Sus estudios primarios y secundarios (Colegio Bolívar), los realizó en su ciudad natal. Siguió estudios en Ciencias Naturales, especialmente en Botánica, en la Universidad Central. Poco después de terminar sus estudios fue nombrado profesor de Botánica y Farmacognosia de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central. De 1949 a 1953 se desempeñó como Director Forestal Nacional. También fue profesor de la Escuela Politécnica, de Quito. Hizo una pasantía en la Universidad de Michigan (EE.UU.) donde estudió sobre todo Dendrología y Geobotánica. Durante varios años trabajó como investigador científico en el Instituto Panamericano de Geografía e Historia.*

Trabajador infatigable se dedicó al estudio de la flora del Ecuador, en particular, de las especies maderables, de uso industrial y medicinales. Realizó incontables excursiones botánicas por todas las regiones del país y también de otros países. Logró hacer importantes colecciones de la flora nativa que sirvieron para enriquecer los herbarios de algunas universidades extranjeras.

Coleccionista por excelencia, a más de especies botánicas, coleccionó muestras mineralógicas y otras y sobre todo formó una rica biblioteca especializada en Ciencias Naturales. Colaboró con varias misiones científicas y botánicas extranjeras que vinieron al país a realizar investigaciones florísticas, ecológicas y geológicas. Formó parte de la misión norteamericana, que vino al Ecuador durante la Segunda Guerra Mundial, a localizar bosques de Quinas, a fin de obtener la quinina que era de urgente necesidad para el tratamiento de los soldados que estaban en regiones tropicales que habían sido infectados por la malaria.

Participó en numerosas Reuniones y Congresos Científicos en el país y en otras naciones, en las que presentó sus trabajos que posteriormente fueron publicados. Durante varios años publicó en el diario *El Comercio*, de Quito, y periódicos y revistas de otras ciudades incontables artículos sobre temas botánicos, biológicos, geobotánicos, climatológicos, sobre la ecología y el conservacionismo.

Fundó y dirigió por varios años la *Revista Flora*, de la cual fue su principal redactor. Durante algún tiempo se dedicó a la prospección florística de las Islas Galápagos, fruto de lo cual publicó un importante libro: *Galápagos y su naturaleza*.

Fue la temprana voz de alerta sobre los riesgos de la deforestación y la desertificación. Realizó una sostenida campaña de prensa y conferencias sobre la bárbara destrucción de los bosques primarios, la falta de prevención de la desertificación que ya estaba produciéndose en algunas zonas del país. Fue uno de los pioneros del conservacionismo y de la protección ecológica.

Mereció varios reconocimientos y premios internacionales, entre ellos: Medalla Reitemegel, de la Asamblea Interamericana de Prensa, Lima 1965; Medalla Humboldt del Departamento de Cultura de Alemania Federal, 1978; Medalla Gerlach; Condecoración con Orden Nacional al Mérito 1982.

Fue autor de centenares de artículos científicos y de decenas de libros, entre los cuales se encuentran: *Por la Conservación de las Tierras Andinas*, 1952; *El Noroccidente Ecuatoriano*, 1959; *Los Manglares del Ecuador*, 1961; *Las maderas económicas del Ecuador*, 1965; *Los Bosques del Ecuador y sus Productos*, 1961; *Sinopsis de la Fitogeografía y Vegetación de la Provincia de Pichincha*, 1962; *Las Divisiones fitogeográficas y las formaciones geobotánicas del Ecuador*, 1965; *Naturalistas y Científicos que han contribuido al conocimiento florístico y fitogeográfico del Ecuador*; *Observaciones Fitogeográficas: Humboldt y Bompland*, 1966; *Naturalistas y Científicos que han contribuido al conocimiento florístico y fitogeográfico del Ecuador*, 1968; *Observaciones Fitogeográficas: Humboldt y Bompland*, 1969; *Glumifloras del Ecuador: Gramíneas, Ciperáceas, Juncáceas*, 1969; *Geografía y Ecología de las Tierras Áridas del Ecuador*, 1970; *Investigaciones de la Geografía y la Naturaleza de América Tropical*, 1970; *Viajeros, Cronistas e Investigadores con especial referencia al Ecuador*, 1976; *Plantas Medicinales del Folklore Ecuatoriano*.

DR. AUGUSTO BONILLA BARCO: realizó sus estudios primarios y secundarios en la ciudad de Ambato. Siguió los estudios universitarios en la Facultad de Medicina de la Universidad Central, destacándose como un estudiante capaz y aventajado. Su inclinación por la cirugía le llevó a frecuentar tempranamente el respectivo servicio del Hospital San Juan de Dios y en la época de su graduación ya era un hábil y experimentado cirujano. Se graduó con altos honores en 1944, a continuación tuvo la oportunidad de ir a realizar los cursos en el Instituto de Cirugía de la facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires en donde en 1946 obtuvo el título de especialista, habiendo sido el primero del Ecuador en ese campo.

Desde estudiante se vinculó con el Hospital Militar de Quito. Del cual fue ayudante del Servicio de Ortopedia y Traumatología, Jefe del Servicio y finalmente Director del Hospital Militar. Al mismo tiempo ingresó en la docencia de la Universidad Central habiendo sido quizá, el profesor más joven de Cirugía. Creó la cátedra de Ortopedia y Traumatología, en donde ha desarrollado la más sobresaliente labor.

Con los años se convirtió en el maestro consagrado de la especialidad. Ha formado verdadera escuela, sin egosmos ni reticencias se dedicó a formar discípulos que ahora constituyen una pléyade de excelentes traumatólogos. Este hecho contrasta con que tradicionalmente los profesores de cirugía no formaban discípulos. De la facultad de Medicina salían buenos clínicos en varias especialidades, pero no cirujanos. Bonilla rompió esa tradición, puede hablarse en el campo de la cirugía ortopédica y traumatología antes y después de él.

Su extraordinaria labor docente fue retribuida con su elección de Decano de la Facultad de Ciencias Médicas, en donde realizó muchas innovaciones y condujo a la Facultad por el camino del progreso institucional. Posteriormente fue Director de la Escuela de Graduados de la misma Facultad.

También ha sido el gran cirujano ortopedista del Hospital Carlos Andrade Marín, en donde ha desempeñado sucesivamente la Jefatura de los servicios de Ortopedia y los de Cirugía General.

El Dr. Bonilla es uno de los profesores y traumatólogos más prestigiosos no solo del Ecuador, sino de Latinoamérica. Sus investigaciones y técnicas quirúrgicas han sido tema de un crecido número de conferencias en Congresos Nacionales e Internacionales. Se trata de un excelente expositor, respaldado por una amplia experiencia, especialmente en el campo de la luxación congénita de la cadera, cuya estadística de operaciones es una de las mayores en Latinoamérica. Otra área de su ejercicio y publicaciones ha sido la artrosis de la articulación de la cadera, la prótesis total de la cadera, los síndromes de compresión radicular por hernia de disco intervertebral, los tratamientos quirúrgicos de la coxalgia y otros dolores. Esta amplia experiencia está vertida en un buen número de publicaciones nacionales e internacionales.

El doctor Bonilla ha sido Presidente de la Academia Ecuatoriana de Medicina y es miembro de numerosas Sociedades de Especialistas de Latinoamérica y Europa. Ha sido Presidente de la Sociedad Latinoamericana de la especialidad. Ha merecido varias condecoraciones como la nacional de la Orden al Mérito en el grado de Gran Oficial, así como la condecoración del gobierno alemán. Actualmente es profesor honorario de la Universidad Central.

DOCTOR LUIS ROMO SALTOS: *La educación primaria y secundaria realizó en Ambato. En 1945 ingresó a la Universidad Estatal de Michigan (EE. UU.) en donde estudió Física y Química obteniendo el título de Bachiller en Ciencias, en 1949. En la misma universidad siguió estudios avanzados y en 1951 obtuvo el título de Master en Ciencias. Pasó luego a la Universidad Wisconsin (EE.UU.), en donde con todo éxito, obtuvo el título más alto que conceden las universidades de los Estados Unidos, el de Ph. D.*

Ese mismo año se incorporó como investigador en Termodinámica de superficies y síntesis de silicatos en la Universidad Estatal de Pensilvania. Después pasó a la empresa privada, a la Du Pont de Nemours, como investigador de química y física del estado sólido, microscopía electrónica y fenómenos de superficie; allí laboró hasta 1963, cuando decidió volver al país.

Ya en Quito, colaboró temporalmente como Director del Departamento de Química de los Laboratorios LIFE y desde 1963 fue profesor titular de Físicoquímica, Termodinámica y Coloideoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Central. Su presencia en la cátedra universitaria le sirvió para impartir, entre sus alumnos, conocimientos actualizados sobre las

modernas y difíciles disciplinas científicas a su cargo. En reconocimiento de su extraordinaria labor docente y de investigación científica, en 1970 fue elegido Decano de la Facultad y fue reelegido para otro período 1988-1994.

El merecido prestigio del Doctor Romo, gracias a sus publicaciones científicas no se quedó restringido al Ecuador. En 1969 y en 1970 fue designado profesor titular de las Universidades Central y de Oriente, de Venezuela, habiendo ocupado las cátedras de Química Teórica y Coloidoquímica, en los períodos de verano. Su renombre también llegó a Europa. En 1975 y 1976 fue invitado por las universidades Carolinum de Praga (Checoslovaquia) y Eotvos, de Budapest (Hungría), para que dictara sendos ciclos de conferencias sobre Coloidofísica y Termodinámica de Superficies. Culminando su fructífera carrera docente hay que anotar que el Dr. Romo, desde 1995 hasta 2001 fue Director del Centro de Investigaciones de la Escuela Politécnica del Ejército. Los resultados de sus investigaciones científicas han sido presentados en Congresos realizados en Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Austria, Suecia, Rumania, Australia.

Ha sido relator de temas importantes en varios congresos internacionales. Participó en las prestigiosas "Gordon Research Conferences" en Estados Unidos; así como en reuniones auspiciadas por la UNESCO. Sus trabajos de investigación se han publicado en revistas de mucho prestigio internacional, como la Farada Transactions, la American Chemical Society. Ha dictado conferencias magistrales en varios países, en especial en Estados Unidos, Inglaterra, Rumania, Costa Rica, Australia, Corea del Sur, Brasil.

En varias oportunidades se hizo acreedor al "Premio Universidad Central" por las ciencias y ha recibido condecoraciones del Ministerio de Educación, de la Universidad Central, del Municipio de Quito.

Ha publicado 16 libros, entre los que se destacan: "Química-Física", "Coloidofísica", "Termometría y Calorimetría", "Termodinámica de Transformaciones Irreversibles", "Tratado de Físicoquímica" (dos volúmenes), "Tratado de Termodinámica".

Sacando tiempo al tiempo, el Doctor Romo ha incursionado con éxito, también en el campo de la sociología y sobre todo de la filosofía. Muestra de esto son sus libros como: Hombre, Ciencia y Sociedad, Ciencia: Filosofía y Método, El Tiempo: Reflexiones Físicas y Filosóficas.

Dr. Plutarco Naranjo

