

CIENCIA Y TECNOLOGIA



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

Vol. I - Nº 2, julio 2002

-0001

02

2

1

R.6-0001
2002
n:2
Vol.I
1

CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA

Revista

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Quito – Ecuador

Vol. I, No. 2, julio 2002

Casa de la Cultura Ecuatoriana
"Benjamín Carrión"

Presidente:

Escritor Raúl Pérez Torres

Secretario General

Dr. Marco Antonio Rodríguez

Ciencia y Tecnología

Vol. I Número 2 - Julio 2002

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

Diseno y diagramación: *César E. Salazar O.*

Impreso en Ecuador – Printed in Ecuador



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

Roberto 2009

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 benefician 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 BIBLIOGRÁFICAS que deben anotarse con corchetes en el texto ordinalmente y al fin del trabajo sin corchetes también ordinalmente.

Para revistas:

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

Litter M., *FARMACOLOGIA*, 2^a 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 de las mismas 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.

Agradecemos que una copia del trabajo impreso a doble espacio y el diskette sean entregados en la Secretaría General de la CCE. El diskette será devuelto al autor.

CIENCIA Y TECNOLOGIA

CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN	
Dr. Luis A. Romo S.	9
LA QUINUA, EL MEJOR ALIMENTO	
Dr. Plutarco Naranjo	11
MUTACIONES NUEVAS DEL GEN NF2 EN MENINGIOMAS Y NEURINOMAS DE POBLACION ECUATORIANA	
Dra. Paola E. Leone, Dr. Julio Enríquez, Dr. Enrique Hermida, Dra. Mónica Pérez, Dr. César Paz y Miño	45
USO DE TRES METODOS DE DIAGNOSTICO (MORFOLOGIA, ISOENZIMAS Y PCR) PARA LA DIFERENCIACION ENTRE TAENIA SOLIUM Y TAENIA SAGINATA	
Dr. R. Rodríguez, Dr. W. Benítez, Dr. D. Geysen, Dr. J. Brandt, Dr. S. Geerts, y Dr. P. Dorny	55
¿Y DONDE ESTA EL CARBONO?	
Dr. Bruce Hoencissen.	73
ELECTRON: COMPORTAMIENTO FISICOQUIMICO	
Dr. Luis Romo S.	79
LOS MEDIOS CONTINUOS	
Dr. Melio Sáenz	91
UN SIMULADOR DE YACIMIENTOS HIDROCARBURIFEROS	
Dr. Rolando Sáenz, Dr. Hernán Benalcázar e Ing. Yazmina Atarihuana	99
TEORIA DE JUEGOS E INTELIGENCIA EMPRESARIAL	
Edward Jiménez, M Sc.	111
INFORMACIONES CIENTIFICO-CULTURALES EL PREMIO INTERAMERICANO DE CIENCIA "BERNARDO HOUSSAY"	125
HEROES DE LA SALUD PUBLICA	133

PRESENTACIÓN

El empeño de la Casa de la Cultura Ecuatoriana de apoyar el cultivo de la Ciencia, después de la edición del primer número de nuestra Revista CIENCIA y TECNOLOGIA, ha merecido de parte de los investigadores su reconocimiento que lo han expresado mediante comunicaciones dirigidas a las autoridades de la Institución.

Nuestro propósito es el de demostrar que la capacidad nacional para hacer ciencia es evidente, particularmente cuando se estima el esfuerzo científico creando las oportunidades para quienes se interesan por dedicar su vida al cultivo de la ciencia descubran que mediante este quehacer se ofrece aportes efectivos para el bienestar de la humanidad.

La ciencia genera beneficios de contenido cognoscitivo que, en concordancia con los pronunciamientos de Lord Kelvin, se logran mediante la cuantificación de los resultados de los experimentos. Justamente por esto es que, en general, sin el concurso de la Matemática es imposible hacer ciencia y los aportes en esta materia contribuirán a robustecer el esfuerzo científico nacional.

Las contribuciones que generosamente nos ofrecen distinguidos investigadores contienen temas que cubren un amplísimo ámbito de conocimientos obtenidos mediante la aplicación de metodologías modernas de investigación y del dominio del estadio teórico de la ciencia.

Nuestra tarea se halla así permanentemente estimulada para continuar por el camino ascendente de contribuir mediante los aportes de la ciencia y resolver los problemas que impiden el progreso integral del Ecuador.

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

La Quinoa, el mejor alimento



Dr. Plutarco Naranjo

Universidad Andina Simón Bolívar, Quito

Milenios antes de los históricos viajes de Colón, la población abigen de América había domesticado y más tarde desarrollado una agricultura de excedentes de decenas de especies vegetales alimenticias entre las cuales se destacan: el **maíz**, la **papa**, la **yuca**, el **tomate**, el **cacao**, el **camote**, el **aguacate** y sobre todo la **quinua** (Guamán Poma de Ayala, Antunez, Bonavía, Naranjo).

Aspectos botánicos

La quinua es la especie **Chenopodium quinoa Willd.** Pertenece a la familia de las Chenopodiaceas. Aunque el nombre de quinua es el más difundido existen numerosos otros nombres utilizados por las distintas etnias del amplio territorio de su producción. Se llama *suba* y *pasca*, en algunos lugares de Colombia; **cami**, **pfique**, **kanallapi**, **cachuyujusi** y otros, según las variedades, entre los aimaras; *dahue*, en Chile. Al parecer los primitivos nombres fueron: **quinua**, entre los quichuas y **jupha**, entre los aimaras.

Se trata de una planta herbácea que crece desde aproximadamente 1500 m hasta más de 4000 m de altitud. Es una de las pocas plantas cultivadas que soporta bastante bien las heladas de las tierras más altas.

Existen algunas variedades y razas (Cárdenas, Gandarillas). Los granos son blancos, pero hay variedades con granos de distintos colores como crema y especialmente rojizo. También el tamaño de la planta varía según la raza, al igual que el tamaño de los granos.

La quinua es una especie alotetraploide por lo que se considera que en su origen y evolución, ha intervenido más de una especie.

Las semillas contienen, a más de nutrimentos, saponinas que les confiere sabor amargo que impide su utilización directa en la alimentación; pero hay variedades con escaso contenido de saponinas, a las cuales se les denomina "quinuas dulces".

Origen y difusión

Entre otros factores, se considera como centro de origen de una especie al lugar donde se encuentra ejemplares silvestres y el mayor número de variedades. Gandarillas ha demostrado que el área de mayor número de ecotipos es la que va desde el sur del Nudo de Pasco hasta el altiplano boliviano, por lo que se considera que éste es el centro de origen de este pseudo cereal. Desde aquí, a lo largo de cientos y miles de años, la planta fue difundiéndose por el norte hasta la meseta o sabana bogotana y por el sur hasta la isla Chiloe, en Chile y el norte de Argentina.

Aspectos históricos

Según parece, la quinua fue domesticada muy tempranamente entre las culturas andinas. Uhle, en sus investigaciones del área de Ayacucho (Perú) consideró que la domesticación de la planta se inició aproximadamente 5000 años a. C.

Núñez, después de las investigaciones que realizó en la zona de Chinchorro, del norte de Chile, afirma que la quinua ya se consumía antes del año 3000 a. C.

Hay otros hallazgos arqueológicos que revelan la antigüedad del consumo de la quinua, como la presencia de granos, en algunas tumbas peruanas.

Tanto en los altos Andes centrales del Perú como del resto de las tierras altas de Sudamérica la quinua alcanzó mucha importancia como alimento muy nutritivo. Según un **kipu**, estudiado por Murra la quinua seguía en importancia al maíz y estaba antes que la papa.

Como afirma Tapia, la quinua, (**Chenopodium allidicauri**) la kanigua y varias especies de amarantos constituyeron importantes componentes de la dieta de la población andina precolombina. Los amarantos son parientes cercanos de la quinua y su composición química es parecida también a la de la quinua.

Es interesante anotar que así como los aborígenes andinos descubrieron, empíricamente, el valor nutritivo de la quinua y el método para desamargar y poder utilizarlo en la alimentación, los mesoamericanos hicieron un descubrimiento parecido con una planta pariente muy cercana de la quinua, el **Chenopodium nuttalliae**, denominado **huautli**. Hunziker, refiere que según el código de Antonio de Mendoza, los tributos, en granos, que pagaban anualmente al emperador eran: maíz, 28 trojes; fréjol o frijol, 21 trojes; **chian (Salvia hispánica)** 21 trojes y huautli, 18 trojes. (El troje equivalía a 4000 a 5000 fanegas; la fanega era una antigua medida española que equivalía, aproximadamente, a 60 Kg.).

La quinua y los españoles

Los pequeños barcos en los que vinieron los españoles traían limitadas provisiones de alimentos, de tal manera que tan pronto saltaban a tierra, en las islas del Caribe o en tierra firme, tenían que alimentarse con los productos del Nuevo Mundo. En el Caribe y en el resto de América, desde Canadá hasta la Patagonia el grano de mayor consumo fue el maíz; en el Caribe y zonas tropicales seguían en importancia la yuca y otros rizomas y raíces. Como recuerda Castellanos (Carcier y Disdier).

“Porque tenían estos naturales

*grandísimas labranzas de yucales
y otras raíces de ellos estimadas
como batatas, ajes, himoconas. (Xanthosoma sp.)
que suelen ser regalos de personas”.*

Conforme los hispánicos fueron avanzando por Mesoamérica, por el norte, y por tierras sudamericanas y especialmente cuando dejando atrás las zonas tropicales subieron a la meseta mexicana o a los Andes, fueron descubriendo nuevas dietas aborígenes en las que participaban otros alimentos.

En la conquista del imperio de los Incas, muy pronto descubrieron la papa que, inicialmente, no fue del gusto de los españoles y en las tierras altas de los Andes se encontraron con grandes cultivos de la quinua.

Según parece, el primer español que en sus escritos menciona a la quinua fue Pedro de Valdivia (1551) en un informe que dio al Emperador Carlos I, dice: “La región es abundosa en todos los mantenimientos que siembran los indios para su sustentación así como maíz, papas y quinua”.

Garcilaso de la Vega, en su conocida obra "Comentarios reales", dice: "El segundo lugar de las mieses que se crían sobre la haz de la tierra dan a lo que llaman "quinua" y en español "mijo" o arroz pequeño: porque en el grano y el comer se le asemeja algo". El mismo Garcilaso de la Vega (Histia) se refiere a la primera exportación de semillas de quinua hacia España, en donde no logró propagarse, por "haber llegado muertas".

Cieza de León se refiere al cultivo de la quinua en diversos lugares de la sierra sudamericana, entre ellos en el sur de Colombia especialmente en la zona de Pasto. Dice: "En todos estos pueblos se da poco maíz o casi ninguno a causa de ser la tierra muy fría y la semilla delicada; mas críanse abundancia de papa y quinua y otras raíces que los naturales siembran".

Bernabé Cobo menciona un aspecto muy importante y que pasó desapercibido para la mayoría de los autores. Refiere que a la salida de Chinchasuyo, había un adoratio en donde existía un ídolo de quinua que los aborígenes adoraban.

Jiménez de la Espada se refiere al cultivo de la quinua en Cuenca, Torres de Mendoza, Vázquez de Espinosa y otros refieren sobre cultivos de quinua a lo largo de la sierra ecuatiana y Valdizian y Maldonado en el Perú.

Nuestro historiador Juan de Velasco menciona varios cultivos de quinua en diferentes lugares de la serranía ecuatiana. Se refiere a dos variedades de quinua, la una de grano blanco y la otra de grano rojizo. No es seguro si se refiere a la quinua de color rojizo o al sangorache o amaranto morado (**Amarantus caudatus**).

En sus memias sobre sus viajes a las zonas tropicales de América Humboldt, dice: "Así como en Europa ha seguido la viña a los griegos, el trigo a los romanos, el algodón a los árabes, en América el maíz acompañó a los aztecas, la papa a los Incas, la quinua fue de los habitantes de la antigua Cundinamarca". Más adelante dice: "A donde va un bogotano, allá va la quinua".

Es conocido, los Incas tenían una red de **tambos**, especie de silos o trojes distribuidos a lo largo de los caminos que unían el Cusco a las diferentes regiones del Imperio. Estrella menciona un mandamiento del Cabildo de Quito (mayo de 1549), que dispone que los "tamboreros" debían tener provisiones de quinua y vender a un cuartillo por un tomil.

Entre los autores recientes del Perú, Valdizian menciona que la quinua siendo alimento de tanta estimación se utilizaba también en ciertas ceremonias. Así mismo se sabe que en los adoratos mantenían **canopas**, especies de ídolos y las elaboradas con quinua se denominaban "quinuamamas".

La quinua y el culto a los antepasados

Entre nuestras culturas aborígenes, como en muchas partes del planeta, se desarrolló un especial culto a los antepasados. Un rito que aún persiste consiste en colocar sobre la tumba del antepasado un pequeño mantel y sobre éste los alimentos que más agradaron o los de mejor calidad, para alimentación del difunto. También se ponía un recipiente con chicha.

Durante varias horas se reúnen varios miembros de la familia o amigos cercanos en torno a la llamada "ofrenda". Reverencian y lliquen en voz alta y al final del día, una vez que el espíritu del difunto se había alimentado ya, la familia consume los alimentos. En un proceso de sincretismo religioso, la iglesia católica consiguió que la antigua ceremonia de los antepasados se hiciera el 2 de noviembre que la iglesia celebra el Día de Difuntos.

Por mucho tiempo las ofrendas se hacían también en la propia iglesia y el sacerdote iba de una a otra tumba, pronunciando sus responsos y recibiendo las correspondientes "limosnas". Hace pocos años se prohibió que las ofrendas se hagan en los templos, pero el culto continuó hasta el día de hoy en los cementerios.

Asunto importante en el destino histórico de la quinua y los amarantos es que entre los guisos y alimentos que los aborígenes ponían en la ofrenda estaban aquellos preparados con quinua y la llamada colada o mazamorra morada, que se prepara con harina de maíz (de la variedad negra). En el agua en la que se prepara la mazamorra se agrega una panoja del sangorache o ataco morado (*Amaranthus caudatus*) que es el que le da el color morado. Entre los aborígenes el color morado era el apropiado para rendir culto a los antepasados.

La cuasi extinción de la quinua

Con la conquista y establecimiento de las famosas **encomiendas** (grandes haciendas o territorios que la autoridad, otorgaba a los españoles conjuntamente con los indios que se sustentaban de ella), los indios pasaron a un régimen de esclavitud. El cultivo de la quinua se redujo al huasi-pungo (pequeña parcela de terreno que el encomendero o en general, el señor de la tierra concedía al indio para que se beneficiara de los cultivos que prefirió [bosfknbicra]). Los cultivos en gran extensión se hacían por orden del "señor". Se introdujeron entonces los cultivos de trigo, cebada y otros alimentos que trajeron los españoles. También se cultivó el maíz que agradó al paladar de los españoles; luego

las papas y en pequeña escala otros productos aborígenes. La quinua, por desgracia, en primer lugar no fue del agrado de los conquistadores, en segundo lugar el seudo cereal, que en la época anterior a la conquista era alimento de gran categoría, descendió a la calidad de "alimento de indio".

Peor aún, durante una época los sacerdotes católicos, entre ellos el famoso obispo Landa, de México, se dedicaron a "exterminar las idolatrías" de los indios y entre tantas otras prohibiciones estuvieron las del cultivo de la quinua y los amarantos, como paso a la exterminación de algunas de las idolatrías.

Estos y otros factores determinaron que el cultivo de la quinua vaya desapareciendo progresivamente, hasta que en las últimas décadas se dejó de cultivar en muchos sitios y realmente se convirtió en alimento de pocos indios.

Resurgimiento de la quinua

Durante el siglo XX y cuando los químicos pudieron determinar la composición química de varios alimentos en su contenido de macronutrientes (proteínas, grasas e hidratos de carbono) se encontró que la quinua tenía un contenido proteico relativamente alto (Tabla I) que oscila entre 14 y 20%, según la variedad y más todavía, es más alto que el del trigo, del maíz y de otros cereales, con lo que comenzó un proceso de revalorización del humilde grano abigen. Su importancia ha subido de tono como se indicará más adelante, al haber analizado los aminoácidos y ácidos grasos esenciales que participan en su composición química.

TABLA I
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA QUINUA
(promedios)

SUBSTANCIA	KOZIOT (1)	VARIOS (2)
Proteínas	15.72	14.61
Grasas	7.16	3.38
Hidratos de carbono	61.70	60.95
Ceniza	3.29	3.36
Humedad	9.61	11.72
Fibra	2.91	3.35
Saponinas	0.65	1.43

(1) Koziot (ver bibliografía)

(2) Tapla y Colaboradores.

Contenido en proteínas y aminoácidos

Los químicos, en especial después de la II Guerra Mundial, comenzaron a determinar la composición, en macronutrientes, de los principales alimentos, como el trigo y el maíz. Este trabajo fue más que tardío en relación con la quinua (Fig.1).

TABLA II
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VARIOS GRANOS (1)
(% En base a materia seca)

GRANO	PROTEÍNAS	GRASAS	HIDRAT. C.	CENIZA	FIBRA	Kcal/100g.
Quinua	16.5	6.3	69.0	3.8	3.8	399
Arroz	7.6	2.2	84.7	3.4	6.4	372
Maíz	10.2	4.7	81.1	1.7	2.3	407
Trigo	14.1	2.3	78.4	2.2	2.8	392
Cebada	10.8	1.9	80.7	2.2	4.4	383
Fréjol	28.0	1.3	34.1	4.7	5.0	367
Chocho	39.0	7.0	35.3	4.0	14.0	360
Soya	36.1	18.9	34.1	5.3	5.6	450

(1) Tabla basada en Tapla y Colab., a su vez, basada en Duke y Atchley

Las cifras son promedio de varios autores.

El valor de Kcal/100 g. corresponde a materia seca: $4 \times (\% \text{ proteínas} + \text{carbohidratos}) + 9 \times (\% \text{ grasas})$

Cuando el análisis químico llegó, en su turno, a los granos leguminosos, menos consumidos que los cereales, se encontró que el fréjol o frijol y la soya, alimentos aborígenes de América el primero y de Asia el segundo, eran más ricos en proteínas que la quinua (Tabla II); el entusiasmo por la quinua volvió a enfriarse. Más todavía se encontró que el **chocho** o **tarwi** (*Lupinus mutabilis*) era el grano con el más alto contenido en proteínas, superior al de la soya. El péndulo se movió ahora en favor de las leguminosas.

Pero a la quinua estaba reservado otro triunfo al determinar el valor biológico de sus proteínas. En efecto, entre las décadas de los años cincuenta y sesenta, al determinarse la composición en aminoácidos esenciales, es decir en aquellos que el cuerpo humano no puede sintetizarlos y es indispensable que entren en la dieta normal, se encontró que la quinua tenía el mejor balance de aminoácidos esenciales, en relación a los cereales y leguminosas y aun en relación a la carne.

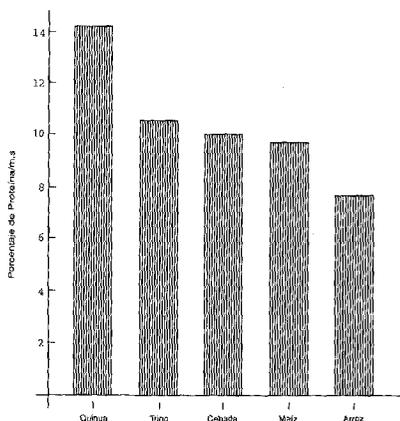


Figura 1.- Contenido en proteínas de la quinua y varios cereales. (Tomada de Cardozo y Tapia).

La composición en aminoácidos esenciales es parecida a la del huevo que se considera tiene una proteína muy nutritiva. El llamado "patrón FAO" (Tabla III) representa una composición teórica de las proteínas alimenticias que permite juzgar el balance aminoacídico, en relación a los requerimientos del cuerpo humano del adulto.

TABLA III
CONTENIDO EN AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LA
QUINUA Y EL HUEVO (1)
(% Por GM. de Proteína)

	QUINUA (*)	HUEVO	FAO
Fenilalanina	4.7	5.8	3.53
Histidina (**)	3.5	2.4	2.55
Isoleucina	6.4	6.6	5.10
Leucina	6.9	8.8	5.5
Lisina	7.1	6.6	6.3
Metionina	3.4	3.1	2.2
Treonina	5.0	5.0	4.2
Triptófano	1.0	1.7	1.1
Valina	4.1	7.4	4.1

(1) Basada en Cardozo y Tapia

(*) Promedios de análisis por distintas técnicas

(**) La histidina es esencial en el infante, no en el adulto

Hay tres aminoácidos relativamente críticos en las proteínas de los cereales, estos son: la metionina, la lisina y el triptófano que resultan deficitarios en los cereales. La utilización de los aminoácidos en el metabolismo humano se ajusta al aminoácido más deficitario, el resto se elimina; el organismo no puede acumularlos. Puede una proteína tener en su composición siete de los ocho aminoácidos esenciales, en la proporción del 100% pero basta que solo uno de ellos esté en la proporción del 50% que el organismo utilizará en la síntesis de sus propias proteínas solo el 50% del total. Este aminoácido se denomina "limitante".

En la Tabla IV y la Figura 2 puede apreciarse que la quinua tiene un alto contenido en lisina, entre el doble y el triple del contenido de los cereales. La lisina es importante en la iniciación de la síntesis de las proteínas propias y por consiguiente es factor decisivo en el crecimiento. También tiene un contenido relativamente alto de triptófano, sin embargo la quinua es un tanto deficitaria en este aminoácido, en relación al patrón FAO. El triptófano es esencial en el crecimiento y desarrollo del cerebro y del sistema nervioso.

TABLA IV
COMPOSICIÓN QUÍMICA EN AMINOÁCIDOS ESENCIALES
EN LA QUINUA Y OTROS CEREALES (1)
(g/10kg. bruto)

AMINOÁCIDO	QUINUA	TRIGO	CEBADA	AVENA	MAÍZ
Fenilalanina	59	34	37	35	33
Isoleucina	68	32	32	24	32
Leucina	104	60	63	68	103
Lisina	79	15	24	35	27
Metionina	18	10	13	14	16
Treonina	40	27	32	36	39
Triptófano	16	6	11	10	5
Valina	76	37	46	50	49

(1) Basada en De Ewart y Tapla

* Quinua, 14,4 proteína bruta

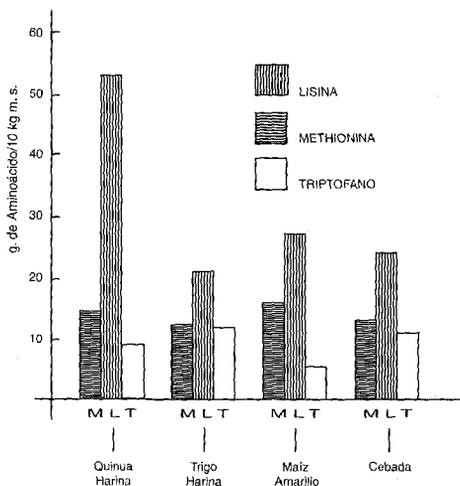


Figura 2.- Contenido de tres aminoácidos de la quinua y varios cereales.
(Tomada de Cardozo y Tapia)

En la Figura 3 puede observarse la concentración de los tres aminoácidos en alimentos animales. Puede apreciarse el gran desbalance en la carne de res y el pescado y el relativo buen balance en la quinua y el huevo.

En la Tabla V se detalla el contenido en aminoácidos esenciales de tres de los alimentos animales más importantes y puede compararse con el de la quinua.

Quinua y alimentación del infante

Existe la tradición de que en la región andina donde se cultivaba y consumía la quinua, como importante alimento normal, la complementación alimentaria del lactante consistía en una papilla de quinua y además, terminado el periodo de la lactancia, aunque al niño se le daban varios alimentos, el básico era la quinua.

Si se compara el contenido en aminoácidos de la leche materna con la leche de vaca, se observa que entre otras diferencias importantes, la leche de vaca tiene un contenido excesivo en lisina y un contenido muy bajo en triptofano.

tófano. La leche materna, en cada especie de mamífero, está "programada" para cumplir los requerimientos nutricionales del feto y el lactante. El ternero crece somáticamente, más que el niño. A los seis meses de edad el ternero tiene ya un gran tamaño y peso, mucho mayor que el del niño. Este crecimiento está regulado, entre otros factores, por la cantidad disponible de lisina. En cambio, el triptófano, que facilita el crecimiento cerebral, hace que el niño de seis meses tenga un gran desarrollo cerebral mucho mayor que el del ternero.

Como puede verse en la Tabla VI cien gramos de quinua ofrecen una proporción de ácidos aminados equivalentes a las necesidades de un niño de 5 Kg. de peso, con excepción de un moderado déficit de triptófano.

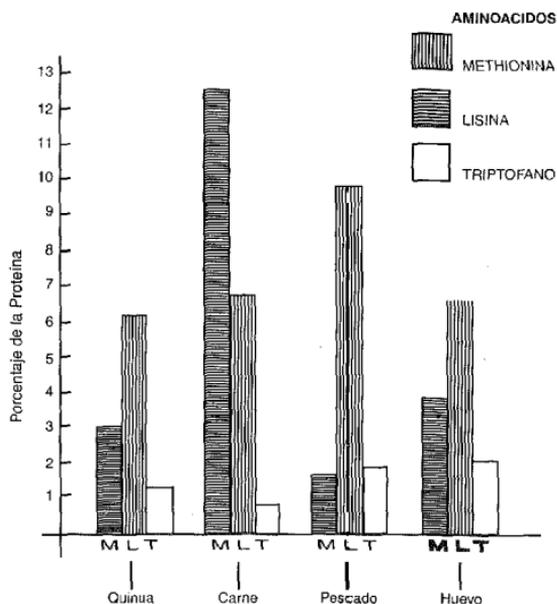


Figura 3.- Contenido de tres aminoácidos de la quinua y varios alimentos animales. (Tomada de Cardozo y Tapia)

Aunque en la Tabla VI se mencionan los valores de ácidos aminados de la leche de vaca y huevos, hay que anotar que en América no existió ganado vacuno ni gallinas. Estos animales fueron traídos por los españoles.



TABLA V

**CONTENIDOS EN AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE
VARIAS PROTEÍNAS ANIMALES**
(g de aminoácidos por 100g de proteínas) (1)

AMINOÁCIDO	QUINUA	CARNE	PESCADO	LECHE
Fenilalanina	4.0	4.1	3.7	1.4
Histidina	3.2	3.5		2.7
Isoleucina	4.9	5.2	5.1	10.0
Leucina	6.6	3.2	7.5	6.5
Lisina	6.0	3.7	8.8	7.9
Metionina	2.3	2.5	2.9	2.5
Treonina	3.7	4.4	4.3	4.7
Triptófano	0.9	1.2	1.0	1.4
Valina	4.5	5.5	5.0	7.0

(1) Tomada de Cardozo y Tapia; Lászity y Latinreco (Wahli)

En pocas palabras, la quinua es el mejor sustituto de la leche materna, para alimentar al niño destetado. Pero también es un buen alimento para los adultos.

Contenido en ácidos grasos esenciales

Las grasas y lípidos están constituidos por ácidos grasos y glicérol. Los que tienen uno o más dobles enlaces, en su cadena molecular, se denominan "insaturados" y los que no tienen ningún doble enlace son los "saturados". Los ácidos grasos saturados son, en parte, responsables de provocar graves trastornos patológicos como la aterosclerosis, la hipertensión arterial, el infarto cardíaco y otros. Por tratarse de un capítulo nuevo en la ciencia nos ocuparemos con algún detalle de estas sustancias.

Entre los ácidos grasos insaturados hay dos grupos, estos son los denominados **omega - 3** y **omega -6**. La denominación se debe a la cadena omega y el número correspondiente al de la primera insaturación a partir del extremo metánico de la cadena.

Hasta hace pocos años se consideraban "esenciales" el ácido alfa-linolénico y el linoleico. En los últimos años se ha descubierto que hay toda una familia de omega-3 y omega-6. (Tabla VII).

Entre los esquimales y poblaciones que habitan cerca del mar y se alimentan básicamente de pescados (ricos en omega-3), la proporción de omega-3 en la dieta y en la sangre es relativamente alta. En cambio, la alimentación rica en carnes rojas es más rica en ácidos omega-6. Entre los esquimales se ha encontrado una relación entre omega-6 y omega 3 de 2 a 1 y hasta 1 a 1. En las dietas modernas esta relación está alterada y llega hasta a 15 a 1. Succia recomienda una relación de 5 a 1; Japón de 4 a 1 hasta 2.1. El exceso de los ácidos grasos omega-6 conduce también a los trastornos cardiovasculares. De entre los omega-6 los más importantes y conocidos son el ácido linoleico y el ácido araquidónico.

TABLA VI
COMPOSICION EN AMINOACIDOS ESENCIALES DE
VARIOS ALIMENTOS Y REQUERIMIENTO DIARIO
DE UN INFANTE DE 5 Kg. DE PESO

AMINOACIDO	mg/gm de proteína (A)			Requerimiento Infant. 5kg (B)	100 gm Quinua mg (C)
	Leche				
	Huevos	Vaca	Humana		
Fenilalanina (1)	60	49	46	460	614
Metionina (2)	31	24	24	240	
Leucina	86 (3)	95	93	930	210
Isoleucina	54	47	46	460	1212
Valina	66	64	55	550	568
Lisina	70	78	66	660	703
Treonina	47	44	43	430	1052
Triptófani	17	14(3)	17	170	614
Histidina	22 (3)	27	26	260	144 (3)
Total	512		460		396

Tabla Basada en: Naranja

A. El huevo entero pesa aproximadamente 50 gm y tiene el 11.3% de proteínas; la leche de vaca tiene entre 3.0 a 3.5% de proteínas y la leche humana 1.1% de proteínas

B. El peso de 5 kg., tomando como referencia, corresponde a un niño entre el primero y el segundo mes de vida. Con ese peso el requerimiento diario de proteína materna es de 2g/Kg, o sea un total de 10g que corresponde a 500 ml de leche de la madre.

C. La quinua tiene entre 12 y 14% de proteínas. El organismo utiliza alrededor de 80% de este alimento. Los 100 gm de quinua, con excepción del triptófano, (10% de déficit), casi cubre el requerimiento del lactante de las características indicadas.

1.- A falta de fenilalanina el organismo puede utilizar y reemplazarla con tirosina, en caso hubiere disponibilidad de esta.

2.- A falta de metionina, el organismo puede utilizar cistina.

3. Aminoácido en que es deficiente el alimento en comparación a la leche humana.

En la leche materna los ácidos grasos más abundantes son el alfa linolénico y el cervónico (Tabla VIII). Desde luego las concentraciones varían según el tipo de alimentación. En todo caso son muy superiores a las de la leche de vaca. En este aspecto también se confirma la importante diferencia entre las dos leches.

AG-OMEGA-3 y desarrollo cerebral

Las investigaciones de los últimos años, como menciona Castro González, revelan la importancia que tienen los ácidos grasos omega-3 en el desarrollo cerebral, en el feto. En efecto estas sustancias son componentes estructurales del cerebro y la retina. Se considera que en un embarazo normal

TABLA VII
ACIDOS GRASOS ESENCIALES(1)

NOMBRE	ABREVIATURA
OMEGA-3	
Alfa-linolénico (ALA)	18:03
Estearidónico	18:04
Timnodónico (EPA)	20:05
Clupanodónico (DPA)	22:05
Cervónico (DHA)	22:06
OMEGA-6	
Linoleico (A)	18:02
Gama-linolénico	18:03
Dihomoglinolénico	20:03
Araquidónico	20:04
Adrénico	22:04
Osmond	22:05

(Basada en Castro González)

la madre cede al feto alrededor de 100 miligramos. La placenta transporta selectivamente el ácido cervónico y el araquidónico (mega 6) y en el tercer trimestre del embarazo que es el mayor desarrollo cerebral aumenta la concentración del ácido cervónico y también después del nacimiento. La apropiada concentración de ácido omega-3 se asocia en el niño, con mejor capacidad cognoscitiva y mejor coeficiente intelectual al mismo tiempo que mejor agudeza visual.

TABLA VIII
CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS OMEGA-3
EN LA LECHE HUMANA Y LA DE VACA (%BM)

ACIDO GRASO OMEGA 3	LECHE HUMANA	LECHE DE VACA (1)
Alfa linoléinnico (18:3)	0.7	0.4
Temnodónico (EPA 20:5)	0.05	0.08
Clupanodónico (DPA 22:5)	0.07	Trazas
Cervónico DHA 22:6)	0.23	0.09

(1) Alimentada con un complemento de girasol (rico en ácidos grasos oléicos)

Acidos omega-3 y quinua

En la tabla IX se presenta el contenido en ácidos grasos omega -3 de varios granos tanto de leguminosos como de los cereales de mayor consumo en el mundo. Puede apreciarse que el seudo cereal quinua es el que tiene más alto contenido de esas sustancias. Este hallazgo contribuye a dar una base científica al uso empírico de los nativos andinos de alimentar con quinua a los niños. Se confirma que la quinua es uno de los mejores alimentos que por su composición en ácidos grasos omega-3 y aminoácidos esenciales.

TABLA IX
CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS OMEGA-3
EN VARIOS GRANOS (g/100) (1)

Quinoa	8.35
Soya cruda	3.2
Soya cocida	2.1
Avena germinada	2.4
Fréjol seco	0.6
Trigo germinado	0.7
Trigo salvado	0.3
Arveja	0.3
Maíz germinado	0.3
Arroz salvado	0.2
Garbanzo	0.1

(1) Basada en Castro - González

Contenido en minerales

Dos de los minerales escasos en los alimentos vegetales son el calcio y especialmente el hierro. La dieta del pueblo de escasos recursos, es esencialmente vegetariana y como se mencionó antes a base de arroz que es deficiente en hierro. Las madres que no tienen una dieta balanceada, sufren de anemia a lo largo del embarazo, por el déficit del hierro.

La quinua, como puede verse en la Tabla X, tiene un contenido de estos dos minerales, mayor que los cereales y que la mayoría de los granos leguminosos.

Contenido en vitaminas

La quinua es también una fuente no despreciable de varias vitaminas; excepto en tiamina o vitamina B1, que es común en las hojas de las plantas comestibles verdes, inclusive en las de la quinua, pero se ha perdido la tradición de comer hojas de quinua que es una buena verdura.

TABLA X
CONTENIDO EN MINERALES DE LA QUINUA Y
OTROS GRANOS (PPM DE LA MATERIA SECA) (1)

GRANO	CALCIO	FOSFORO	HIERRO	POTASIO	MAGNESIO
Quinua	1274	3869	120	6967	2700
Arroz	276	2845	37	2120	
Frejol	1191	3674	86	10982	2000
Maíz Amarillo	700	4100	21	4400	1400
Maíz Blanco	500	3600	21	5200	1500
Trigo	500	4700	50	8700	1600

(1) Basada en Tapia y Koslot

Tiene una buena proporción de niacina, aunque menor que los alimentos animales y en cambio un valor alto en riboflavina o vitamina B2, mayor que el de los cereales y aún que el de la carne. En la Tabla XI se presentan los contenidos en vitaminas de la quinua y otros alimentos.

Contenido en saponinas

Una de las desventajas de la quinua es su sabor amargo, debido a la presencia de saponinas. Los cereales tienen poca o ninguna saponina, en cambio los granos leguminosos tienen distintas cantidades de saponinas, como puede verse en la Tabla XII. Desde luego, la saponina es bastante soluble en el agua y con el lavado se elimina esta sustancia.

TABLA XI
CONTENIDO EN VARIAS VITAMINAS DE LA QUINUA
Y OTROS PRODUCTOS
(mg/100 de porción comestible) (1)

PRODUCTO	NIACINA	B2	COMPLEJO B	ACIDO	ALFATO	RETINOL
				CASCORB	COFEROL	
Quinua	1.4	0.42	0.36	3	2	15
Arroz	1.4	0.03	0.08			
Maíz	1.9	0.1	0.43	Trazas		70
Papa	1.5	0.3				Trazas
Carne res	2.9	0.2	0.7			
Huevo	0.1	0.37	0.14			125

En el caso de la quinua se están desarrollando trabajos genéticos con el objeto de obtener variedades "dulces", es decir con poca saponina.

TABLA XII

CONTENIDO EN SAPONINAS DE VARIOS GRANOS Y COMIDAS PREPARADAS (1)

LEGUMINOSAS Y QUINUA	% EN MATERIA SECA	% EN COMIDA PREPARADA
Quinua	0.89	0.01
Arveja	1.10	0.25
Fréjol blanco	0.45	0.38
Fréjol rojo	1.60	0.40
Garbanzo	5.60	5.00
Habas	3.35	0.31
Lentejas	0.42	0.37
Maní	0.63	0.58

(1) Basada en: Fenwik y Oakenfull, Smockiewith y Colab. y Latinrecor.

Pruebas biológicas

Se han realizado, por parte de varios autores, una serie de pruebas biológicas, encaminadas a demostrar, en animales de laboratorio, el valor nutritivo que parece deducirse del análisis químico de los macro y micronutrientes del seudo cereal.

Me referiré solo a los experimentos realizados por López. Dicho autor determinó el aumento de peso de las ratas alimentadas con distintas dietas (Figura No. 4), habiendo encontrado que el aumento de peso con la dieta de quinua, previamente cocida, fue el mayor, en comparación a las otras dietas e inclusive de la caseína, que se considera una proteína de alto valor nutritivo. Sea por mejor sabor u otros factores, las ratas comieron más la quinua cocinada, que no la cruda. Las dietas de quinua con harina de trigo, resultaron menos eficientes que las de solo quinua.

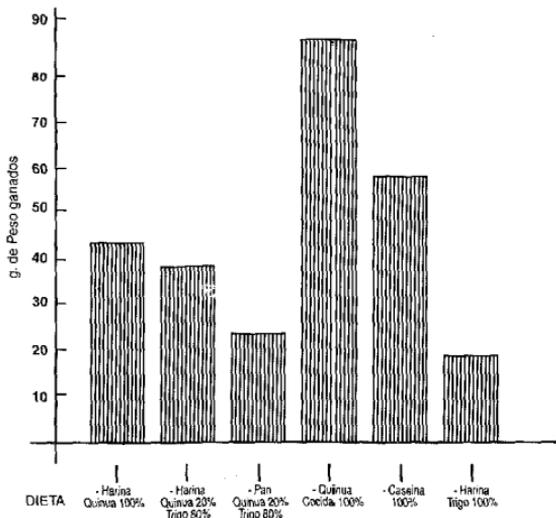


Figura 4.- Incremento del peso de las ratas alimentadas con quinua y otros alimentos.
(Tomada de López)

Los resultados mencionados antes y evaluados en términos de coeficiente de eficiencia proteica (CEP) revelan que la quinua lavada y cocinada tiene un coeficiente similar al de la caseína (Figura No. 5) y la eficiencia del nitrógeno para el crecimiento (ENC) fue superior el de la quinua que el de la caseína. Las investigaciones de Cardoso, han producido resultados parecidos.

La hoja de quinua como alimento

Según relata Garcilaso de la Vega y otros autores, los aborígenes utilizaron, como verdura alimenticia, las hojas jóvenes de quinua. Su contenido en proteínas, en promedio, es de

3,4%, en tanto que la hoja de espinaca, tan promocionada comercialmente, tiene

solo 2,8%. Las propiedades organolépticas y culinarias de las dos verduras son semejantes. En la Tabla XII se encuentra la composición en aminoácidos esenciales de los dos vegetales.

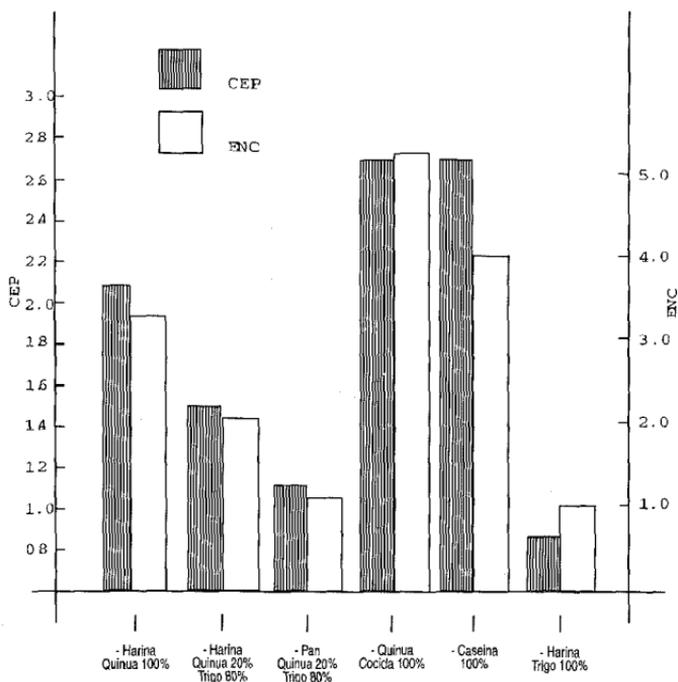


Figura 5.- Coeficiente de eficiencia proteica (CEP) y de eficiencia del nitrógeno (ENC) para el crecimiento de ratas alimentadas con quinua u otros alimentos. (Tomada de López)

Pobreza e Indigencia

La emancipación de España fue un hecho histórico esencialmente político. Las autoridades españolas fueron reemplazadas por las criollas y mestizas, pero el régimen económico y social cambió muy poco. Los encomenderos españoles fueron sustituidos por los latifundistas criollos y mestizos. Los indios continuaron en situación igual y a veces peor que en la Colonia. Años más tarde se expidió la ley de manomición de los esclavos aunque su ejecución tardó mucho tiempo. En la época de García Moreno, las haciendas o latifundios se vendían con tal número de cabezas de ganado y tantos indios.

El régimen liberal instaurado después de la revolución de 1895, introdujo profundos cambios en el régimen político, administrativo y de educación, estableció el laicismo y separó a la iglesia del Estado; pero la estructura económica y social cambió muy poco. Hubo pobreza durante la Colonia y continuó durante la república. Lo más grave es que la pobreza, que los economistas definen como la insuficiencia para cubrir las necesidades básicas de alimentación, educación, vivienda y otros y la indigencia que consiste en la imposibilidad de satisfacer por lo menos las necesidades básicas de alimentación. Según la revista Índice (2002), no solo que ha disminuido sino que ha ido en aumento y ha empeorado en los años recientes, como puede apreciarse en la Fig 6.

La pobreza en las zonas campesinas, precisamente en las que se cultivan los alimentos, son las más afectadas y de un porcentaje del 56% en julio de 1995, al año 2000 ha subido al 86%.

El índice de indigencia que en la sierra (población campesina) fue del 17% en 1995 subió al 26% en 1999 (Fig. 7). Como es bien conocido entre las consecuencias de la pobreza y más de la indigencia está la desnutrición.

TABLA XIII

**CONTENIDO EN AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LAS
HOJAS DE QUINUA Y ESPINACA * (1)**
(Contenido en proteínas: Quinoa, 3,4%;
Espinaca, 2,8%)

AMINOÁCIDO	QUINUA	ESPINACA
Fenilalanina	8.20	6.10
Isoleucina	6.20	4.80
Leucina	10.30	9.50
Lisina	7.10	7.30
Metionina	0.20	2.10
Treonina	5.90	5.30
Valina	7.30	6.10

* g. Aminoácido/100 g. de proteína

(1) Basada en Kosiot y Latinrecor.

El grave problema de la desnutrición

La encuesta nacional realizada en 1997 (Freire y Colab.) reveló que más del 50% de niños menores de 5 años adolecían de algún grado de desnutrición con un alto porcentaje de desnutrición crónica.

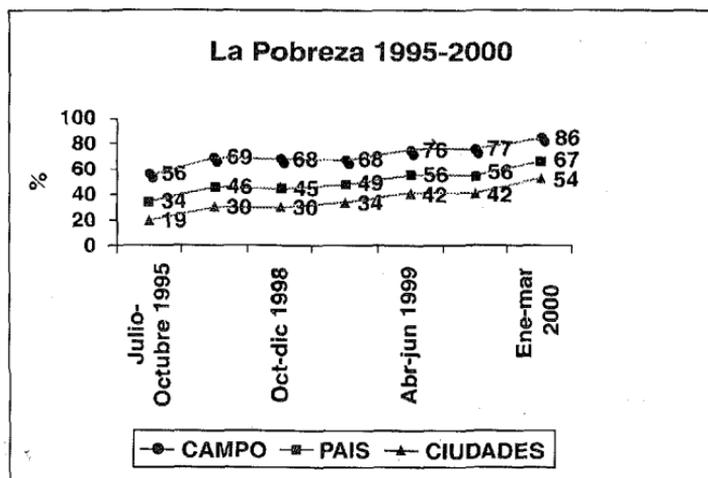


Figura 6.- Evolución de la pobreza en el Ecuador, según una muestra representativa (1995 - 2000).
(Tomada de la Rvta. Índice)

En años posteriores (Naranjo) se ha demostrado que las madres que dan a luz en las maternidades y hospitales del Estado, entre 30 y 40 % de ellas eran desnutridas y anémicas y consecuentemente daban a luz alrededor del 15% de niños de bajo peso, con menos de 2.500 gramos; muchos de ellos con signos de desnutrición crónica.

Lo más grave es que los niños que habitan en esos lugares pobres e indigentes no solo que no alcanzan, ni el peso, ni la talla "normales" para la edad sino que su cerebro no se desarrollará en forma apropiada. La desnutrición no permite que llegue al cerebro, las cantidades necesarias de nutrientes, el déficit de glóbulos rojos determinan que no llegue la cantidad indispensable de oxígeno a un órgano como el cerebro que es uno de los que consume la más alta proporción de este elemento. En dos fases sucesivas hasta los dos y cuatro años, el cerebro se desarrolla anatómicamente a condición de

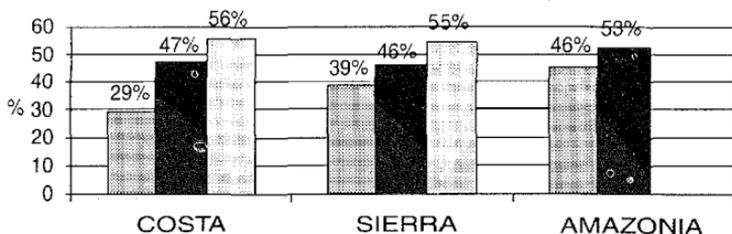


Figura 7.- Evolución de la indigencia en las tres regiones del Ecuador (1995, 1998 y 1999).
(Tomada de la Rvta. Índice)

disponer de los nutrientes necesarios. Además los niños de lugares pobres no gozan de condiciones psicológicas, como estimulación temprana de modo que su desarrollo intelectual queda disminuido para el resto de su vida.

La quinua figura entre los alimentos de menor precio y con todas las extraordinarias cualidades nutritivas que ofrece debería tener sitio preferencial en la alimentación de todos pero, principalmente de las clases sociales pobres e indigentes y en especial de las madres embarazadas y los infantes y los niños. Es preciso desarrollar programas de educación alimentaria poniendo énfasis en el gran valor nutricional de la quinua.

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Chenopodiaceas. Produce un pseudo cereal que consiste en un grano muy menudo de forma esférica. La quinua fue domesticada en la región andina en donde actualmente se cultivan algunas variedades.

Según Max Uhle la domesticación podría haber comenzado hace 5000 años a.C y su cultivo fue extendiéndose hasta la sabana bogotana por el norte y la isla Chiloé, por el sur (Chile) y el norte de Argentina. El consumo parece que ya estuvo generalizado por el 3000 a.C y como su principal forma de preparación fue la sopa, implica que el mayor consumo se produjo después de la invención de la olla de cerámica (Valdivia 4000 – 3000 a.C).

Los españoles que, dejando atrás los trópicos, se aventuraron hacia las regiones altoandinas se encontraron con nuevos alimentos nativos, como la quinua, la papa y otros tubérculos. El maíz ya les era familiar desde su de-



sembarco en las islas del Caribe, en donde el cereal de América tenía precisamente ese nombre, que los españoles lo internacionalizaron. En nuestro país se llamaba sara.

La quinua no fue muy grata al paladar de los españoles y sobre todo muy pronto surgieron ciertos prejuicios y hasta prohibiciones religiosas, pues algunos sacerdotes descubrieron que los aborígenes no solo eran entusiastas consumidores de quinua sino que rendían cierto culto al pseudo cereal, por tratarse de un alimento ofrecido por las divinidades para el sustento de los humanos. Por estas y otras razones los españoles desestimaron el cultivo de la quinua.

Durante los últimos cuarenta años, la quinua ha ido despertando, cada vez más, el interés de los químicos, los nutricionistas, los dietólogos y en general de la población, pues se encontró que la quinua tenía una proporción de proteínas superior al arroz, al maíz, al trigo y otros cereales y que además la proporción de proteínas, grasas e hidratos de carbono, era bastante balanceada en relación a los requerimientos del ser humano.

Pero la gran sorpresa se produjo cuando los químicos pudieron determinar el contenido en micronutrientes, es decir en ácidos aminados esenciales, ácidos grasos esenciales y se hicieron, además, las pruebas biológicas para demostrar el valor biológico de la quinua. Se encontró que las proteínas de la quinua eran bastante menos incompletas que las de los cereales y los granos leguminosos. Más todavía que la composición química, en aminoácidos, era más cercana a la leche de la madre que lo que sucede con la leche de la vaca y que justificaba el hecho de que las madres aborígenes desmamanaban a sus hijos con papilla u otra preparación de quinua. El valor biológico de la quinua es tan alto como el de las carnes y desde luego, muy superior a todos los otros alimentos vegetales.

En años recientes se ha descubierto que la quinua es el alimento vegetal más rico en ácidos grasos omega-3 que son constituyentes de las neuronas.

Un buen aporte de estos ácidos al feto y niño menor contribuye al mejor desarrollo del cerebro. Todo esto permite considerar a la quinua como el mejor alimento natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- ANTUNEZ DE MAYOLO, S.: La Nutrición en el Antiguo Perú. Banco Central de Reservas del Perú. 187 pp. Lima, 1981.
- 2.- BARRIOS, B. I. DE: Mil delicias de la quinua, Ed. Quelco, Oruro (Bolivia), 1997.
- 3.- BIERI, J.G.: Vitamina E.: En Nutrición Reviews Present Knowledge in Nutri. Com. 5ta. Edition. The Nutrition Fond. Washington, D.C., 1984.
- 4.- BONAVIA, D.: Dieta prehistórica a base de estudios de coprolitos. Boletín de Lima 7 (38): 4-6, 1985.
- 5.- CARDOZO, A.: Estudio comparativo del valor nutritivo de la torta de palma africana, quinua y leche descremada en polvo. Tesis Turrialba, Costa Rica, IICA, 1959.
- 6.- CARCER Y DISDIER, M. dc: Apuntes para la Histia de la Transculturación Indoeuropea. Instituto de Histia, México, 1953.
- 7.- CASAS, B. de las: Apologética Histia (1550). En Obras Escogidas. Ed. Atlas. (Biblioteca de Autores españoles-105. Madrid, 1958).
- 8.- CASTRO-GONZALEZ, M.: Acidos grasos omega-3: beneficios y fuentes. Interciencia 27:128-136, 2002.
- 9.- CIEZA DE LEON, P.: La Crónica del Perú. I. Edición Vedia. Histiadores primitivos de las Indias. Madrid. Tomo II. 1879.
- 10.- COBO, B.: Histia del Nuevo Mundo. Ed. Atlas. (Biblioteca de Autores Españoles 91-92). (1653). 2 vols. Madrid, 1964.
- 11.- DIAZ DEL CASTILLO, B.: Histia Verdadera de la Conquista de la Nueva España. Genardo García.- México. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. 1904.
- 12.- DUKE, J.A. Y ATCHLEY, A.: CRC Handbook of Rruximate Analysis of plants. CRC Press Boca Ratón, FL. (USA), 1986.
- 13.- ESPINOSA, A.J.: et al. Comunicación sobre algunas propiedades de la quinua. (Chenopodium quinoa) en Ayacucho. In: Convención de Quenopodiáceas, 1ª. Puno, Perú Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1968. PP. 109-118.
- 14.- ESTRELLA, E.: El pan de América. Tercera Edición. FUNDACYT, Quito, 1994.
- 15.- FENWICK, D.E. y OAKENFULL, D.: Saponin content of food plants and some prepared foods. Y. Sc of Food and Agric 34. 186, 1983.
- 16.- FREID, M.: Comidas del Ecuador. Recetas Tradicionales para gente de hoy. Imprenta Mariscal, Quito, 1986.
- 17.- GANDARILLAS, H.: En Quinua y Kañiwa; Ed. M. Tapia, Editial ICA. Bogotá 1979.
- 18.- GARCILASO DE LA VEGA: Comentarios Reales (1609). Ed. Sopena. Barcelona 1972.
- 19.- GARCILASO DE LA VEGA: Histia General del Perú (1609). Ed. Sopena. Barcelona 1972.
- 20.- GUAMAN POMA DE AYALA: F.: Nueva Crónica y Buen Gobierno (1615). Ed. Artes. (Col. Ayacucho-75) 429 pp. Caracas, 1980.
- 21.- HUMBOLDT, A.: Cuadros de la Naturaleza. Imprenta de Gaspar Madrid, 1876.
- 22.- HUMBOLDT, F. A.: Geografía de las plantas o Cuadro físico de los Andes Equinociales de los países vecinos. Traducción del francés por Jorge Lozano. Seminario del Nuevo Reino de Granada, Tomo II. Bogotá, 1942.
- 23.- HUNZIKER, A.T.: Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. Buenos Aires, ACME, Agency. 1952, pp. 1-104.

- 24.- KOZIOT, M. J.: Composición Química. En Quinoa, hacia su cultivo comercial. Edit. Por C. Whali. Latinreco. Imprenta Mariscal, Quito, 1990.
- 25.- LATINRECO, S.A.: Quinoa hacia su cultivo comercial. Impta. Mariscal Quito, 1990.
- 26.- LOPEZ, J.: Evaluation of the protein quality of Quinoa by protein efficiency ratio., biological values and amino acid composition. Tesis. Logan, Utha State University 1973.
- 27.- MARROQUI, A. S.: Dos cultivos olvidados de importancia agro industrial. Arch. Latinoame. Nutrición. 23: 11, 1989.
- 28.- MENDOZA, H. MARQUEZ DE CAÑARTE.: Provisión del Gobierno Superior del 20 de septiembre de 1577. Revista del Archivo Histórico del Cuzco 4 (4): 61-63. 1953.
- 29.- MURRA, J.: Formaciones económicas y políticas del mundo andino. Lima, Instituto de Estudios Peruanos. 1975.
- 30.- NARANJO, P.: Desnutrición: problemas y soluciones. Unidad Editorial del IESS. Editorial Olmedo, Quito, 1985.
- 31.- NARANJO P.: Saber Alimentarse. Ministerio de Educación y Cultura. Edit. El Conejo, Quito, 1991.
- 32.- NÚÑEZ, L.: La Agricultura Prehistórica en los Andes Meridionales. Edit. Universidad del Norte, Editorial Orbe. 1970.
- 33.- ORDÓÑEZ, DELIA DE.: Cocinemos con Kristy. Tomos II. Segunda Edición. Impta. Don Bosco, Quito, 1997.
- 34.- PATIÑO, V.M.: Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Imprenta Departamental. 601 pp. Cali, 1965.
- 35.- PERALTA, F.: La quinoa, un gran alimento. Boletín Divulgativo N. 175. INIA. Quito, 1985.
- 36.- PIZARRO, P.: Relación del Descubrimiento y Conquista del Perú (1572) Ed. Universidad Católica. 277 pp. Lima, 1978. 15
- 37.- REVISTA "INDIA". SIISE y UNICEF, M: 1 Quito, 2002.
- 38.- SMOCKIEWZC, M.A.y COLAB: Micro determination of steroid and triepnen saponin glyco sides in varios plant material. Mikrochínica Acta 2:43, 1982.
- 39.- TAPIA, M.: Avances en las investigaciones en el Banco de Germoplasma de Quinoa, In: Curso sobre el cultivo de quinoa. Fondo Simón Bolívar, IICA. Min. de Alimentación, Universidad, Puno, Perú, 1977.
- 40.- TAPIA, M. y COLAB: La quinoa y la Kañiwa. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá, 1979.
- 41.- UHLE, M.: La arqueología de Arica y Tocta. Sociedad Ecuatiana de Estudios Históricos 3: 1 - 48. Quito, 1919
- 42.- VALDIZAN, H. y MALDONADO, A.: La Medicina Popular Peruana. Contribución al Foleklöre. Médico del Perú. Imprenta Torres Aguirre. 3 vols. Lima, 1922.
- 43.- VASQUEZ DE ESPINOSA, A.: Compendio y Descripción de las Indias Occidentales (1614). Ed. Atlas. 577 pp. (Biblioteca de Autores Españoles-231). Madrid, 1969.
- 44.- VELASCO, J. de: Compendio y Descripción de las Indias Occidentales (1614). Ed. Atlas. 577 pp. (Biblioteca de Autores Españoles - 231). Madrid, 1969.
- 45.- WAHLI, CH. y COLAB.: Quinoa hacia su cultivo comercial. Latinreco. Impta. Mariscal, Quito, 1989.

APÉNDICE

Quinua y culinaria

Los aborígenes andinos, en razón de los productos agrícolas que disponían, eran comedores principalmente de sopas. La quinua sirvió para preparar una variedad de sopas y la culinaria moderna ha seguido esta tendencia. Pero la quinua es producto muy versátil, con la que se pueden preparar una variedad de platos, guisos, galletas, panes y muchas golosinas.

En la sierra ecuatiana, donde se produce y consume la quinua el plato frecuente es la sopa.

Como en sitios donde actualmente no se consume la quinua, hay interés de parte de muchas familias por preparar algún plato, se indican seguidamente unas pocas recetas ecuatianas y otras bolivianas.

La receta más común para preparar la sopa es la que a continuación se describe, pero cada familia la modifica a su gusto particular.

SOPA DE QUINUA (Para 5 personas)

Ingredientes:

Agua 1,5 litros *	Maní 80 gm.
Quinua 200 gm.	1 tallo de cebolla blanca
Carne de chanco 200 gm.**	1 cucharadita de aceite
Leche 100 cc	5 gotas de aceite de achote
3 papas medianas	Sal, pimienta

* En vez de 1 1/2 litros de agua puede utilizarse parcialmente leche.

** En vez de carne puede utilizarse queso.

Preparación:

Al agua que está hirviendo se le agrega la carne de chanco, cortada en pequeños pedazos y luego se agrega la quinua.

La quinua que se adquiere en los mercados no siempre está bien desamargada y limpia, por lo cual es aconsejable procesarle por unos segundos en la licuadora, a baja velocidad, con un poco de agua. El líquido se

desecha. Puede repetirse el procedimiento. Luego se agrega el refrito, que generalmente se prepara con cebolla blanca bien picada a la que se agrega el ajo molido, más 5 gotas de aceite o manteca de achote y una cucharadita de aceite.

A continuación se agrega la salsa de maní, que se prepara con el maní tostado y pelado y procesado en la licuadora, con leche.

Por fin se agregan las papas peladas y cortadas en pequeños pedazos.

Cocinar hasta que la carne, las papas y la quinua estén suaves. Hay que mover la preparación para que no se asiente.

Por último se ajusta la sal y se condimenta con pimienta blanca.

Delia de Ordóñez, en su conocido libro: "COCINEMOS CON KRISTY" tiene la siguiente receta.

SOPA DE QUINUA (Plato típico)

Ingredientes:

1/2 libra de quinua bien lavada	sal, pimienta y comino al gusto
1/2 libra de carne de choncho o res	2 litros de agua
2 cucharadas de cebolla blanca picada	1 taza de leche
1 onza de maní tostado	1 libra de papas
1/2 cucharadita de manteca roja (achote)	2 dientes de ajo molidos

Preparación:

Hervir el agua con la carne cortada en pedazos pequeños, agregar la quinua y cocinar hasta que estén suaves tanto la carne como la quinua.

Calentar la mantequilla y freír la cebolla y el ajo, añadir el maní licuado con la leche, mezclar y poner la manteca roja, sal, pimienta y comino. Esta salsa incorporar a la sopa junto con las papas peladas y cortadas en cuatro o seis pedazos, según el tamaño de la papa. Hervir hasta que estén suaves las papas.

Si la sopa estuviera muy espesa, agregar un poco de leche.

Michelle Fried, por su parte, en su obra "COMIDAS DEL ECUADOR: RECETAS TRADICIONALES PARA GENTE DE HOY" trae la siguiente receta:

SOPA DE QUINUA CON QUESO

Ingredientes:

- 1 1/3 tazas de quinua escogida y lavada
- 1 1/2 litros de agua
- 1 1/2 onzas de maní tostado y molido o
- 2 cucharadas de mantequilla de maní

Refrito:

- 1 cucharada de mantequilla color – achote
- 1 taza de cebolla blanca picada
- sal, pimienta
- 1/2 taza de crema de leche
- 1 taza (4 onzas) de queso blanco desmenuzado

Preparación:

Para escoger la quinua: escoger, sacando todas las basuras grandes, suciedades, piedras, etc., pero no los granos de quinua negros o rojos. Poner en un cernidor o en un harnero y remover con la mano para que baje algo de tierra.

Para lavar la quinua: licuar en una cantidad de agua equivalente a dos veces la de la quinua, a la velocidad más baja; prender y apagar muchas veces durante segundos o hasta que se llene de espuma; cernir y vaciar la quinua en el cernidor, colocado en un tazón lleno de agua; remover con la mano; las "camisas" flotan y se las bota; la tierra baja al fondo del tazón, seguir lavando en nuevas aguas según el mismo proceso 3 a 5 veces o hasta que el agua salga cristalina y la quinua, una sin "camisas", tenga un color habano.

Cocinar la quinua en el agua por 15 minutos en olla de presión, 45 minutos en olla común o hasta que la quinua haya absorbido bastante agua y esté abierta y suave.

Preparar el refrito: calentar la mantequilla con la color, añadir las cebollas y freír a fuego lento hasta que las cebollas estén transparentes; añadir la sal y pimienta.

Licuar una tercera parte de la quinua cocinada, con el maní, la leche, la crema y el refrito. Mezclar con la quinua y hervir a fuego lento por 5 minutos o hasta que espese.

Iñiguez de Barrios, autora boliviana, donde la quinua sirve para la preparación de una gran variedad de platos, en su libro "MIL DELICIAS DE LA QUINUA" trae más recetas para preparar no solo diversas sopas cuanto una variedad de panes, entremeses y entradas, platos nativos, albóndigas, budines, souffles, tortillas, tamales, galletas, postres, dulces, cremas, mermeladas, compotas, gelatinas, helados, masitas y tortas, refrescos y licores.

De entre las sopas, llamadas en BOLIVIA "ajés" transcribo la siguiente receta:

AJÍ DE QUINUA CON CARNE

Ingredientes:

3 tazas de quinua (grano)	1 pizca de comino
1/2 kilo carne pulpa	1/2 taza de aceite
3 cebollas	20 vainas de habas tiernas
1 locoto	8 ajés amarillos
1 tomate	sal a gusto
2 dientes de ajo	20 ramas de perejil
1 pizca de pimienta	

Preparación:

La quinua se lava bien y se pone a cocer en 15 tazas de agua, el ají limpio y molido finamente con los condimentos se hace dar unos hervores en una taza de agua, y dos cucharas de aceite; alternativamente se limpian y se pican las cebollas, tomate, locoto, ajo y tres ramitas de perejil y sal a gusto, se retuesta en la mitad del aceite mezclando con el ají, removiendo lentamente; la carne limpia se machaca y se pica en trocitos medianos. Se fríe en el saldo de aceite. Luego se agregan ambas preparaciones a la quinua caliente sazonando (sal a gusto) con las habas cocidas y el orégano limpio y bien estrujado, se mantiene en la temperatura unos 5 minutos, removiendo continuamente para evitar que se pegue, se deja reposar y se sirve con perejil finamente picado acompañado con papa blanca.

AJÍ DE QUINUA CON QUESO

Ingredientes:

3 tazas de quinua en grano	8 vainas ají colorado
3 cebollas	20 vainas de habas tiernas
1 locoto	1/2 cucharilla cominos
1 tomate	1 cucharilla orégano
2 dientes ajo	sal a gusto
1/2 taza aceite	20 ramas perejil
3 quesos	

Preparación:

En un recipiente adecuado se pone a cocer la quinua lavada en 15 tazas de agua, los ajíes se limpian y se muelen con los condimentos. Se pone a cocer en 1/2 taza de agua y tres cucharas de aceite; seguidamente se limpian y se pican las cebollas, locoto, tomate, ajo y 2 ramitas de perejil y se fríen en el resto del aceite agregando a la preparación anterior, las papas mondadas y las habas limpias, se hace cocer por separado con una colilla de cebolla y sal a gusto; se quita el agua y se mezcla con la quinua cocida más todos los demás preparados, sazonando con sal a gusto y el orégano limpio y estrujado; se dejan 5 minutos en temperatura removiendo lentamente; luego se deja reposar y se sirve poniendo el queso en rallas y decorando con perejil picado. Se puede servir también con rodajas de huevos duros sustituyendo al queso.

Hay que anotar que los bolivianos gustan del ají y toman sus comidas muy picantes. Después de los mexicanos, los bolivianos siguen en orden descendente en el consumo de este condimento, a continuación vienen los peruanos y los ecuatianos.

Por consiguiente para otros países fuera de Bolivia, las recetas hay que practicarlas con menor cantidad de ají.

Del amplio repertio culinario, tomo como ejemplo las dos siguientes recetas:

PASTEL DE QUINUA AL HORNO

Ingredientes:

6 tazas de quinua cocida	1/2 taza leche en polvo
1/2 taza aceite	1 cuchara de azúcar
4 tazas pan molido	4 cucharas royal
2 quesos	1/2 cuchara amoníaco
3 huevos	sal a gusto
3 vainillas ají amarillo	

Preparación:

A la quinua aplastada se le agrega la mitad del aceite, 3/4 parte del pan, royal, amoníaco y leche más el ají molido cocido y sal. Se baten los huevos con el resto del pan, royal, amoníaco y el aceite más el azúcar formando una pasta cremosa; agregando la mitad a la quinua mezclando muy bien. En un molde adecuado enmantecado y enharinado se pone una capa de preparado de quinua cubriendo con rallas de queso y una capita de pasta, se repite éstas capas las veces que sean necesarias terminando con la quinua. Se hornea en temperatura regular y a medio dorarse se saca y se baña con el resto de la pasta. Una vez bien dorada y reposada se sirve por tajadas.

TORTA DE MOKA DE QUINUA

Ingredientes:

1/2 taza harina quinua	3 cucharas aceite Saó
1/2 taza harina yuca	3 cucharillas royal
1 1/2 taza harina blanca	1/8 cucharilla amoniaco
1 taza de azúcar	1/2 libra nuez picada
1 taza leche diluida	6 huevos
1 taza cocoa	1 pizca sal

Preparación:

Las harinas de quinua y blanca tamizadas se mezclan con la harina de yuca, royal, amoníaco y sal; por separado se baten las yemas con el azúcar formando una pasta cremosa, luego se mezclan todos los ingredientes líquidos y sólidos, finalmente las claras batidas a punto nieve; se depositan en moldes preparados y se hornea en temperatura regular.

En razón del alto valor nutritivo de la quinua sería aconsejable popularizar su empleo, sobre todo para la alimentación de los niños.

Mutaciones Nuevas del Gen *NF2* en Meningiomas y Neurinomas de población ecuatoriana

**Dra. Paola E. Leone^{1,2}, Dr. Julio Enríquez³, Dr. Enrique Hermida⁴,
Dra. Mónica Pérez⁵, Dr. César Paz y Miño^{1,2}**

¹Laboratorio de Genética Molecular y Citogenética Humana, Departamento de Ciencias Biológicas, ²Unidad de Genética, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. ³Hospital Baca Ortiz. ⁴Hospital Carlos Andrade Marín. ⁵Hospital Eugenio Espejo.

Dirección para correspondencia:

Paola E. Leone, Ph.D. Laboratorio de Genética Molecular y Citogenética Humana.
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Apartado 17-1-2184. Quito, Ecuador.
E-mail: pleone@puceuo.puce.edu.ec
Telefax: 256 5627 Ext. 1193

RESUMEN

Se identificaron tres mutaciones nuevas en el gen supresor del tumor *NF2* en un panel de 57 tumores del sistema nervioso central. El análisis fue realizado empleando las técnicas del Polimorfismo en la Conformación de la Cadena Sencilla y Heterodúplex en los productos amplificados por la Reacción en Cadena de la Polimerasa provenientes de ADN's extraídos de tumores y su respectiva muestra de linfocitos de sangre periférica. Las mutaciones involucraron a los exones 9 y 12, correspondiendo a mutaciones silenciosas, de sentido falso y en el sitio de corte.

PALABRAS CLAVE: Gen *NF2*, mutaciones nuevas, Meningioma esporádico, Neurinoma esporádico, PCR, SSCP-H, Secuenciación

ABSTRACT

Three novel mutations were identified in the *NF2* tumor suppressor gene in a panel of 57 tumors of the central nervous system. Screening was performed using a combination of single-strand conformation polymorphism and heteroduplex analyses on polymerase chain reaction-amplified DNA from tumors and matched peripheral blood lymphocytes. Mutations involved exons 9 and 12, and they corresponded to one polymorphism, one missense and one splice acceptor.

KEY WORDS: *NF2* gene, novel mutations, sporadic meningioma, sporadic schwannoma, PCR, SSCP-H, Sequencing.

INTRODUCCION

La Neurofibromatosis Tipo 2 (NF2) es una enfermedad de transmisión autosómica dominante que predispone al desarrollo de múltiples tumores del sistema nervioso, principalmente meningiomas y neurinomas. La incidencia de NF2 es aproximadamente 1:40,000 con 95% de penetrancia, y los tumores asociados a este síndrome también pueden presentarse de forma esporádica. El gen *NF2* se localizó en el cromosoma 22 por estudios de delección y mapas de ligamiento (Seizinger et al., 1987; Rouleau et al., 1987), y fue aislado utilizando métodos de clonación posicional (Rouleau et al., 1993; Trofatter et al., 1993). El gen está constituido por 16 exones, más uno de corte y empalme alternativo en algunos tejidos. Este codifica una proteína de 595 aminoácidos llamada "merlín" o "schwanomina", que muestra gran homología con proteínas de la familia de unión a actina-F tales como talina, ezrina, radixina y moesina (Arakawa et al., 1994; Bianchi et al., 1994; Jacoby et al., 1994; Pykett et al., 1994). Se ha postulado que las proteínas de esta familia intervienen en la mediación de interacciones entre la membrana celular y el citoesqueleto (Conboy et al., 1986; Gould et al., 1989; Funayama et al., 1991; Lankes and Furthmayr 1991; Sato et al., 1992; den Bakker et al., 1995; Scoles et al., 1998).

El gen *NF2* tiene varias características de un gen supresor de tumor; se ha demostrado en meningiomas y neurinomas de pacientes *NF2* la pérdida del alelo no mutado, y se han descrito mutaciones somáticas junto con la pérdida de heterocigosis en 22q que caracteriza a las formas esporádicas de estos tipos de neoplasias, tales como cáncer de mama, cáncer colorectal, melanoma, mesotelioma y ependimoma (Rouleau et al., 1993; Arakawa et al., 1994; Bianchi et al., 1994, 1995; Bourn et al., 1994, 1995; Irving et al., 1994; Jacoby et al., 1994, 1996; Lekanne-Deprez et al., 1994; MacCollin et al., 1994, 1996; Pykett et al., 1994; Rubio et al., 1994; Rutledge et al., 1994, 1996; Sainz et al., 1994, 1995, 1996; Twist et al., 1994; Honda et al., 1995; Joseph et al., 1995; Mérel et al., 1995a, 1995b; Papi et al., 1995; Rustgi et al., 1995; Sekido et al., 1995; Birch et al., 1996; De Vitis et al., 1996a, 1996b; Kluwe et al., 1996a, 1996b, 1998; Mautner et al., 1996; Parry et al., 1996; Welling et al., 1996; Kehrer-Sawatzki et al., 1997; Chen et al., 1998; De Klein et al. 1998; Ehlers and Fashsold, 1998a, 1998b; Leone et al. 1998a, 1998b, 1999). En la mayoría de los casos las mutaciones reportadas son únicas. Un conocimiento más amplio sobre las mutaciones de este gen, puede contribuir a un entendimiento mejor del proceso de formación del tumor en neoplasias esporádicas y asociadas a *NF2*. A continuación presentamos la descripción de mutaciones somáticas del gen supresor de tumor *NF2* determinadas por la aplicación del Polimorfismo en la Conformación de la Cadena Sencilla (SSCP) y Heterodúplex del ADN basado en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) en un panel de tumores del sistema nervioso central.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sangre y tumor fueron obtenidas de 57 pacientes con tumor de sistema nervioso central: 24 meningiomas, 4 neurinomas, 3 ependimomas, 15 astrocitomas, 6 oligodendrogliomas, 3 glioblastomas y 2 neurileomas. Las muestras de ADN genómico obtenidas de sangre periférica y tejido tumoral fueron amplificadas con cebadores específicos para los exones 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 15 utilizando cebadores y condiciones especificadas por Rouleau et al. y Twist et al. (Rouleau et al., 1993; Twist et al., 1994). Los productos de PCR fueron analizados seguidamente por el Polimorfismo en la Conformación de la Cadena Sencilla (SSCP) en geles de poliacrilamida de diferente concentración de acrilamida y *N,N'*-metilenbisacrilamida (49:1) y la adición o ausencia de glicerol. Los

geles fueron teñidos con nitrato de plata (Bender et al., 1994). Los casos que presentaron bandas con un patrón alterado de migración electroforética fueron reamplificadas por PCR. El ADN fue utilizado como molde en las reacciones de secuenciación con los mismos cebadores empleados en la PCR y secuenciados con un secuenciador modelo 373A (ABI PRISM™ Dye Terminator Cycle Sequencing Core kit: con una Polimerasa AmpliTaq®, FS, Perkin Elmer).

RESULTADOS Y DISCUSION

Nosotros hemos encontrado cambios del gen NF2 en 6 muestras que corresponden a 5 meningiomas esporádicos (20,83%) y a un neurinoma esporádico (25%). Los cambios son: gIVS 5+1G>A (Cambio en el sitio de corte 3' - Splice donar) en dos meningiomas; g459C>G (Nonsense - Sin sentido) en un meningioma; g816T>A (Silenciosa - Silent) en un neurinoma; g1159A>G (Sentido Falso - Missense) en un meningioma y gIVS11-1G>T (Cambio en el sitio de corte 5' - Splice acceptor) en un meningioma. Los últimos tres cambios no han sido descritos previamente en la literatura. Estos corresponden a una mutación de sentido falso, una mutación en el sitio de corte y a una mutación silenciosa, una transversión T → A en el codon 272 en el exón 9. La Tabla 1 muestra un resumen de los datos principales correspondientes a las tres mutaciones y la Figura 1 muestra las secuencias encontradas. La mutación de splice donar se ha descrito únicamente en pacientes NF2 (Rouleau, et al. 1993) pero no en meningiomas esporádicos.

TABLA 1. Mutaciones somáticas en el gen supresor de tumor NF2 en meningiomas y neurinomas esporádicos

CASO	EXON	CODON	CAMBIO BASE		MUTACION
S-520	9	272	ACT → ACA	Thr → Thr	Silenciosa (Silent)
M-2194	12	387	AAG → GAG	Lys → Glu	Sentido Falso (Missense)
M-2466	12	375 -1	agAT → atAT		Sitio de Corte (Splice acceptor)

S = Neurinoma, M = meningioma.

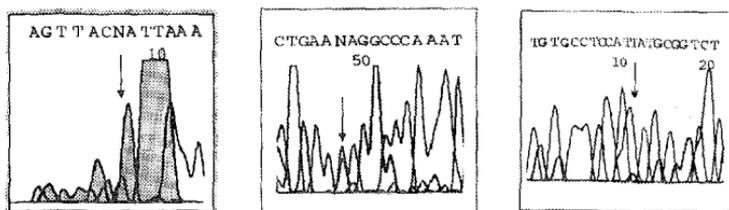


Figura 1.- a Análisis de la secuencia de ADN del gen *NF2* de una mutación T→A, en un neurinoma (S-520). b. Análisis de la secuencia de ADN del gen *NF2* de una mutación de sentido falso a→G: Lys →Glu en un meningioma (tumor M-2194). c. Análisis de la secuencia de ADN del gen *NF2* de una mutación en el sitio de corte g→t, en un meningioma (tumor M-2466).

Las mutaciones encontradas en dos casos de meningiomas, fueron en el exón 12. Las mutaciones de este exón son muy frecuentes en el gen *NF2*. La mutación encontrada en el neurinoma fue en el exón 9. Muy pocas mutaciones se han descrito en este exón.

El aminoácido alterado en la mutación de sentido falso es Lys 387 a Glu, el cual está conservado en Merlín de *Mus musculus* (Hasse et al. 1994) y en Radixina de cerdo (Rouleau et al. 1993); el cambio nucleotídico (polimorfismo) que afecta al codón 272 es conservado en *Mus musculus* (Hasse et al. 1994).

Los datos presentados confirman que la inactivación del gen *NF2* participa en el desarrollo de un subgrupo de meningiomas y neurinomas esporádicos.

Nishi et al. investigaron patrones de corte y empalme en tumores astrocíticos; dos de siete glioblastomas expresaron significativamente niveles altos de transcritos pequeños, lo que sugiere que mutaciones genómicas o procesos aberrantes de corte y empalme del gen *NF2* pueden contribuir a la progresión de gliomas malignos (Nishi et al., 1997). En este análisis del gen *NF2* en otros tumores del sistema nervioso central no se evidenció la participación de este gen como un factor etiológico en Ecuador.

Los resultados sugieren que deben realizarse nuevas investigaciones para completar la caracterización del espectro de mutaciones del gen *NF2* lo cual permitirá definir la variabilidad genética de las poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó dentro del Proyecto BID-Fundacyt-PUCE No. 111. Agradecemos al Instituto de Investigaciones Biomédicas (CSIC – Es-

pañña) por la colaboración al realizar las secuenciaciones automáticas durante la pasantía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Arakawa H., Hayashi N., Nagase H., Ogawa M., Nakamura Y. 1994. Alternative splicing of the NF2 gene and its mutation analysis of breast and colorectal cancers. *Hum. Mol. Genet.* 3: 565-568.
- 2.- Bender B., Wiestler OD., von Deimling A. 1994. A device for processing large acrylamide gels. *Biotechniques* 16: 204-206.
- 3.- Bianchi AB., Hara T., Ramesh V., Gao J., Klein-Szanto AJP., Morin F., Menon AG., Trofatter JA., Gusella JF., Seizinger BR., Kley N. 1994. Mutations in transcript isoforms of the neurofibromatosis 2 gene in multiple human tumour types. *Nat Genet* 6: 185-192.
- 4.- Bianchi AB., Mitsunaga SI., Cheng JQ., Klein WM., Jhanwar SC., Seizinger B., Kley N., Klein-Szanto AJP., Testa JR., 1995. High frequency of inactivating mutations in the neurofibromatosis type 2 gene (NF2) in primary malignant mesotheliomas. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 92: 10854-10858.
- 5.- Birch BD., Johnson JP., Parsa A., Desai RD., Yoon JT., Lycette CA., Li YM, Bruce JN. 1996. Frequent type 2 neurofibromatosis gene transcript mutations in sporadic intramedullary spinal cord ependymomas. *Neurosurgery* 39: 135-140.
- 6.- Bourn D., Carter SA., Mason S., Evans DGR., Strachan T., 1994. Germline mutations in the NF2 tumour suppressor gene. *Hum. Mol. Genet.* 3: 813-816.
- 7.- Bourn D., Evans G., Mason S., Tekes S., Trueman L., Strachan T., 1995. Eleven novel mutations in the NF2 tumour suppressor gene. *Hum. Genet.* 95: 572-574.
- 8.- Chen HJ., Teng HC., Li SS. 1998. Molecular characterization of germline mutations in neurofibromatosis 2 in two families. *J. Formos Med. Assoc.* 12: 869-872.
- 9.- Conboy J., Kan YW, Shohet SB., Mohandas N., 1986. Molecular cloning of protein 4.1, a major structural element of the human erythrocyte membrane skeleton. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 83: 9512-9516.
- 10.- Den Bakker MA., Riegman PHJ., Hekman RACP., Boersma W., Janssen PJA., van der Kwast TH., Zwarthoff EC., 1995. The product of the NF2 tumour suppressor gene localizes near the plasma membrane and is highly expressed in muscle cells. *Oncogene* 10: 757-763.
- 11.- De Klein A., Riegman PHJ., Bijlsma EK., Heldoorn A., Muijtjens M., den Bakker MA, Avezaat CJJ., Zwarthoff EC. 1998. A G/A transition creates a branch point sequence and activation of a cryptic exon, resulting in the hereditary disorder neurofibromatosis 2. *Hum. Mol. Genet.* 7: 393-398.
- 12.- De Vitis LR., Tedde A., Vitelli F., Ammannati F., Mennonna P., Bigozzi U., Montali E., Papi L., 1996a. Screening for mutations in the neurofibromatosis type 2 (NF2) gene in sporadic meningiomas. *Hum. Genet.* 97: 632-637.
- 13.- De Vitis LR., Tedde A., Vitelli F., Ammannati F., Mennonna P., Bono P., Grammatico B., Grammatico P., Radice P., Bigozzi U., Montali E., Papi L. 1996b. Analysis of the neurofibromatosis type 2 gene in different human tumors of neuroectodermal origin. *Hum. Genet.* 97: 638-641.

- 14.- Ehlers C., Fashold R., 1998a. Gene symbol: NF2, Disease: Neurofibromatosis 2. *Hum. Genet.* 102: 252.
- 15.- Ehlers C., Fashold R., 1998b. Gene symbol: NF2, Disease: Neurofibromatosis 2. *Hum. Genet.* 103: 374.
- 16.- Evans DGR., Huson SM., Donnai D., Neary W., Blair V., Newton V., Harris R., 1992. A clinical study of type 2 neurofibromatosis. *Q J Med.* 84: 603-618.
- 17.- Funayama N., Nagafuchi A., Sato N., Tsukita S., Tsukita S., 1991. Radixin is a novel member of the band 4.1 family. *J Cell Biol.* 115: 1039-1048.
- 18.- Gould KL., Bretscher A., Esch FS., Hunter T., 1989. cDNA cloning and sequencing of the protein-tyrosin kinase substrate, ezrin, reveals homology to band 4.1. *EMBO J* 8: 4133-4142.
- 19.- Hasse VH., Trofatter JA., MacCollin M., Tarttelin E., Gusella JF., Ramesh V. 1994. The murine NF2 homologue encodes a highly conserved merlin protein with alternative forms. *Hum. Mol. Genet.* 3: 407-411.
- 20.- Honda M., Arai E., Sawada S., Ohta A., Niimura M., 1995. Neurofibromatosis 2 and neurilemmomatosis gene are identical. *J Invest Dermatol* 104: 74-77.
- 21.- Irving RM., Moffat DA., Hardy DG., Barton DE., Xuereb JH., Maher ER., 1994. Somatic NF2 gene mutations in familial and non-familial vestibular schwannomas. *Hum. Mol. Genet.* 3: 347-350.
- 22.- Jacoby LB., MacCollin M., Louis DN., Mohny T., Rubio MP., Pulaski K., Trofatter JA., Kley N., Seizinger B, Ramesh V., Gusella JF. 1994. Exon scanning for mutation of the NF2 gene in schwannomas. *Hum. Mol. Genet.* 3: 413-419.
- 23.- Jacoby LB., MacCollin M., Barone R., Ramesh V., Gusella JF, 1996. Frequency and distribution of NF2 mutations in schwannomas. *Gene Chromosome Canc.* 17: 45-55.
- 24.- Joseph JT., Lisle DK., Jacoby LB., Paulus W., Barone R., Cohen ML., Roggendorf WH., Bruner JM., Gusella JF., Louis DN. 1995. NF2 gene analysis distinguishes hemangiopericytoma from meningioma. *Am J. Pathol.* 147: 1450-1455.
- 25.- Kehrer-Sawatzki H., Udart M., Krone W., Baden R., Fahsold R., Thomas G., Schmucker B., Assum G. 1997. Mutational analysis and expression studies of the neurofibromatosis type 2 (NF2) gene in a patient with a ring chromosome 22 and NF2. *Hum. Genet.* 100: 67-74.
- 26.- Kluwe L., Mautner VF. 1996a. A missense mutation in the NF2 gene results in moderate and mild clinical phenotypes of neurofibromatosis type 2. *Hum. Genet.* 97: 224-227.
- 27.- Kluwe L., Bayer S., Baser ME., Hazim W., Haase W., Fünsterer C., Mautner VF. 1996b. Identification of NF2 germ-line mutations and comparison with neurofibromatosis 2 phenotypes. *Hum. Genet.* 98: 534-538.
- 28.- Kluwe L., MacCollin M., Tatagiba M., Thomas S., Hazim W., Haase W., Mautner VF. 1998. Phenotypic variability associated with 14 splice-site mutations in the NF2 Gene. *Am J. Med. Genet.* 77: 228-233.
- 29.- Lankes WT., Furthmayr H., 1991. Moesin: a member of the protein 4.1-talin-czrin family proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88: 8297-8301.
- 30.- Lekanne-Deprez RH., Bianchi AB., Groen AB., Seizinger BR., Hagemeyer A., van Drunen E., Bootsma D., Koper JW., Avezant C.JJ., Kley N., Zwarthoff EC. 1994. Frequent NF2 gene transcript mutations in sporadic meningiomas and vestibular schwannomas. *Am J. Hum. Genet.* 54: 1022-1029.

- 31.- Leone PE., Bello MJ., Mendiola M., Vaquero J., Sarasa JL., Kusak ME., De Campos JM., Pestana A., Rey JA., 1998a. Six novel mutations in the NF2 tumor suppressor gene. *Int J. Oncol.* 12: 935-938.
- 32.- Leone PE., Bello MJ., Mendiola M., Kusak ME., De Campos JM., Vaquero J., Sarasa JL., Pestana A., Rey JA., 1998b. Allelic status of 1p., 14q., and 22q and NF2 gene mutations in sporadic schwannomas. *Int. J. Mol. Med.* 1: 889-892.
- 33.- Leone PE., Bello MJ., De Campos JM., Vaquero J., Sarasa JL., Pestaña A., Rey JA., 1999. NF2 gene mutations and allelic status of 1p., 14q and 22q in sporadic meningiomas. *Oncogene* 18: 2231-2239.
- 34.- MacCollin M., Ramesh V., Jacoby LB., Louis DN., Rubio M., Pulaski K., Trofatter JA., Short MP., Bove C., Eldridge R., Parry DM., Gusella JF. 1994. Mutational analysis of patients with neurofibromatosis 2. *Am. J. Hum. Genet.* 55: 314-320.
- 35.- MacCollin M., Braverman N., Viskochil D., Rutledge M., Davis K., Ojemann R., Gusella J., Parry DM. 1996. A point mutation associated with a severe phenotype of neurofibromatosis 2. *Ann Neurol* 3: 440-445.
- 36.- Martuza RL., Eldridge R., 1988. Neurofibromatosis 2. *N Engl. J. Med.* 318: 684-688.
- 37.- Mautner VF., Baser ME., Kluwe L., 1996. Phenotypic variability in two families with novel splice-site and frameshift NF2 mutations. *Hum. Genet.* 98: 203-206.
- 38.- Mérel P., Hoang-Xuan K., Sanson M., Bijlsma EK., Laurent-Puig P., Pulst SM., Rouleau GA., Lenoir GM., Sterkers JM., Philippon J., Resche F., Mautner V., Fischer G., Hulsebos TJM., Aurias A., Delattre O., Thomas G. 1995a. Screening for germline mutations in the NF2 gene. *Genes Chromosom Cancer* 12:117-127.
- 39.- Mérel P., Hoang-Xuan K., Sanson M., Moreau-Aubry A., Bijlsma EK., Lazaro C., Moisan JP., Resche F., Nishisho I., Estivill X., Delattre JY., Poisson M., Theillet C., Hulsebos T., Delattre O., Thomas G. 1995b. Predominant occurrence of somatic mutations of the NF2 gene in meningiomas and schwannomas. *Genes Chromosom Cancer* 13: 211-216.
- 40.- Nishi T., Takeshima H., Hamada K., Yoshizato K., Koga H., Sato K., Yamamoto K., Kitamura I., Kochi M, Kuratsu J., Saya H., Ushio Y., 1997. Neurofibromatosis 2 gene has novel alternative splicings which controls intracellular protein binding. *Int J Oncol* 10: 1025-1029.
- 41.- Papi L., De Vitis LR., Vitelli F., Ammannati F., Mennonna P., Montali F., Bigozzi U., 1995. Somatic mutations in the neurofibromatosis type 2 gene in sporadic meningiomas. *Hum. Genet.* 95: 347-351.
- 42.- Parry DM., MacCollin MM., Kaiser-Kupfer MI., Pulaski K., Nicholson HS., Bolesta M., Eldridge R., Gusella JF. 1996. Germ-line mutations in the neurofibromatosis 2 gene: correlations with disease severity and retinal abnormalities. *Am. J. Hum. Genet.* 59: 529-539.
- 43.- Pykett MJ., Murphy M., Harnish PR., George DL. 1994. The neurofibromatosis 2 (NF2) tumor suppressor gene encodes multiple alternatively spliced transcripts. *Hum. Mol. Genet.* 4: 559-564.
- 44.- Rouleau GA., Wertelecki W., Haines JL., Hobbs WJ., Trofatter JA., Seizinger BR., Martuza RL., Superneau DW., Conneally PM., Gusella JF. 1987. Genetic linkage of bilateral acoustic neurofibromatosis to a DNA marker on chromosome 22. *Nature* 329: 246-248.
- 45.- Rouleau GA., Merel P., Lutchman M., Sanson M., Zucman J., Marineau C., Hoang-Xuan K., Demezuk S., Desmaze C., Plougastel B., Pulst SM., Lenoir G., Bijlsma E.,

- Fashold R., Dumanski J., deJong P., Parry D., Eldridge R., Aurias A., Delattre O., Thomas G. 1993. Alteration in a new gene encoding a putative membrane-organizing protein causes neurofibromatosis type 2. *Nature* 363: 515-521.
- 46.- Rubio MP., Correa KM., Ramesh V., MacCollin MM., Jacoby LB., von Deimling A., Gusella JF., Louis DN. 1994. Analysis of the neurofibromatosis 2 gene in human ependymomas and astrocytomas. *Cancer Res.* 54:45-47.
- 47.- Rustgi AK., Pimney D., Sterner C., Beauchamp R., Schmidt S., Gusella JF., Ramesh V. 1995. The neurofibromatosis 2 gene in human colorectal cancer. *Cancer Genet Cytogenet* 84: 24-26.
- 48.- Rutledge MH., Sarrazin J., Rangaratnam S., Phelan CM., Twist E., Merel P., Delattre O., Thomas G., Nordenskjöld M., Collins VP., Dumanski JP., Rouleau GA. 1994. Evidence for the complete inactivation of the NF2 gene in the majority of sporadic meningiomas. *Nat. Genet.* 6: 180-184.
- 49.- Rutledge MH., Andermann AA., Phelan CM., Claudio JO., Han FY, Chretien N., Rangaratnam S., MacCollin M., Short P., Parry D., Michels V., Riccardi VM., Weksberg R., Kitamura K., Bradburn JM., Hall BD., Propping P., Rouleau GA. 1996. Type of mutation in the neurofibromatosis type 2 gene (NF2) frequently determines severity of disease. *Am. J. Hum. Genet.* 59: 331-342.
- 50.- Sainz J., Huynh DP., Figueroa K., Ragge NK., Baser ME., Pulst SM. 1994. Mutations of the neurofibromatosis type 2 gene and lack of the gene product in vestibular schwannomas. *Hum. Mol. Genet.* 3: 885-891.
- 51.- Sainz J., Figueroa K., Baser ME., Mautner VF., Pulst SM. 1995. High frequency of nonsense mutations in the NF2 gene caused by C to T transitions in five CGA codons. *Hum. Mol. Genet.* 4: 137-139.
- 52.- Sainz J., Figueroa K., Baser ME., Pulst SM. 1996. Identification of three neurofibromatosis type 2 (NF2) gene mutations in vestibular schwannomas. *Hum. Genet.* 97: 121-123.
- 53.- Sato N., Funayama N., Nagafuchi A., Yonemura S., Tsukita S., 1992. A gene family consisting of ezrin, radixin and moesin; its specific localization at actin filament/plasma membrane association sites. *J. Cell. Sci.* 103: 131-143.
- 54.- Scoles DR., Huynh DP., Morcos PA., Coulsell ER., Robinson NGG., Tamanoi F., Pulst SM. 1998. Neurofibromatosis 2 tumour suppressor schwannomin interacts with bll-spectrin. *Nat. Genet.* 18: 354-359.
- 55.- Seizinger BR., De la Monte S., Atkins L., Gusella JF., Martuza RL. 1987. Molecular genetic approach to human meningioma: loss of genes on chromosome 22. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 84: 5419-5423.
- 56.- Sekido Y., Pass HI., Bader S., Mew DJY., Christman MF., Gazdar AF., Minna JD. 1995. Neurofibromatosis type 2 (NF2) gene is somatically mutated in mesothelioma but not in lung cancer. *Cancer. Res.* 55: 1227-1231.
- 57.- Trofatter JA., MacCollin MM., Rutter JL., Murrell JR., Duyao MP., Parry DM., Eldridge R., Kley N., Menon AG., Pulaski K., Haase VH., Ambrose CM., Muntroc D., Bove C., Haines JL., Martuza RL., MacDonald ME., Seizinger BR., Short MP., Buckler AJ., Gusella JF. 1993. A novel moesin-, ezrin-, radixin-like gene is a candidate for the neurofibromatosis 2 tumor suppressor. *Cell.* 72: 791-800.
- 58.- Twist EC., Rutledge MH., Rousseau M., Sanson M., Papi L., Merel P., Delattre O., Thomas G., Rouleau GA. 1994. The neurofibromatosis type 2 gene is inactivated in schwannomas. *Hum. Mol. Genet.* 3: 147-151.

- 59.- Welling DB., Guida M., Goll F., Pearl DK., Glasscock ME., Pappas DG., Linticum FH., Rogers D., Prior TW, 1996. Mutational spectrum in the neurofibromatosis type 2 gene in sporadic and familial schwannomas. Hum. Genet. 98: 189-193.

Uso de tres métodos de diagnóstico (Morfología, Isoenzimas y PCR) para la diferenciación entre *Taenia solium* y *Taenia saginata*.

Dr. R. Rodríguez¹, Dr. W. Benítez^{1,2}, Dr. D. Geysen³,
Dr. J. Brandt⁴, Dr. S. Geerts³ y Dr. P. Dorny³

1. Centro Internacional de Zoonosis (CIZ), Universidad Central del Ecuador (UCE).
2. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UCE).
3. Instituto de Medicina Tropical (IMT), ambers-Bélgica.

RESUMEN

En este estudio se han probado tres métodos de diagnóstico (morfología, isoenzimas y PCR), mismos han posibilitado la diferenciación diagnóstica entre *T. solium* y *T. saginata*. De 25 muestras analizadas por estos métodos, todas excepto una, mostraron similitud en el diagnóstico. Entre isoenzimas y PCR, no hubo diferencia en el diagnóstico no así, en morfología en donde se encontró una muestra de *T. solium* con características de *T. saginata*. Los métodos utilizados comúnmente en morfología e isoenzimas han sido comparados con PCR, método desarrollado en esta investigación, mismo es sensible y altamente específico en la diferenciación de *T. solium* y de *T. saginata*. En morfología y isoenzimas, se necesita muestras bien conservadas no así, en PCR, donde la exigencia de la calidad de las muestras es mínima. No obstante, la morfología es el método de elección por su bajo costo y disponibilidad de equipos, características que, para isoenzimas y para PCR son sus principales limitantes.

Palabras claves: Morfología, Isoenzimas, PCR, *Taenia solium*, *Taenia saginata*, 12s rDNA mitocondrial.

INTRODUCCION

Taenia saginata (Goeze, 1782), y *Taenia solium* (Linnaeus 1758) son tenias que parasitan el intestino delgado del hombre. *T. saginata* es un parásito cosmopolita, mientras que *T. solium* se la encuentra en países en vías de desarrollo, donde las medidas de higiene y cría de cerdos permite el desarrollo de esta parasitosis. *T. solium* ha sido erradicada de los países industrializados por las medidas de higiene y control adoptadas, no así *T. saginata* que sigue siendo endémica.

El diagnóstico diferencial entre los adultos de *T. solium* y de *T. saginata*, se basa principalmente en la comparación de las diversas estructuras anatómicas presentes en estos parásitos, mismas son evidenciadas por coloración (tabla I).

Tabla I: Diferencias morfológicas entre *T. solium* y *T. saginata* OMS, (1983).

Característica	<i>Taenia solium</i>	<i>Taenia saginata</i>
CUERPO		
Largo (m)	1.5 - 10	4 - 12
ancho (mm)	7 - 10	12 - 14
Proglótidos (número)	700 - 1000	1000 - 2000
ESCÓLEX		
Diámetro (mm)	0.6 - 1	1 - 2
Ventosas	4	4
Rostelo	Presente	ausente
Ganchos (número)	22 - 32	ausente
PROGLOTIDOS MADUROS		
Testículos (número)	375 - 575	800 - 1200
Ovario (número de lóbulos)	3	2
Esfínter vaginal	ausente	Presente
PROGLOTIDOS GRAVIDOS		
Útero (número de ramas por lado)	7 - 20	14 - 35
OTRAS CARACTERÍSTICAS		
Manera de salir del hospedador	en grupo (pasivamente)	en grupo e individualmente (activamente y espontáneamente)
Hospedador definitivo	Hombre	Hombre
Hospedador intermediario	cerdo, jabalí, perro y hombre	Bóvidos
Ubicación de la <i>Taenia</i>	Duodeno	Híon
Ubicación del metacéstodo de <i>Taenia</i>	músculos esquelético y cardíaco, cerebro, ojo, tejido subcutáneo	músculo esquelético y cardíaco

Fuente: OMS (1983) complementado con los estudios realizados por Verster (1969); Proctor (1972); Muller (1975); acta y Szyfres (1986); Hendrix (1998); Hoberg et al., (2000) y Leos-Frank (2000)

Se han descrito varias técnicas de coloración como: el método de tinta china, hematoxilina-eosina, Semichon's Carmine que permiten establecer una diferencia entre las estructuras, (Morgan y Hawking 1949; Melvin y Brooke 1980 y Mayta et al., 2000).

El estudio bioquímico de las enzimas sobre geles, en electroforesis, se inició con el uso del gel de almidón, (Smithies 1955; Hunter y Markert 1957). La utilización de varios geles (de almidón, de poliacrilamida, de acetato de celulosa y de agarosa) en electroforesis, han desarrollado esta técnica. En estudios de céstodos, la utilización del gel de acetato de celulosa, ha permitido el establecimiento de una técnica fácil, rápida que no necesita de grandes cantidades de muestras y es preferida por la repetibilidad de experimentación; la principal desventaja, es que separa las proteínas por carga eléctrica y no por tamaño debido a la porosidad que posee el gel, Murphy, et al. (1996). Esta técnica se ha utilizado en el diagnóstico diferencial de enzimas presentes en los ténidos. Le Riche y Sewell, (1978) y Bâ (1995) señalan que, el uso de la enzima glucosa fosfato isomerasa, E.C.5.3.1.9 (GPI), permite diferenciar enzimáticamente a *T. solium* y *T. saginata*. Herbert y Beaton (1989) describen varios protocolos en la utilización de aloenzimas y los buffer respectivos, es así que, para GPI, indica la utilización de un buffer de pH8.5, y menciona también que en general, los buffer de pH alto producen mejores separaciones de variantes que los de pH bajo.

Se han utilizado métodos enzimáticos para clonar y manipular el ADN usando el PCR (Polymerase Chain Reaction). PCR es una técnica desarrollada por Mullis en 1983 y ha llegado a ser una herramienta útil de diagnóstico.

Todos los organismos celulares replican su propio ADN. La polimerasa, reconoce y une dos segmentos homólogos de ADN así como, a los desoxinucleótidos trifosfatos disponibles en el medio. Esta enzima utiliza la energía almacenada en los triple fosfatos, de esta manera, cataliza una reacción que permitirá la fusión de nucleótidos en una segunda hilera de ADN a partir de los "primers".

El PCR permite la amplificación exponencial de cadenas de ADN. La *Taq*-polimerasa es la enzima que permite realizar todo el proceso de PCR, es una enzima que soporta altas temperaturas y sintetiza miles de bases por minuto. Esta enzima fue aislada del *Thermus aquaticus*, una bacteria presente en las aguas termales, (Palumbi 1996).

Nickisch-Rosenegk et al., (1999) estableció la secuencia de un fragmento de 440 bases pareadas (bp) conocido como el segmento 12s rDNA mitocondrial a partir de 3 especies de céstodos (*Echinococcus multilocularis*, *Taenia taeniaeformis* y *Taenia martis*).

En el estudio realizado por Nickisch-Roseneck et al., (1999), utiliza dos primers altamente específicos para el género *Taenia* que permite la amplificación del fragmento 12s rDNA y, son conocidos como: 60.for. (5'-TTaaGaTaTaTGTGGTaCaGGa-TTaGaTaCCC-3') y 375.rev (5'-aaCC-GaGGGTGaCGGGCGGTGTGTaCC-3'). Los mismos autores señalan que, en los 13 céstodos utilizados en el estudio con alineamientos de 300 caracteres, el 50% del segmento es variable y solo una tercera parte de esta variabilidad permite realizar comparaciones filogenéticas entre los céstodos.

Mayta et al., (2000) y González et al., (2000) describen técnicas que permiten hacer estudios comparativos entre *T. solium* y *T. saginata* mismos muestran una clara diferenciación entre estos dos tenidos.

MATERIALES Y METODOS

Tenias y metacéstodos

Las tenias y metacéstodos utilizados en la experiencia provienen de 25 pacientes de diferentes regiones del Ecuador (Sierra: Quito, Imbabura y Carchi; Costa: Manabí). Estos pacientes fueron diagnosticados positivos a teniasis; el parásito fue recuperado después del tratamiento. En ausencia de parásitos adultos de referencia, se utilizaron metacéstodos de *T. solium* y de *T. saginata* de Senegal, Camerún y Ecuador como referencias, mismas se describen a continuación:

Tabla II: Descripción de las diferentes muestras utilizadas en el estudio

Código	Origen	Fecha	Hosp.	Código	Origen	Fecha	Hosp
E1	Quito/E	17/05/00	Hombre	E19	Imbabura/E	27/03/01	Hombre
E2	Imbabura/E	14/05/00	Hombre	E20	Imbabura/E	27/03/01	Hombre
E3	Imbabura/E	18/05/00	Hombre	E21	Quito/E	27/03/01	Hombre
E4	Quito/E	30/03/00	Hombre	E22	Quito/E	27/03/01	Hombre
E5	Quito/E	11/04/00	Hombre	E23	Quito/E	08/12/98	Hombre
E7	Quito/E	17/05/00	Hombre	E24	Quito/E	07/04/99	Hombre
E10	Imbabura/E	26/06/00	Hombre	E25	Quito/E	21/04/99	Hombre
E11	Imbabura/E	19/10/00	Hombre	E26	Quito/E	30/06/99	Hombre
E12	Imbabura/E	16/10/00	Hombre	E27	Quito/E	26/10/99	Hombre
E13	Manabí/E	14/02/01	Hombre	E28	Quito/E	26/00/01	Hombre
E14	Imbabura/F	15/02/01	Hombre	Muestras de referencia			
F15	Imbabura/E	20/02/01	Hombre	T.sag	Senegal	16/03/93	Hombre
E16	Imbabura/E	15/03/01	Hombre	CeE	Ecuador	08/07/83	Cerdo
E17	Carchi/E	15/03/01	Hombre	CcC	Camerún	06/12/85	Cerdo
E18	Quito/E	15/03/01	Hombre	CeH	India	15/12/81	Hombre
				Ccb	Ecuador	11/02/01	Bovino

T.sag = *T.saginata*; E = Ecuador; Cc = Metacéstodo de *T.solium*; Cb = Metacéstodo of *T.saginata*; H = hombre; C = Camerún; Hosp. = Hospedador

Conservación.- Las muestras utilizadas en el estudio morfológico y de PCR fueron conservadas en Etanol 70%. Las muestras destinadas al estudio enzimático se almacenaron a -20°C sin ningún tipo de conservante. Estas mismas muestras se utilizaron para la extracción del ADN.

Morfología (“Semichon’s Carmine”, Morgan y Hawkins 1949)

Esta técnica se basa principalmente en la relajación de los proglóti-dos en Etanol 10% por varias horas, se extiende por presión en dos placas de vidrio y se los fija en “aFa” (Etanol 95%, 50ml; Formaldehído 37%v/v, 10ml y ácido acético 2ml). La coloración con Semichon’s Carmine (ácido acético 50ml, agua destilada 50ml y rojo carmina en saturación) diluida en Etanol 70% fue dejada entre 8 y 24 horas dependiendo de la concentración del colorante, talla y grosor del espécimen. Se eliminó el exceso de colorante con lavadas de etanol de 20, 50 y 70% por 45 minutos cada una. La decoloración del espécimen se la realizó con ácido clorhídrico (0.5%v/v) hasta una coloración rosada. Seguidamente se deshidrató el espécimen con pasajes de etanol en concentración creciente. Posteriormente las muestras fueron clarificadas con Xilol y montadas en placas para ser observadas.

Isoenzimas (Herbert y Beaton 1989)

Preparación de muestras.

Se desintegró 3 mm³ de tenia en 50µl estabilizador enzimático (EDTA, 1 mMol; Dithiotrietol, 1 mMol y α -amino-u-ácido caprónico, 1 mMol), se centrifugó a 12000 g y se recuperó el sobrenadante el cual fue aplicado en el gel de acetato de celulosa (Titan III, Elena #3024) previamente humedecido en tampón fosfato de sodio 0.1 molar.

Electroforesis.

La cubeta de electroforesis, previamente llenada con tampón fosfato y recubierta los bordes con papel filtro, mismos facilitarán el paso de la corriente eléctrica. La lámina de gel de acetato de celulosa, previamente aplicada con 15µl de sobrenadante de cada muestra, es colocada de mane-

ra que el acetato de celulosa entre en contacto con la corriente eléctrica (200 voltios por 20 minutos) y que las aplicaciones migren en dirección cátodo – ánodo.

Reacción enzimática.

La solución de reacción enzimática de la fosfato glucosa isomerasa, GPI (E.C.5.3.1.9.) está formada por el Tris HCL pH 8.0, 2ml; NaD (adenosina difosfato de nicotina, Sigma #N-7381), 3ml; Fructosa-6- fosfato (Sigma #F-3627), 5 gotas; MTT (Dimethylthiazol diphenyltetrazolium, Sigma # M-2128), 5 gotas, mismos formaran una solución, a la que se adicionará, inmediatamente antes de su uso el PMS (Phenazine methosulphate, Sigma #P-9625), 5 gotas, G6PDH (Glucose-6-phosphate dehydrogenase, Sigma #G-8404) 10 μ l y, 3 ml de agar común, solución que será vertida sobre la lámina de acetato de celulosa. Los resultados se expresan por bandas de color violeta.

PCR

Extracción de aDN

El protocolo de extracción de aDN (modificado del descrito por Boom et al., 1990) se basa en el guanidinium (Gu-HCl: 6.0M Guanidinium-HCl pH7.5, 25 mM EDTa; Life Technologies, Merelbeke, Bélgica) asociado a una suspensión de diatomaceous earth (Sigma-aldrich, Bornem, Bélgica).

El buffer de Lisis consiste en 60mM de Tris-HCl pH7.4, 60mM de EDTa, 10% de Tween, 5mM de MgCl₂, 1% de Triton X-100 y 1.6M de Gu-HCl 2 veces concentrado. Se agregó 250 μ l de buffer del lisis más 250 μ l de milli-Q water (Millipore, Bruselas, Bélgica) y 50 μ l de Proteínasa K (20mg/ml, Roche Diagnostics, Bruselas, Bélgica) a 3 mm³ de cada muestra. Las Muestras fueron incubadas en un "Termomixer compact" (Eppendorf, Colonia, alemania) durante toda la noche a 60°C en agitación a 1400 rpm.

Posteriormente se adicionó 40 μ l de suspensión de diatomaceous earth, se mezcló vigorosamente durante dos segundos y se incubó por una hora a 37°C. Esta suspensión se centrifugó durante 20 segundos a 12000g. al pellet se adicionó 900 μ l etanol 70%v/v a 4°C. Se centrifugó nuevamente por 20 segundos y se desecho el sobrenadante. Este proceso se repitió una vez más con etanol y una vez con 900 μ l de acetona.

Finalmente, se secó el pellet en un Termoblock de baño seco (Barnstead/Thermolyne, Dubuque, EE.UU.) a 50°C durante 20 minutos; seguidamente se agregó 90µl TE pH8 (Tris 10mM, EDTa 1mM), seguido por una incubación de 20 minutos a 60°C en agitación a 1000 rpm en el Termomixer. Después de la centrifugación, 50µl del sobrenadante fueron transferidos a un nuevo tubo Eppendorf mismo, fue mantenido a 4°C o se almacenó a -20°C hasta su uso en la amplificación en el PCR.

PCR

El PCR se realizó con un volumen total de 25µl donde, 5µl provienen del extracto del ADN y 20µl de la solución de PCR que contiene 4.3µl de milli-Q water; 12.5µl de buffer (20mM de Tris-HCl pH8.4; 100mM de KCl; 0.2% de triton X-100, 3.3 mM MgCl₂); 2 µl de la mezcla de los cuatro trifosfatos deoxinucleotidos (dNTP, en concentración final de 0.2 mM); 0.4µl de cada primer y 0.4 unidades de Taq-polimerasa Silverstar, 50U/µl (Eurogentec, Seraing, Bélgica).

La amplificación fue desarrollada en un Termociclo PHC-3 (Techne, Cambridge, Reino Unido) a 94°C durante 4 minutos, seguido por 40 ciclos de 94°C durante 1 minuto (desnaturalización), 58°C por 1.5 minutos (hibridación) y 72°C durante 2 minutos (amplificación).

Cinco microlitros del producto amplificados junto con el marcador de 100 bp Gen Ruler™ (MBI Fermentas, GmbH, St.Leon-Rot, Alemania) fueron separados por electroforesis en un sistema Mupid-21 (Eurogentec, Seraing, Bélgica) en 2% w/v del agarosa y buffer de TaE (0.04M de Tris-acetato, 0.002M de EDTa) por 20 minutos a 100 voltios. El gel fue coloreado con Bromuro de Ethidium (Sigma-aldrich, Bornem, Bélgica) durante 30 minutos. Los productos del ADN amplificado se visualizaron usando luz ultravioleta.

Primers

Se usaron los Primers T60F y T375R, descritos por Nickisch-Rosenegk et al., (1999) y los primers ITM12SR y ITMTR2, desarrollados en este estudio, para amplificar la región del gen 12s rDNA.

Los primers fueron diseñados con la ayuda de los siguientes programas: amplify (B. Engels 1992) Right Primer, versión M1.25 (R.Isaac,

Biodesk, 1994). El programa Blast (Genbank <http://www.ncbi.nlm.gov/>) fue usado para verificar la especificidad de los primers contra todas las secuencias de ADN presente en el Genbank.

RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

La digestión por RFLP se realizó según las especificaciones técnicas de fabricante (Life Technologies, Merelbeke, Bélgica) usando 10 unidades de la enzima de restricción *DdeI* μg^{-1} , con $6\mu\text{l}$ de ADN amplificado en un volumen total de $15\mu\text{l}$. Los tubos, conteniendo la mezcla de reacción, fueron incubados por 4 h a 37°C .

Seis microlitros del producto digerido fue mezclado con $2\mu\text{l}$ de buffer de carga (loading buffer) y transferidos en un gel de poliacrilamida 10%. Un marcador de 100 bp fue incluido para la identificación del tamaño de las bandas.

El ADN se separó en un sistema de electroforesis "Mighty Small horizontal electrophoresis" (Amersham Pharmacia Biotech, Roosendaal, Países Bajos), en TBE (88mM de Tris, 89mM de ácido Bórico, 2mM de EDTa).

Se usó un Kit comercial "Plus One" (Amersham Pharmacia Biotech, Roosendaal, Países Bajos) para colorear el gel, mismo fue conservado en una lámina de plástico.

RESULTADOS

El trabajo de campo en Ecuador permitió la recolección de 25 especímenes de 23 portadores (dos portadores eliminaron dos diferentes tenias) de diferentes regiones del país, de las cuales 7 se analizaron en una primera etapa encontrándose 6 casos de *Taenia saginata* y un caso de *Taenia solium*. En una segunda etapa se estudiaron 18 tenias de las cuales 7 fueron *Taenia solium* y 11 *Taenia saginata*, analizadas por los métodos anteriormente descritos.

Todas las muestras analizadas fueron positivas a la especie correspondiente. No existieron resultados entre las muestras o entre las pruebas que hicieran confundir el diagnóstico salvo la muestra E18 que siendo positiva a *T. solium* para las tres pruebas, presentó la eliminación espontánea (migración a través del ano) de uno de sus proglótidos y, su escólex no presentó rostellum ni ganchos, características de *T. saginata*. En adición, las oncós-

feras produjeron cisticercosis en el cerdo con escólex armados (datos no publicados). En la tabla III, se describen los códigos y los resultados de los especímenes analizados en las pruebas de diagnóstico (Morfología, Isoenzimas y PCR).

Tabla III: Códigos y resultados de las pruebas diagnósticas

Código	Resultados		
	Morfología	Isoenzimas	PCR
E1	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E2	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E4	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E5	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E7	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E10	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E13	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E15	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E19	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E21	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E22	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E23	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E24	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E25	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E26	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E27	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E28	T.saginata	T.saginata	T.saginata
E18	T.sol/T.sag	T.solium	T.solium
E3	T.solium	T.solium	T.solium
E11	T.solium	T.solium	T.solium
E12	T.solium	T.solium	T.solium
E14	T.solium	T.solium	T.solium
E16	T.solium	T.solium	T.solium
E17	T.solium	T.solium	T.solium
E20	T.solium	T.solium	T.solium

Morfología.

Se realizó el tratamiento de 21 portadores, 18 tenias fueron recuperadas de las cuales se recolectaron 5 escólex, dos armados y 3 inermes. E18 fue diagnosticada como *T. solium* por los tres métodos utilizados; sin embargo, a la recuperación del escólex este, no mostró la presencia de ganchos.

En las muestras E1, E10, E13 y E19, se encontró la presencia del esfínter vaginal, característica que diferencia a la *T. saginata* de la *T. solium*.

La técnica de coloración "Semichon's carmine" permitió el diagnóstico de los especímenes. Para el caso de *T. solium* se encontró un promedio de 7 a 10 ramas uterinas unilaterales (Fig. I) y 16 a 23 en el caso de *T. saginata* (Fig. II).

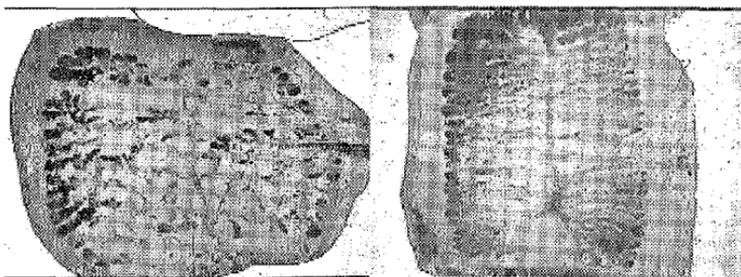


Fig. 1.- E11, proglótido grávido de *Taenia solium*
nata

Fig 2.- E9, proglótido grávido de *Taenia sagi-*
nata

Todos los pacientes que fueron diagnosticados portadores de *T. saginata* presentaron la eliminación espontánea (migración) de sus proglótidos grávidos. Un caso de *T. solium* (E18) reportó la eliminación espontánea de un proglótido grávido.

En los especímenes E14, E16 y E17 se encontró la presencia del lóbulo accesorio correspondiendo a *T. solium* y las muestras E13, E19, E20 y E21 demostraron la presencia de dos lóbulos en el ovario indicando ser *T. saginata*. En el resto de parásitos no se pudo establecer la presencia del ovario.

El tamaño de los especímenes adultos recuperados después del tratamiento varió entre un metro y 3 metros en el caso de *T. solium* mientras que, para *T. saginata* el tamaño promedio del estróbilo fue de 5 metros.

Isoenzimas.

La utilización de la GPI (Glucosa fosfato isomerasa) en el diagnóstico de teniasis permitió la diferenciación de *Taenia solium* y *Taenia saginata*. La migración de las isoenzimas es del cátodo hacia el ánodo. En la figura III se señalan la disposición de las bandas en el gel de acetato de celulosa y en la figura IV la disposición gráfica de las bandas.

La congelación y el etanol, permiten conservar las isoenzimas, sin embargo, la respuesta de las bandas no es la misma en todas las especies ni entre las diferentes pruebas; unas presentan unas manchas por el exceso de material que dificulta su diagnóstico, otras son normales fáciles de diagnosticar (E3, E11, E19, E16, E28, E20 y E28 y otras son relativamente débiles como es el caso de E13 y E24 (Fig. III).

De las muestras almacenadas en etanol y seleccionadas al azar se observó la presencia de isoenzimas salvo el caso de la muestra E18, donde no se observó ningún tipo de reacción. En las muestras E13 (etanol 70%) y E24 (etanol 100%) la respuesta enzimática es muy débil que no permite ser presentada en la figura III pero puede ser esquematizada en la figura IV.



Figuras III y IV.- El etanol representa una nueva alternativa de conservación de las isoenzimas (figura III y IV); E28 es una muestra conservada en congelación (control) E13 y E24 presentan resultados débiles E18 es negativa.

PCR

La utilización de los primers T60F y T375R descritos por Nickisch-Rosenegk, muestran una amplificación del segmento mitocondrial 12s rDNA de aproximadamente 360 bp y un segundo fragmento, en la mayoría de los especímenes utilizados, considerada como inespecífica a los tenidos, de aproximadamente 650 bp. En la figura V se indica el tamaño de los fragmentos así como, los resultados obtenidos en la amplificación a diversas temperaturas obteniéndose como mejor temperatura de hibridación, los 58°C Robocycler gradient 40 (Stratagene, amsterdam, Países Bajos).

Al hacer el análisis del primer universal para céstodos descrito por Kocher et al., (1989) (12s rDNA de 440 bp) se encontró que el primer T60F (5' 3') está fuera de las secuencias de los fragmentos descritos por Nickisch-Rosenegk et al., (1999) y Nakao (1999) mientras que el primer T375F (3' 5') es descrito por Nakao (1999). Al hacer el alineamiento entre el primer de Nakao con relación al segmento 12s rDNA, se encontró que había una diferencia en la tercera y veintisieteava base pareada. Un nuevo primer, el ITM12SR (5'-aaTCGaGG-GTgaCGGGCGGTGTGTaCa-3') fue desarrollado en base a estas diferencias, no obstante, los resultados fueron los mismos a los señalados en la figura V.

En la figura VI, se describen los resultados de RFLP del ADN amplificados con los primers T60F y T375R y, T60F e ITM12SR; donde se muestra la diferencia entre *T. solium* (un fragmento de aproximadamente 300 bp) y *T. saginata* (dos fragmentos de alrededor 157 y 163 bp). Los resultados muestran que E3, E11, E12, E14, E16, E17, E18, E20 corresponden al perfil de *T. solium*, mientras que, el resto de especímenes muestran la talla de fragmentos típicos de *T. saginata*. También se observan una gran cantidad de bandas inespecíficas que podrían dificultar el diagnóstico.

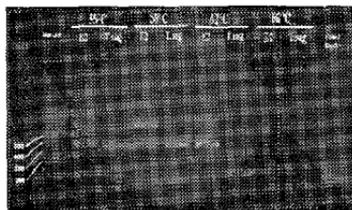


Fig. V.- Dos muestras fueron usadas para determinar la temperatura óptima de hibridación, a 58°C las bandas son observadas claramente. E2 muestra un segundo fragmento considerado como inespecífico.

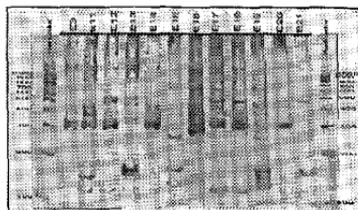


Fig. VI.- Dos muestras fueron usadas para determinar la temperatura óptima de hibridación, a 58°C las bandas son observadas claramente. E2 muestra un segundo fragmento considerado como inespecífico.

Con la ayuda del programa Blast, un nuevo primer fue desarrollado, el "ITMTR2" cuya secuencia es: 5'-TGaCGGGCGGTGTCTaCaTgAGTTa-3'; se creó eliminando las 9 primeras bp en la sección 5' y aumentando 8 bp en la sección 3' en relación al primer ITM12SR. Este primer fue sometido al mismo programa de Genbank mostrando la amplificación del segmento mitocondrial de los tenidos y no, otro código genético humano o de otro parásito del intestino del hombre que pudiera amplificar fragmentos inespecíficos.

En la figura VII, se observa la amplificación del segmento mitocondrial 12s rDNA hasta un tamaño aproximado de 360 bp y la presencia de un solo fragmento.

En la figura VIII, se señalan los resultados de RFLP de los segmentos amplificados con los primers T60F e ITMTR2. Estos resultados permiten observar de manera clara la disposición y tamaño de los fragmentos sin la presencia de segmentos inespecíficos.

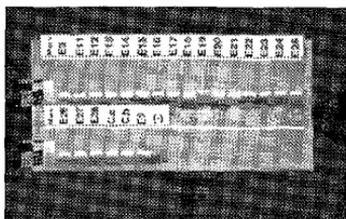


Fig. VII.- Amplificación del segmento mitocondrial 12s rDNA con la utilización de los primers T60F y ITMTR2

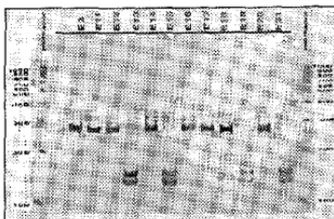


Fig. VIII.- La restricción enzimática con la enzima <<DdeI>> del segmento 12s rDNA amplificado con los primers T60F y ITMTR2 permite diferencias *T. solium* de *T. saginata*. No se observan bandas inespecíficas a tenia.

DISCUSIÓN

En Ecuador y el resto del mundo, el método más utilizado en el diagnóstico diferencial entre *T. solium* y *T. saginata* es la morfología del parásito, la cual ha sido descrita por Verster (1969). En muchos de los casos se ha observado confusiones en el diagnóstico diferencial, especialmente en cuanto el número de ramas uterinas por lado. La confusión se encuentra en los proglótidos grávidos con 12 a 14 ramas uterinas unilaterales para cada especie si no existe otro órgano en el parásito que permita hacer la diferenciación.

En el Ecuador, la aplicación de otras técnicas de diagnóstico como las isoenzimas por GPI y PCR ha sido difícil por la ausencia de laboratorios especializados y la falta de recursos económicos.

Este trabajo ha permitido evaluar las 3 pruebas de diagnóstico utilizadas en la diferenciación de los tenidos.

De las 25 muestras analizadas por morfología, sólo una, (E18), presentó características particulares que confundieron el diagnóstico entre *T. solium* y *T. saginata* por la presencia del escólex sin rostellum ni ganchos así co-

mo, la migración espontánea de uno de sus proglótidos. De las observaciones aberrantes observadas, cabe la posibilidad que se trate de cepas de *Taenia* sp. Por un lado las variaciones morfológicas no son comunes y por otro lado, se debe considerar que los céstodos que parasitan al hombre son hermafroditas y por lo general se encuentra un solo parásito (gusano solitaria) en el intestino humano. En los *Taeniidae* la existencia de cepas es común, así: en *Echinococcus granulosus* existe la cepa equina que no tiene importancia en salud pública pero si la cepa ovina que causa la hidatidosis en los ovinos y en el hombre (Beaver et al., 1984); en el caso de *Taenia taeniaeformis* hay cepas según su preferencia por el hospedador intermediario (Brandt y Sewell 1981) y, en asia se ha encontrado una cepa de *T. saginata* conocida como *Taenia asiática* o *T. saginata* taiwanensis, que no presenta características claras, no solamente por la especificidad del hospedador intermediario sino también por su morfología (Fan et al., 1995 y Fall et al., 1996).

En este trabajo, se realizó un número limitado de observaciones que no permite concluir sobre la existencia de cepas, no obstante, al diagnóstico morfológico de las estructuras externas del espécimen E18 se podría considerar como una cepa de *T. solium*. En el diagnóstico de PCR, en la fig. VII, las muestras E16 (*T. solium*) y E19 (*T. saginata*) se observa una variación en la amplificación del fragmento mitocondrial 12s rDNA, mismas tienen un tamaño de fragmento superior a los 360 bp lo que podría indicar la configuración genética diferente a las otras tenias, sin embargo en la figura VIII, no se observa diferencias de estos especímenes en relación a las otras. Esta variante queda como una inquietud para un futuro trabajo de investigación tendiente a buscar posibles cepas de *Taenia* sp. en Ecuador.

Mayta et al., (2000) no encontraron diferencias en la morfología de 24 especímenes recolectados y examinados. El trabajo descrito por Mayta está correlacionado con los estudios realizados en este trabajo donde, de todas las muestras analizadas de *T. solium* mostraron tener entre 7 y 10 ramas uterinas por lado y para el caso de *T. saginata* se observó la presencia de entre 16 y 23 ramas uterinas unilaterales.

Los resultados obtenidos por Le Riche y Sewell (1977) y Bâ (1995) concuerdan con los encontrados en este trabajo, donde la disposición de las bandas para *T. solium* está más cerca al punto de aplicación que de *T. saginata* que está un poco más alejada (Fig.: III y IV).

Nickisch y Roseneck et al., (1999), González et al., (2000), y Mayta et al., (2000) han utilizado diversas técnicas de PCR en el diagnóstico diferencial de los tenidos obteniendo resultados fáciles de interpretar. En nuestro trabajo se ha desarrollado un primer específico ITMTR2, que ha demostrado

realizar la amplificación de un segmento corto sin la presencia de bandas inespecíficas, a esto se suma su alta sensibilidad en el diagnóstico diferencial de estos dos tenidos en el laboratorio.

Las ventajas y desventajas de los métodos utilizados en esta investigación son (tabla IV): **Morfología**, es de bajo costo, relativamente rápida y fácil a aplicar. La mayoría de laboratorios tienen disponibilidad de equipos, materiales, reactivos y personal; la desventaja es que la sensibilidad y la especificidad son más bajas que los otros métodos. **Isoenzimas**, es una técnica rápida y fácil de realizar; pero el costo y la disponibilidad de equipos, materiales y reactivos no siempre están presentes en los laboratorios. Pueden haber confusiones causadas por la interpretación de las bandas en el gel de acetato de celulosa. **PCR**, es una técnica fácil y de alta sensibilidad y especificidad en el diagnóstico (100%); sin embargo, las desventajas de este método está dada por la falta de infraestructura, falta de tecnología en los laboratorios de diagnóstico, el costo de los equipos, materiales y, es una técnica que necesita tiempo de ser realizada. Todo esto dificulta su utilización en los países en vías de desarrollo.

La principal desventaja de la utilización de estos métodos, es el alto riesgo que conlleva la manipulación de material contaminante durante la preparación de las muestras antes de ser sometidos a las pruebas diagnósticas, como es el caso de *T. solium*, capaz de producir la (neuro)-cisticercosis en el hombre. En la tabla IV, se describen las ventajas y desventajas de los tres métodos utilizados.

Tabla IV: ventajas y desventajas de los tres métodos de diagnóstico utilizados en el estudio

	Morfología	Isoenzimas	PCR
Costo	Bajo	Medio	alto
Riesgo de manipulación (antes de proceso)	alta	alta	alta
Riesgo de manipulación (durante el proceso)	Medio	Baja	Baja
Tiempo de trabajo (horas aproximadas)	24	2	48
Especificidad e interpretación de resultados	alta	100%	100%
Disponibilidad de Equipos, materiales y reactivos	Fácil	Media	Difícil
Logística	Simple	Media	Complicada
Exigencia de las muestras	alta	Media	Baja

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento va dirigido a todas las instituciones y personas en Ecuador y Bélgica, que de una u otra manera intervinieron en la culminación exitosa de esta investigación. En especial a la Facultad de Medicina

Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador en la persona del Prof. Washington Benítez y, al Instituto de Medicina Tropical de Amberes-Bélgica en la persona del Prof. Jef Brandt.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Acha P.N. & Szyfres B. 1992. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 2 Edition pp. 1-989. Nueva Editorial Interamericana, Washington.
- 2.- Bâ Hamidou. 1995. Utilisation de l'électrophorèse à enzymes pour le diagnostic différentiel de différentes de Taenia. Travail de fin de année.Cours International de Santé et Production des animaux Tropicaux.Institut de Medicine Tropicale "Prince Lcopold" 1-7.
- 3.- Beaver P.C., Jung R.C. & Cupp E.W. 1984. Clinical Parasitology. 9th Edition pp. 527-543. Lea & Febiger, Philadelphia-USA.
- 4.- Boom R., Sol C.J.a., Salimans M.M.M., Jansen C.L., Wertheim-van Dillen P.M.E. & van der Noordaa J. 1990. Rapid and simple method for purification of nucleic acids. Journal of Clinical Microbiology 28: 495-503.
- 5.- Brandt J.R.a. & Sewell M.M.H. 1981. Varying infectivity of Taenia taeniaeformis for rats and mice. Veterinary Research Communications 5: 187-191.
- 6.- Fall E.H.M., Kumar V., Geerts S. & Salvoldi M. 1996. Comparison of single and trickle infections of pigs with eggs of the asian Taenia. Veterinary Parasitology 61: 231-237.
- 7.- Fan P.C., Lin C.Y., Chen C.C. & Chung W.C. 1995. Morphological description of Taenia saginata asiatica (cyclophyllidae: taeniidae) from man in asia. Journal of Helminthology 69: 299-303.
- 8.- González L.M., Montero E., Harrison L.J.S., Parkhouse R.M.E. & Garate T. 2000. Differential diagnosis of Taenia saginata and Taenia solium infection by PCR. Journal of Clinical Microbiology 38: 737-744.
- 9.- Hendrix C. 1998. Diagnostic Veterinary Parasitology. segunda Edition.
- 10.- Herbert P. & Beaton M. 1989. Methodologies for allozymes analysis using cellulose acetate electrophoresis. Helena Laboratories Edition pp. 1-31. Helena Laboratories, USA.
- 11.- Hoberg E.P., Jones a., Rausch R.L., Eom K.S. & Gardner S.L. 2000. a phylogenetic hypothesis for species of the genus Taenia (Eucestoda: Taeniidae). Journal of Parasitology 86: 89-98.
- 12.- Kocher T.D., Thomas W.K., Mayer a., Edwards S.V., Pääbo S., Villablanca F.X. & Wilson a.C. 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. Proceedings of the National academy of Sciences of the USA 86: 6196-6200.
- 13.- Le Riche P. & Sewell M. 1978. Differentiation of taeniid cestodes by Enzyme Electrophoresis. International Journal for Parasitology. 8: 479-483.
- 14.- Le Riche P.D. & Sewell M.M. 1977. Differentiation of Taenia saginata and Taenia solium by enzyme electrophoresis. Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 71: 327-328.

- 15.- Loos F.B. 2000. an up-date of Verster's (1969) 'Taxonomic revision of the genus *Taenia* Linnaeus' (Cestoda) in table format. *Systematic Parasitology* 45: 155-183.
- 16.- Mayta H., Talley a., Gilman R.H., Jiménez J., Verastegui M., Ruiz M., Garcia H.H. & González a.E. 2000. Differentiating *Taenia solium* and *Taenia saginata* infections by simple hematoxylin-cosin staining and PCR-restriction enzyme analysis. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 133-137.
- 17.- Melvin D. & Brooke M. 1980. Laboratory procedures for the diagnosis of intestinal parasites. pp. 127-131. Department of Health and Human services., U.S.
- 18.- Morgan B. & Hawkins P. 1949. *Veterinary Helminthology*. pp. 355-356. Burgess Publishing Company, Minneapolis -USA.
- 19.- Muller R. 1975. *a manual of medical helminthology*. pp. 43-51. Medical books limited., London-England.
- 20.- Murphy R., Sites J., Buth D. & Hauffer C. 1996. Proteins: Isoenzyme electrophoresis. In: *Molecular Systematics*, Edited by Hillis D., Moritz C. & Mable B. segunda Ed. pp. 51-120.
- 21.- Nakao.M. 1999. Mitochondrial small subunit rRNA genes in the Platyhelminthes. *Taenia solium* code: aB031357 y *Taenia saginata* code: aB031355 . <http://www.ncbi.nlm.gov/>. (In Press).
- 22.- Nickisch-Rosenegk M., Silva-González R. & Lucius R. 1999. Modification of universal 12 rDNA primers for specific amplification of contaminated *Taenia* spp. (cestoda) gDNA enabling phylogenetic studies. *Parasitology Research*. 85 : 819-825.
- 23.- OMS. 1983. Guidelines for surveillance prevention and control of taeniasis/cysticercosis. In: *Guidelines for surveillance prevention and control of taeniasis/cysticercosis*, Edited by Gemmel M., Matyas Z., Pawlowski Z. & Soulsby E. VPH/83.49 Ed. pp. 23-45.
- 24.- Palumbi S. 1996. Nucleic acids II; The polimerase chaing reaction. In: *Molecular Systematics*, Edited by Hillis D., Moritz C. & Mable B. segunda Ed. pp. 205-247.
- 25.- Proctor E.M. 1972. Identification of tapeworms. *South african Medical Journal* 46: 234-238.
- 26.- Verster a. 1969. *a taxonomic revision of the genus Taenia Linnaeus, 1758 S. str.* *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 36: 3-58.

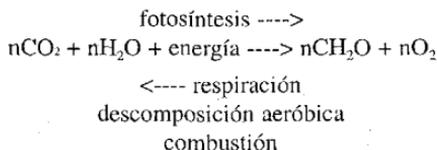


¿Y dónde está el carbono?

*Dr. Bruce Hoeneissen
Universidad San Francisco*

Hace unos quince años, en un viaje al Oriente, la guía naturalista nos dijo: "En el bosque tropical amazónico hay apenas diez centímetros de humus. El bosque vive del bosque. Cuando un árbol muere, se descompone, y sirve de sustento para una nueva generación de plantas". Y a renglón seguido: "El bosque tropical amazónico es el pulmón del planeta tierra. Produce el sesenta por ciento del oxígeno mundial". a lo cual le pregunté: "¿Y dónde está el carbono?".

Según me explicaron en el colegio, las plantas toman dióxido de carbono del aire, agua del suelo, y energía solar en forma de luz, y los convierten en carbohidratos, y en oxígeno que entregan a la atmósfera. Los carbohidratos forman la materia orgánica de la planta. Esta es la reacción de la fotosíntesis. Entonces por cada molécula de oxígeno que la planta entrega a la atmósfera debe quedar un átomo de carbono en la materia orgánica de la planta. Y si el bosque tropical amazónico produce el sesenta por ciento del oxígeno mundial (?) sin quedar humus en el suelo, ¿dónde está el carbono?



Hay tres alternativas en régimen permanente: el carbono puede ir al (1) aire, (2) agua, o (3) tierra. En la alternativa (1) el carbono regresa a la atmósfera como dióxido de carbono y no hay producción NETA de oxígeno. La alternativa (3) se descarta porque no se observa acumulación de humus en el bosque tropical amazónico. Nos queda, posiblemente, la alternativa (2), o sea el carbono es arrastrado por los ríos hasta el Océano atlántico. Seguramente alguien ya ha hecho esta investigación. Durante años he preguntado a expertos en la materia, pero no les entendí.

Veamos estas alternativas en más detalle. La información siguiente la he obtenido de interesantísimas discusiones con Carlos Fabara, Leonardo Corral y Jorge Barba.

alternativa (1). En la combustión (por ejemplo de leña o de hidrocarburos), en el proceso de respiración, y en el proceso de descomposición mediante bacterias aeróbicas, ocurre la reacción de la fotosíntesis en sentido inverso: el material orgánico reacciona con el oxígeno del aire produciendo energía en forma de calor, dióxido de carbono que libera a la atmósfera, y agua. Si el carbono regresa a la atmósfera en forma de dióxido de carbono no hay producción NETA de oxígeno: el oxígeno que la planta produce durante su vida es utilizado nuevamente en la descomposición aeróbica de la planta cuando muere.

alternativa (2). En la descomposición mediante bacterias anaeróbicas, los carbohidratos se descomponen en metano, liberan energía en forma de calor, y entregan carbono disuelto en agua en forma de ácido carbónico, bicarbonatos, carbonatos, y ácidos húmicos que son arrastrados por los ríos. Este carbono que llega al mar es fijado por las algas. Los ácidos húmicos dan el color oscuro a los ríos de la cuenca amazónica. El metano se descarga a la atmósfera ("gas de los pantanos"), o bien se polimeriza formando los yacimientos de petróleo, gas y carbón.

alternativa (3). Las plantas al morir se descomponen solo parcialmente formando el humus. El humus se acumula en las zonas de cuatro estaciones, o en la sierra del Ecuador, donde, a causa de la temperatura, las bacterias no logran descomponer toda la materia orgánica.

al fin ¿el bosque amazónico es, o no es, el pulmón de la tierra? Para encontrar la respuesta debemos descubrir ¿dónde está el carbono? Si el carbono no se queda como humus en el suelo, tal vez la lluvia lo arrastra y el río

Amazonas lo descarga en el Océano atlántico. De manera que nuestra pregunta puede responderse tomando unas muestras del agua del río Amazonas con un balde. Varios estudiantes de ecología tomaron muestras de agua de los ríos Napo (alto y bajo), San Francisco y Tiputini, y, bajo la tutela de Carlos Fabara, midieron la concentración de bicarbonato (0.71 mol/m^3) y de ácido carbónico (0.11 mol/m^3). Suponiendo que estas concentraciones son típicas del río Amazonas, y multiplicando por su caudal, obtenemos el carbono que el río anualmente descarga al Océano atlántico: 50 millones de toneladas. En total la cuenca amazónica fija aproximadamente 10 mil millones de toneladas BRUTAS de carbono al año. Sin embargo, como hemos visto, el 99.5% de este carbono regresa a la atmósfera debido a la descomposición aeróbica de las plantas al morir.

Las plantas terrestres del planeta fijan 70 mil millones de toneladas BRUTAS de carbono al año de las cuales alrededor del 90% regresa a la atmósfera debido a la descomposición aeróbica. Las plantas terrestres (excluidas por ignorancia las algas marinas) reciclan el 10% del dióxido de carbono atmosférico cada año. ¡Esto es sorprendente!

Las plantas se "alimentan" de dióxido de carbono. Recordemos que es posible "abonar" las plantas en un invernadero inyectando dióxido de carbono. La respiración de plantas y animales, la descomposición aeróbica, la combustión de hidrocarburos por la industria y los automotores, y los incendios forestales, producen dióxido de carbono. El equilibrio entre consumo y producción determina la concentración de dióxido de carbono. Debido a la deforestación y al aumento del consumo de energía de la humanidad, la concentración de dióxido de carbono aumentó de 0.0314% en 1957 a 0.0340% en 1982, lo que ocasionó un calentamiento de 0.3°C de la biosfera ¡en tan solo 25 años! Este es el "efecto invernadero". Esta tendencia continúa en forma acelerada hasta el día de hoy.

Hay un interesantísimo cálculo que podemos hacer. El sol nos entrega una potencia de luz y calor de 150 Watt por metro cuadrado horizontal, mediado sobre las 24 horas del día, la latitud y el clima. Sabiendo las toneladas brutas de carbohidratos que las plantas fijan al año, obtenemos el rendimiento promedio con que las plantas convierten la energía solar en energía química. El resultado de este cálculo es de aproximadamente 0.1% . Este es el rendimiento con que pueden producirse alimentos de origen vegetal con agricultura intensiva. El rendimiento para producir alimentos "caros" de ori-

gen animal es de solo 0.01%. Para una dieta rica en proteínas se destina una tercera parte de la tierra arable a la producción de alimentos de origen vegetal, y las dos terceras partes restantes a la producción de alimentos de origen animal. Una persona necesita 2500 kilo-calorías de alimentos cada día (equivalente a la potencia que consume una bombilla eléctrica de 120 Watt). Para ello cada persona requiere 2000 metros cuadrados de tierra arable cultivada en forma intensa. anotemos que un 7% de la canasta mundial de alimentos proviene de los océanos, ríos y lagos.

Por lo tanto el planeta Tierra puede alimentar como máximo a una población entre 10 y 20 mil millones (dependiendo de la calidad de vida). La población mundial fue de mil millones en el año 1800, 2 mil millones en 1925, 4 mil millones en 1974, y se calcula que llegará a 6 mil millones en el año 1999, y a ¡8 mil millones en el año 2023!

No quiero dar una falsa impresión. El límite alimenticio mencionado en el párrafo anterior es difícilmente sostenible. Consideremos por ejemplo el consumo de energía. Estamos utilizando energía solar almacenada durante centenas de millones de años en forma de carbón, petróleo y gas. Según estimaciones (no muy confiables) el carbón, petróleo y gas económicamente viables ¡se agotarán en un siglo! Supongamos que la humanidad tiene la sabiduría de NO utilizar fuentes de energía nucleares de fisión o fusión. El primer límite natural del planeta Tierra es entonces la energía solar que fijan las plantas. Una plantación forestal con árboles de crecimiento rápido tiene un rendimiento de aproximadamente 0.2%. Entonces, como ejemplo, se necesitan 5000 metros cuadrados de plantación forestal para proveer una potencia térmica de 1500 Watt a un habitante. Supongamos que la humanidad decide utilizar la mitad de los bosques como fuente de energía. Entonces una ESTIMACION de la población sustentable del planeta Tierra es 2 mil millones. (anotemos que cada uno de ellos podría obtener adicionalmente 750 Watt eléctricos como máximo de centrales hidráulicas, llegando así al consumo medio mundial actual de energía). ¡Y ya hemos sobrepasado en tres veces este límite sustentable a causa del consumo transitorio de hidrocarburos!

apliquemos estos datos al Ecuador. La superficie apta para la agricultura y ganadería es 12 millones de hectáreas según el INEFaN. Sin embargo menos de la mitad es fértil y no altamente erosionable. Tomando en cuenta que cada habitante requiere 2000 metros cuadrados intensamente cultivados, obtenemos una ESTIMACION de la población que el Ecuador podría poten-

cialmente alimentar bien: 30 millones. Sin embargo esta población no es sustentable. Como ejemplo consideremos la energía. Una vez que se agoten los hidrocarburos debemos utilizar una fuente de energía alternativa. La fuente natural es la energía solar que fijan las plantas. El Ecuador tiene 12 millones de hectáreas de bosques en su mayoría naturales. Para la siguiente estimación supondremos que 3 millones de hectáreas se destinan a plantaciones forestales artificiales para la obtención de energía. Dividiendo esta área para los 5000 metros cuadrados que necesita cada habitante, obtenemos una ESTIMACION de la población sustentable del Ecuador: 6 millones de habitantes. Estas cifras deben tomarse solo como una primera aproximación a un problema que es más complejo de lo que puede exponerse en tres o cuatro páginas.

a veces despierto de noche y pienso en el embrollo en que hemos metido a nuestros hijos. a veces pienso que hubiese sido mejor para la humanidad NO haber encontrado yacimientos de petróleo, carbón y gas. Otras veces, caminando por los páramos, admiro la sabiduría del modo de vida de las comunidades indígenas. ¡Cuánto he aprendido de un balde de agua!

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

"Principales Estadísticas Forestales del Ecuador". INEFAN, septiembre 1996.

Electrón: Comportamiento fisicoquímico

DR. LUIS A. ROMO S.
Sociedad Ecuatoriana de
Ciencias Exactas y Naturales

SUMARIO

El electrón es parte esencial de la estructura del átomo que se caracteriza por la carga elemental (e) que está asociada a una masa (m_e) que da lugar a lo que se denomina partícula elemental.

Las reacciones de oxidación-reducción dependen de la pérdida o ganancia de electrones de los átomos sujetos a ciertas reglas derivadas de la Electroquímica y de la Teoría Cuántica.

Esta contribución cubre el comportamiento físico de los electrones en materiales semiconductores y también en medio acuoso con la formación, bajo ciertas condiciones, del electrón solvatado. Se explica la naturaleza de las reacciones químicas más relevantes con la participación del electrón solvatado, ya sea como reactivo o producto.

Introducción.- El electrón que es una partícula de masas, $m = 9,100 \times 10^{-31}$ Kg y carga $l = 1,602 \times 10^{-19}$ coulombios es el radical aniónico más simple que se conoce y que participa en muchísimas reacciones químicas.^[1]

Un capítulo importante de la Electroquímica se refiere a las reacciones de oxidación-reducción en las que la pérdida y ganancia estequiométrica de electrones definen las características fisicoquímicas de reactivos y productos. Esta materia que se halla cubierta en muchísimos textos no es parte del tratamiento en este trabajo.

La investigación del comportamiento de electrones atrapados en ciertos sólidos covalentes que se movilizan dentro del retículo mediante la energía térmica ha contribuido al estudio y utilización de los sólidos semiconductores que han promovido los espectaculares progresos de la electrónica con sus múltiples aplicaciones para la modernización de la civilización. El otro tema de alta trascendencia científica se refiere a la formación y funciones que cumple el electrón solvatado en muchísimas reacciones químicas en el estado líquido. Los fundamentos de estos interesantísimos temas se dilucidan en esta contribución.

No se incluye en este trabajo las reacciones que se efectúan con iones y moléculas excitadas mediante el uso de radiación de alta energía generadas, ya sea directamente ($A \rightarrow A^*$) o más propiamente indirectamente mediante la neutralización de los iones formados $A \rightarrow A^+ + e^-$ o $A^- + e^- \rightarrow A^{2-} + A^*$ que incluyen la participación del electrón.

A.- Los Electrones en Compuestos Sólidos Covalentes.-

A.1.- Cuestiones Generales.- Los electrones se encuentran atados a los átomos, iones o moléculas mediante el potencial de atracción coulombiana en los núcleos que fluctúa alrededor de 10 eV. Cabe anotar que en los metales, los electrones libres no son parte de los átomos del retículo y por cierto que el potencial de unión es cero. Se considera generalmente que los electrones capturados en valles potenciales de variable profundidad y que algunos de estos valles representan la combinación química en átomos o moléculas aunque algunos son lugares de atrapamiento físico, ya sea en un líquido o un sólido.⁽²⁾

Cuando la energía térmica en los sólidos es suficiente para movilizar una alta concentración de electrones, se afirma que estos sólidos son semiconductores entre los que se incluyen algunos compuestos orgánicos[3]. Los electrones movilizados por la energía térmica generan una corriente eléctrica cuando se aplica al sistema un voltaje externo.

La conductividad electrónica S_e del sólido, se define mediante la ecuación:

$$\sigma_e = e \frac{v_d N_e}{\epsilon} \quad (1)$$

donde e es la carga del electrón, v_e es la velocidad (cm s^{-1}) del desplazamiento del electrón bajo el campo eléctrico e , (V) y N_e es la concentración de electrones movlizados. El cociente v_e/e representa la movilidad, expresada en $\text{cm s}^{-1} \text{V}^{-1}$.

En los sólidos semiconductores y aislantes, la conductividad eléctrica depende de la temperatura, razón por la que

$$\sigma(T) = \sigma_0 e^{-E_c/kT} \quad (2)$$

donde σ_0 es una constante, E_c es la energía de activación de la conductividad, k es la constante de Boltzmann y T es la temperatura absoluta. Cabe anotar que la conductividad de un semiconductor aumenta a medida que se incrementa la temperatura debido a la excitación térmica de los electrones a niveles más altos de energía. En cambio, la conductividad de los metales disminuye a medida que aumenta la temperatura debido al aumento de la dispersión de los electrones conductores por los átomos del retículo que adquieren más energía de vibración.^[4]

Los semiconductores poseen fotoconductividad cuando se someten a tratamiento con radiación de longitud de onda ℓ menor que la calculada partiendo del conocimiento de la energía de la discontinuidad de Fermi.

La ecuación 2 concuerda adecuadamente con la apreciación de que los electrones en un sólido semiconductor o aislante están atrapados en valles potenciales. Así, vale analizar la probabilidad de que un electrón penetre una barrera potencial rectangular considerando que por cierto el electrón dentro del valle potencial (zona 1) permanece libre. La ecuación de Schrodinger que concuerda con esta situación es

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi_1}{dx^2} - E \psi_1 = 0 \quad (3)$$

En la pared potencial (zona 2) actúa sobre el electrón el potencial constante V_0 , siendo la correspondiente ecuación de Schrodinger:

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi_2}{dx^2} + (E - V_0) \psi_2 = 0 \quad (4)$$



En la zona 3, detrás de la pared potencial, el electrón se torna nuevamente libre con la función de onda ψ_3 pues así, la ecuación 3 es válida y la probabilidad de que el electrón se encuentre en la zona 3, se calcula resolviendo las ecuaciones 3 y 4. El resultado es

$$P_{1,3} = \psi_1^* \psi_3 = e^{-2i(V_0 - E)\ell} \quad (5)$$

donde ℓ es el ancho de la barrera potencial. Resulta, en general, que cuando el potencial es una función arbitraria de las coordenadas, la probabilidad para la penetración del electrón es

$$P_{1,3} = e^{-2 \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{V(x) - E} dx} \quad (6)$$

Así, se aprecia que hay una probabilidad finita de que un electrón penetre una barrera potencial con energía mayor que la de su propio nivel energético. Resulta interesante afirmar que esta es cabalmente la explicación de lo que dentro del contexto de la teoría cuántica, se denomina "efecto túnel".^[5]

A.2.- Modelo de Banda de Conducción Electrón-Hueco. En los compuestos sólidos, particularmente orgánicos se puede considerar que los electrones están atrapados en un sistema de valles potenciales. Al respecto, lo importante es considerar las interacciones de estos electrones, razón por la que no es conveniente ni relevante considerar los estados de los electrones separadamente. Cabe hacer referencia a dos casos extremos que son:

- (1) Cuando las interacciones entre los electrones son moderadas comparadas con la energía de enlaces, las interacciones se denominan perturbaciones. Este es justamente el caso de un alto número de sólidos orgánicos semiconductores y aislantes y
- (2) En el caso que las interacciones interelectrónicas sean del mismo orden de magnitud o aún de mayor magnitud que las energías de enlace, se trata a los electrones como que estuvieran sujetos a un campo periódico potencial representado por los lugares de atracción (átomos o iones) reticular.

Precisamente, los criterios que anteceden sirven de sustento para el tratamiento cuantitativo de los semiconductores, mediante la aplicación de la Mecánica Cuántica.^[6]

La función de onda de un electrón en un retículo periódico cristalino es

$$\Psi_{(r,t)} = U_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}) e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r})} e^{-i(\hbar)Et} \quad (7)$$

donde $\Psi_{(r,t)}$ es la función de onda de Bloch, \mathbf{k} es el vector de propagación, $U_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ es una función que representa el efecto modulador del retículo periódico y E es la energía.

La situación es análoga a la de difracción de una onda electromagnética sobre los lugares de un retículo cristalino. Así, tal como es el caso de difracción varios valores de \mathbf{k} son permitidos y otros son prohibidos. Se define la condición en una dimensión mediante la ecuación que sigue:

$$\cos(k_z) = \cos\left\{\left[\frac{8\pi^2 m E}{h^2}\right]^{1/2} z\right\} + \left\{\frac{2\pi^2 m z^2 \langle v \rangle^2}{h^2 E}\right\}^{1/2} \sin\left[\frac{8\pi^2 m E}{h^2}\right]^{1/2} z \quad (8)$$

En esta ecuación, m es la masa del electrón, E es la energía, k_z es el componente z del vector de propagación, $\langle v \rangle$ es el potencial promedio del retículo periódico. Las energías para las cuales:

$$|\cos k_d| \geq 1 \text{ son prohibidas cuando } |k_d| = \pm \frac{n\pi}{z} \quad (9)$$

Bajo los límites señalados por la igualdad 9, las discontinuidades de energía entre las bandas de conducción y de la valencia son prohibidas; pues de hecho corresponden a los valores mínimos de las franjas de interferencia en la analogía de la onda óptica.

Se aprecia que la ecuación 9 es el análogo directo de las condiciones de Bragg para la difracción de rayos-X en retículos periódicos. Las interacciones electrónicas fuertes se manifiestan en el ensanchamiento de los sistemas de energía de átomos y moléculas que se registran en las bandas de energía que representan alternativamente a estados de energía permitidos y prohibidos para los electrones móviles dentro del cuerpo reticular del sólido.^[7] Esta situación se demuestra para un sólido semiconductor en la Figura 1.

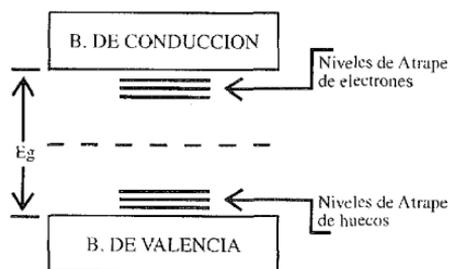


Figura 1.- Bandas de Conducción y de la Valencia de un Semiconductor.

En el diagrama, la banda más baja que es la de la valencia está llena de electrones, mientras que la banda más alta que es la de conducción está completamente vacía a la temperatura de cero absoluto (0 K). La discontinuidad de energía entre las bandas de la valencia y de conducción es pequeña de tal modo que para el silicio es 1,14 eV, y para el germanio es 0,67 eV, etc.

Así aún a temperatura ambiente un número apreciable de electrones son excitados térmicamente para que salten de la banda de la valencia hacia la de conducción. La excitación de los electrones de la banda de la valencia hacia la banda de conducción deja huecos en la banda de la valencia.

Cuando el semiconductor se expone a un campo eléctrico externo e , los electrones en la banda de la valencia como también los huecos en la banda de conducción migran en direcciones opuestas. En suma, la conductividad de electrones y huecos es

$$\sigma = e(\mu_c N_e + \mu_h N_h) \quad (10)$$

donde μ_c y μ_h son las movilidades de los electrones y huecos siendo N_e y N_h las respectivas concentraciones. La conductividad eléctrica del silicio es $\sigma = 1,5 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ y la del germanio es $\sigma = 2 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$.^[8]

La identificación de un electrón como una onda libre modulada por un potencial periódico significa que la onda del electrón propagada en un semiconductor no es monocromática porque es de hecho un paquete de ondas definidas por la función de amplitud, U_k . La ecuación que define el movimiento del paquete de ondas bajo el campo eléctrico ϵ es

$$\hbar \frac{d\mathbf{k}}{dt} = e \mathbf{\epsilon} \quad (11)$$

y la aceleración se define mediante la ecuación:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d}{dt} \left(\frac{dE}{dk} \right) = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2E}{dk^2} eE \quad (12)$$

Así, se aprecia que la aceleración es proporcional a la fuerza (eE). En este contexto, el factor de proporcionalidad es la masa efectiva del electrón m^* para lo cual, se tiene:

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2E}{dk^2} \quad (13)$$

La masa efectiva del electrón que se mueve en el retículo cristalino depende de la estructura reticular y de la magnitud de la segunda derivada. La masa efectiva m^* es, en general, un tensor porque la dirección de aceleración no coincide con la dirección de la fuerza.

Evidentemente que las masas efectivas del electrón y hueco (m_e^* y m_h^*), además de la temperatura y la magnitud de la energía de discontinuidad (E_g) son variables que determinan de modo más exacto la conductividad del semiconductor; por tanto, se tiene:

$$\sigma = 2e \left(\frac{kT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} (m_e^* m_h^*)^{3/4} (\mu_e + \mu_h) e^{-E_g/2kT} \quad (14)$$

Resulta ser interesante comparar las ecuaciones 2 y 14 para establecer que la energía de activación de la conducción es igual a la mitad de la energía de discontinuidad de Fermi, o sea de la energía que separa a las bandas de la valencia y de conducción del semiconductor. La energía de conducción que se puede determinar experimentalmente mediante medidas de conductividad en función de la temperatura confirma el resultado obtenido mediante el análisis teórico.^[9]

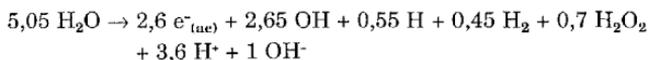
B.- El Electrón Solvatado.-

1.B.- Antecedentes.- Antes de 1958, se creía que las moléculas de agua excitadas ℓ ionizadas por radiación de alta energía ($E > 10^6$ eV) se disocian generando átomos de hidrógeno y radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$).^[10] Empero, después de 1958, la evidencia acumulada indicó que la especie principal for-

mada en agua y soluciones acuosas sometidas a radiación de alta energía no son los átomos de hidrógeno, sino el electrón solvatado.^[11] Justamente, uno de los primeros logros de la radiólisis de pulso fue de que se hizo posible la observación directa en agua irradiada de una banda ancha de absorción con longitud de onda, $\lambda = 700 \text{ nm}$ que se le atribuyó al electrón solvatado.^[12] También se generan electrones solvatados mediante reacciones fotoquímicas en soluciones acuosas y de otros líquidos de alta permitividad.

2.B.- Reacción Primaria de Generación de Electrones Solvatados.-

La reacción primaria en la radiólisis del agua consiste en la descomposición de 5,05 moléculas de agua por cada 100 eV de energía absorbida con la formación de los siguientes productos.^[13] Así:



Al respecto es interesante anotar que la energía absorbida por 2,45 moléculas de agua para generar $1 \text{ e}^-_{(\text{ac})}$ es igual a 38,46 eV que equivale a $6,16 \times 10^{-18} \text{ J}$ y si se hace referencia a la formación de 1 mol de $1 \text{ e}^-_{(\text{ac})}$, la cantidad de energía absorbida por 2,45 moles de agua irradiada con radiación de alta energía es 3,71 KJ.

3.B.- Reacciones con el Electrón Solvatado.- Interesa la investigación de la reacción:



porque las constantes cinéticas de esta reacción y la inversa además de cierta información adicional, permiten calcular el potencial electromotriz de referencia del $\text{e}^-_{(\text{ac})}$ conforme se determina a continuación.

La reacción es lenta, razón por la que se debe usar agua ultrapura y en el proceso radiolítico, pulsos de baja intensidad que rinden una bajísima concentración de los productos porque de lo contrario los electrones reaccionarían con los radicales $\cdot\text{OH}$, $\leftarrow\text{H}_2\text{O}_2$ y otros electrones, etc., más bien que con las moléculas de agua. Cabe anotar que el pH de la solución acuosa debe ser moderadamente alto para reducir el efecto de la reacción:



que es rápida y así evitar la reacción de los átomos de hidrógeno con los iones hidroxilo. En el caso que los electrones solvatados, $e^-_{(ac)}$ reaccionen con impurezas aún de tan baja concentración como de 10^{-6} M con una constante cinética de $10^{10} M^{-1} s^{-1}$, la vida media de desaparición del electrón solvatado sería $\tau = 0,695 / 10^{10} \times 10^{-6} = 70 \mu s^{(11)}$ que por cierto es de menor magnitud que la vida media de la reacción. Mediante investigaciones muy meticulosas, se logró determinar la constante cinética de la reacción 1 que es igual a $16 M^{-1} s^{-1}$.⁽¹⁵⁾

La constante cinética de la reacción en dirección contraria a la reacción 1 es $2,3 \times 10^7 M^{-1} s^{-1}$; por consiguiente, la constante de equilibrio de la reacción 1 es

$$K = 16 / 2,3 \times 10^{-7} = 6,96 \times 10^7 \quad (3)$$

o sea que el cambio de energía libre de Gibbs de esta reacción es $\Delta G^\circ = -44762 J mol^{-1}$. Combinando este valor con los de ΔG° de las reacciones: $H \rightarrow 1/2 H_2$ y $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$, se obtiene el cambio de energía libre de Gibbs de la reacción:



que es $\Delta G^\circ = -258571 J$.⁽¹⁶⁾ Así, se determina al fin que a $25^\circ C$, $E^\circ = -258571 / -(1 \times 96485) = 2,68$ V. Este valor de E° significa que el electrón solvatado es un agente fuertemente reductor de las especies químicas caracterizadas por potenciales electromatrices de menor magnitud que el del $e^-_{(ac)}$.

El cambio de entalpía de solvatación del electrón es $\Delta H^\circ_{e^-_{(ac)}} = -170000 J mol^{-1}$ ⁽¹⁷⁾, lo cual significa que cuando 1 $e^-_{(ac)}$ está atrapado por agua irradiada con radiación de alta energía que se extiende sobre un volumen de aproximadamente de 1 a 2 moléculas de agua. Además, se determina que el cambio de entropía de solvatación del 1 mol de electrones es $\Delta S^\circ_{(ac)} = 297,07 JK^{-1} mol^{-1}$ lo cual indica que el proceso de solvatación es desordenado.

Conviene anotar que los átomos de hidrógeno excitados en medio alcalino también generan electrones solvatados mediante la reacción:



que tiene vigencia en reacciones de alta actividad cinética.⁽¹⁸⁾

4.B.- Otras Reacciones Con el Electrón Solvatado.- En soluciones acuosas sometidas a la radiación de alta energía ($E \approx 10^6$ eV) que equivale a $9,6 \times 10^7$ KJmol⁻¹ el electrón solvatado constituye la principal especie reductora.^[19] Una reacción típica es

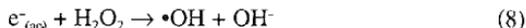


Cabe una brevísima explicación con respecto a la notación asignada al átomo de hidrógeno que posee un electrón que se moviliza del estado estacionario E_1 hacia el E_2 con el cambio de energía $E_2 - E_1 = h\nu$ donde $n = c/\lambda$ es la frecuencia. El átomo de hidrógeno está en el estado de reposo cuando el electrón está en el estado estacionario de mínima energía. En cualquier otro estado, el átomo se encuentra excitado porque el electrón se desplaza en estados estacionarios de mayor contenido energético. A estos estados se denominan estados excitados y al átomo de hidrógeno en unos de estos estados se representa mediante $H\bullet$ o H^* .

En soluciones en medio ácido ($pH \leq 3$), la reacción que tiene lugar es



y en medio acuoso neutro ($pH \approx 7$), el electrón solvatado reduce el peróxido de hidrógeno tal como sigue:



que está acompañada por la rápida reacción de reducción del oxígeno. Así:



El hidrógeno atómico excitado generado en reacciones como la siguiente:



reacciona con el oxígeno para generar el radical HO_2^* , pero reacciona también con el peróxido de hidrógeno

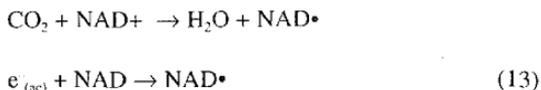


para generar hidroxilos excitados y agua.^[20]

La radiólisis de pulso se la ha utilizado para investigar los radicales que se forman de sustancias que participan en reacciones bioquímicas de oxidación-reducción.^[21] Para realizar los experimentos se utilizan soluciones diluidas de la sustancia que interesa investigar; por ejemplo, el dinucleótido de nicotinamida adenina NAD⁺ en concentraciones de ~ 10⁻⁴M en presencia de etanol o formato de sodio. En esta solución, se realiza la reacción primaria (1) seguida de la reacción con el radical •OH con la sustancia orgánica presente en exceso. Así:



que genera un radical reductor que con el electrón solvatado que es el otro producto de la radiólisis del agua reduce la sustancia bioquímica para generar un radical libre. Así:



Entre otras investigaciones, se cita la de otros componentes de partículas de transporte electrónico como aquella de la reducción del citocromo c por CO₂ y e⁻_(ac).^[22]

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Swallow A.J., in BASIC MECHANISMS IN PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY, Proc. Int. Symp¹., Caracas, December (1967), pp 683-694.
2. Hannay N.B., SOLID STATE CHEMISTRY, Prentice Hall, Englewood, Cliffs (1997).
3. Guttman F. and Lyons L.E., ORGANIC SEMICONDUCTORS, Wiley, New York (1968).
4. Wilkes P., SOLID STATE THEOR. Cambridge University Press, Cambridge (1988).
5. Atkins P.W., QUANTA. A HANDBOOK OF CONCEPTS, Clarendon Press, Oxford (1979), pp. 118, 229.
6. Klemperer O., Proc. Cambridge Phil. Soc., 26, 361 (1950).
7. Hanoitss Z., Gunthard H., Helv. Chim. Acta, 51, 561 (1968).
8. Atkins P.W., Ibid, Ref. (5), p. 19.
9. Beringer R. and Montgomery G., Phys. Rev., 61, 222 (1942).
10. Nosworthy J.M. and Swallow A.J., At. Energy Rev., 2, 35 (1964).

11. Keene J.R., Nature 197, 47 (1968).
12. Boag J.W. and Hart E.J., Nature 197, 45 (1963).
13. Swallow A.J., Ibid, Ref (1), p. 685.
14. Matheson M.S. and Dorfman L.M., Chem J., Phys., 32, 1870 (1960).
15. Hart E.J., Gordon S. and Eielden E.M., Phys J., Chem., 70, 150 (1966).
16. Hortner J. and Rabani J., Phys J., Chem., 66, 2081 (1962).
17. Swallow A.J., In PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY, Ibid, Ref. (1), p. 686.
18. Allen A.O. and Schwarz H.A., Proc. Int. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 29, 30 (1958).
19. Magee J.L. and Burton M., Chem J. Am., Soc. 73, 523 (1951).
20. Spinks J. W., AN INTRODUCTION TO RADIOCHEMISTRY, John wiley a Sons, London (1984), p. 250.
21. Swallow A.J., Biochem. J., 54, 253 (1963).
22. Swallow A.J., Ibid, Ref. [1], p. 691.

Los Medios Continuos

Dr. Melio SÁENZ

Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico
PETROECUADOR
Sociedad Ecuatoriana de Ciencias Exactas y Naturales
msaenz@petroecuador.com.ec

Resumen

El tratamiento y resolución de múltiples problemas que se presentan en la práctica de la Ingeniería y de las Ciencias aplicadas requiere una formulación que, desde el punto de vista macroscópico, nos permite observar y describir los fenómenos asociados con el medio en el que ellos se desarrollan. Aparte de las características esenciales de dichos medios, perdura una que es esencial: la de medio continuo. Sin ella, nuestras descripciones fenomenológicas no alcanzan el rigor necesario para pasar de la descripción física clásica a la modelización matemática con propósitos de pronosticar el comportamiento de los sistemas. En el presente trabajo abordamos el aspecto intuitivo de los medios continuos, lo asociamos con las definiciones de la continuidad de funciones en los espacios métricos y en los espacios topológicos y describimos la manera cómo debemos formular los clásicos problemas de valores en los límites: con una descripción matemática de las condiciones internas, de las condiciones iniciales y de las condiciones de frontera.

1. Introducción

En nuestra experiencia diaria, pocos fenómenos naturales llegan a nuestros sentidos mediante estímulos eventuales: una tormenta eléctrica, a través de truenos y relámpagos nos produce la sensación de un fenómeno que ocurre por episodios; la creciente de un río la percibimos como un hecho eventual en el cual el agua alcanza niveles que sobrepasan las fronteras del curso habitual; la crupción de un volcán la vivimos con incertidumbre, si, pero no es un fenómeno que ocurre todos los días.

Sin embargo, asociados a estos hechos eventuales ocurren hechos que los percibimos como perdurables en el tiempo y el espacio y que caracterizan el comportamiento del sistema bajo la noción del continuo.

En el presente trabajo describiremos algunos de estos fenómenos desde el enfoque intuitivo de la continuidad. Luego asociaremos las nociones que nos interesan poseer para nuestros propósitos de sentar las bases del estudio de la Mecánica de los Medios Continuos, estableciendo el criterio de aplicabilidad de la definición de continuo.

2. La vida en el continuo

Desde siempre estamos habituados a vivir nuestra jornada diaria en el contexto referencial de los años, los meses, las semanas, los días, las horas, los minutos y, a veces, hasta los segundos, todos estos intervalos de tiempo que han sido utilizados por los calendarios y los relojes.

Consideramos que año tras año las estaciones se suceden relacionando estos cambios con la sucesión de los meses, los mismos que "avanzan" con el tiempo. Este avance no resulta ser otra cosa que la secuencia de semanas en las cuales el lunes sigue al domingo y aquel es seguido por el martes. Constatamos, entonces, que estas medidas del tiempo son herramientas de gran utilidad cuando elaboramos nuestros planes anuales o los planes de ejecución de un proyecto y son útiles cuando programamos aquellas vistosas ceremonias con las cuales celebramos aniversarios, onomásticos y más hechos relevantes de los cuales el hombre tiene necesidad para vivir en sociedad. En estas ceremonias las manijas del reloj se convierten en finas batutas de la realidad a cuyo discreto tic-tac sometemos el desarrollo del evento, graduándolo, controlándolo, distribuyéndolo y desesperándonos al ritmo musical del segundero.

Es así como el pasa del tiempo nos produce la sensación de algo ininterrumpido, permanente, constante y perdurable. Sin embargo, cuando salimos de la influencia de las manecillas del reloj y crecen nuestras necesidades de precisión, la duración de aquellos pequeños intervalos de tiempo tiene que ser medida en términos de décimas, centésimas, milésimas y así sucesivamente, fracciones de segundo. Es en estas circunstancias que la sensación de ininterrupción y de continuo se fortalece.

Reflexionando con mayor profundidad sobre estas propiedades del Universo deberíamos llegar a encontrar problemas filosóficos, muchos de los cuales permanecen aún sin solución.

Igual sensación experimentamos cuando movemos nuestros pies para desplazarnos de un lugar a otro. Al comenzar a caminar, al iniciar un paso, el

pie se encuentra en un punto de coordenadas $X_0 = (x_0, y_0, z_0)$. Su posición queda muy bien descrita mediante la expresión (x_0, y_0, z_0, t_0) , en donde t_0 es el instante inicial. Al asentar el pie, hemos avanzado de un paso, lo que significa que hemos alcanzado la posición $X_1 = (x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z)$ y en dicho movimiento ha transcurrido un tiempo Δt . Para que el pie pase de la posición X_0 a la posición X_1 , ha debido ocupar todas y cada una de las posiciones intermedias, que serán tantas cuantas lo determine la magnitud del segmento que podamos observar. En el límite, cuando Δt tiende a cero, las posiciones sucesivas serán cada vez más cercanas las unas de las otras y el movimiento nos produce la sensación de ser ininterrumpido.

Relacionando el movimiento con el referencial espacial $X = (x, y, z)$ encontramos que entre el punto X_0 y el punto X_1 , existe un intervalo, una distancia que los separa y que se encuentra ocupada por un cuerpo sólido, líquido o gaseoso, el mismo que está constituido por moléculas, átomos y partículas elementales cuya unión nos permite asociar la noción de continuo a nuestra experiencia, pues la sucesión de materia parece no interrumpirse.

Ocupémonos de un tercer ejemplo cuando acercamos una varilla metálica a una fuente de calor sentimos que la varilla comienza a calentarse. En los primeros instantes se calientan las porciones más cercanas a la fuente. La temperatura es mayor en el sitio en que se aplica el calor y va disminuyendo a medida que nos alejamos de él. Esta disminución ocurre de manera progresiva, sin que se produzcan cambios bruscos de temperatura. Tenemos la sensación de que esos cambios ocurren de manera ininterrumpida, sin brusquedades, sin sobresaltos ni discontinuidades.

3. Enfoque formal

La noción intuitiva encuentra su expresión formal en la definición de continuidad en los espacios de funciones. Así, sean E y F dos espacios métricos provistos de las normas d_E y d_F respectivamente, f una aplicación de E en F , esto es, $f : E \mapsto F$ y x_0 un punto de E . Entonces diremos que f es continua en sí para cualquier valor de ε estrictamente positivo, existe un valor η también estrictamente positivo tal que la distancia entre dos puntos x, x_0 implica que la distancia entre las imágenes $f(x), f(x_0)$ en F sea menor que ε . Escrito en forma simbólica tendremos

$$\forall \varepsilon > 0, \exists \eta > 0 : d_E(x, x_0) < \eta \Rightarrow d_F[f(x), f(x_0)] < \varepsilon \quad (1)$$

o, también, si definimos en el espacio E la bola B_E de centro x_0 y radio η y en F la bola B_F de centro $f(x_0)$ y radio ε , podemos escribir que

$$\forall \varepsilon > 0, \exists \eta > 0 : x \in B_E(x_0, \eta) \Rightarrow f(x) \in B_F(f(x_0), \varepsilon) \quad (2)$$

Cuando E y F son dos espacios topológicos, entonces reemplazamos las bolas B_E, B_F por el entorno \mathcal{V} de tal manera que podemos escribir

$$\forall V \in \mathcal{V}[f(x_0)], \exists U \in \mathcal{V}(x_0) : x \in U \Rightarrow f(x) \in V \quad (3)$$

Tengamos en cuenta que el conjunto de elementos x tal que $f(x) \in V$ es la imagen recíproca $f^{-1}(V)$ de V por f , esto es

$$\forall V \in \mathcal{V}[f(x_0)], \exists U \in \mathcal{V}(x_0) : f^{-1}(V) \supseteq U \quad (4)$$

lo que significa que f es continua en x_0 si la imagen recíproca de todo entorno de $f(x_0)$ es un entorno de x_0 . Diremos que f es continua en E si f es continua en todo punto de E .

Para establecer la relación entre la noción de continuo y la definición de continuidad tenemos que definir las variables o parámetros con los cuales consideraremos que la descripción de la realidad satisface nuestras necesidades. Así, en el primer ejemplo anteriormente citado, digamos que la función f es una función del tiempo, esto es $f = f(t)$ puede ser simplemente una propiedad del medio continuo tal como un campo electromagnético, un campo gravitacional u otro.

Para describir el comportamiento de una variable en un dominio cualquiera de la realidad, necesitamos introducir un volumen Ω limitado por la frontera $\partial\Omega$. Tanto el dominio como la frontera pueden ser definidos como variables dependiendo del tiempo, es decir que podemos escribir que

$$\Omega = \Omega(t) \quad (5)$$

$$\partial\Omega = \partial\Omega(t) \quad (6)$$

de tal manera que

$$\tilde{\Omega}(t) = \Omega(t) \cup \partial\Omega(t) \quad (7)$$

En el segundo ejemplo, del movimiento de marcha, nuestra función f está definida en $\tilde{\Omega}(t)$ y en t . En este caso, $\Omega \in \mathbb{R}^3$ por lo que podemos escribir que f es una aplicación $f : \mathbb{R}^3 \mapsto \mathbb{R}^3$ tal que $f = f(x, y, z, t)$

Igual consideración podemos hacer en el caso del tercer ejemplo, en el cual describimos el estado de la varilla metálica mediante la distribución de temperatura T , de modo que

$$T = T(x, y, z, t) \quad (8)$$

añadiendo la descripción correspondiente al instante inicial en el cual la varilla se encuentra a la temperatura T_0 y la descripción del comportamiento de la fuente de calor ubicada en el punto de coordenadas $X_f = (x_f, y_f, z_f, t)$, con $t \geq 0$.

Expresadas en el lenguaje formal tendremos, entonces, que la descripción elaborada consta de las siguientes relaciones:

a) Descripción en el interior del dominio $\bar{\Omega}$

$$\forall X \in \Omega : f(X) = f(x, y, z, t) \quad (9)$$

b) Descripción en el instante inicial (condiciones iniciales)

$$\text{Para } t = t_0 \text{ y } \forall X \in \Omega : T(x, y, z, t_0) = T_0(x, y, z) \quad (10)$$

c) Descripción de la fuente de calor (condiciones de frontera)

$$\text{Para } X = X_f \in \partial\Omega \text{ y para } t > 0 : T(x_f, y_f, z_f, t) = T_f \quad (11)$$

Los operadores que utilizamos para construir las funciones f pueden ser operadores diferenciales. Cuando éstos son operadores en diferenciales totales o en derivadas parciales, al problema así planteado lo conocemos como problema con valores iniciales y con valores en la frontera y lo designamos como *Problema P*.

4. La Mecánica de los Medios Continuos

En muchos problemas de la vida diaria es necesario estudiar el comportamiento de los medios en los cuales ocurren los fenómenos asociados a los problemas que queremos resolver. Tengamos presente dos hechos que no consideramos en nuestro razonamiento:

- a) El medio está constituido por moléculas;
- b) Las moléculas, individualmente, tienen movimiento propio



Estos dos aspectos parecerían contradecir la noción de continuo, pero ocurre que los fenómenos que nos interesan no pueden ser observados a nivel corpuscular. En la Mecánica de los Medios Continuos nos interesa el movimiento de un pequeño volumen de medio que lo llamaremos "partícula de medio continuo" o "volumen elemental", el mismo que se encuentra ocupado por un gran número de moléculas materiales. Tendremos bien presente que las variaciones estadísticas de las propiedades de las partículas sean insignificantes.

La condición que se debe cumplir para utilizar la noción de medio continuo es que las escalas lineales del movimiento sean mucho más grandes que las dimensiones de las partículas materiales. Así, cuando estudiamos el comportamiento de los gases desde el enfoque de los medios continuos, la aproximación resulta razonable si las dimensiones lineales del elemento de volumen más pequeño o de la partícula del medio continuo, son grandes respecto al recorrido promedio libre de las moléculas del gas y las partículas del fluido son pequeñas respecto al dominio material en el cual ocurre el movimiento. Por ejemplo, sucede que en condiciones normales de presión y de temperatura, en un cubo de arista 0,001mm se encuentran $2,7 \times 10^7$ moléculas de aire que pueden desplazarse libremente a lo largo de recorridos de 0,000097mm de longitud.

La Mecánica de los Medios Continuos nos permite aprehender la realidad en las dimensiones de nuestra vida diaria, condiciones en las cuales los movimientos celestes, los vientos, las mareas, el movimiento de rotación de la Tierra o los movimientos de las rocas internas del Planeta pierden importancia frente a los mecanismos de los movimientos de la corteza terrestre, del sonido y del vuelo, del calor y de la luz para los cuales resulta indispensable tener presente la imagen del continuo que nos permite pasar de las teorías de la Física Clásica al tratamiento y resolución de los problemas que se plantean en la Ingeniería y en las Ciencias Aplicadas.

La imagen de los medios continuos nos permite estudiar fenómenos macroscópicos. A partir de ella podemos construir modelos para simular el comportamiento de los sistemas con propósitos de pronosticar su comportamiento mientras que al utilizar la imagen corpuscular podemos estudiar fenómenos microscópicos y formular modelos cualitativos correctos para comprender el movimiento de los gases, el flujo y difusión del calor y otros.

La Mecánica de los Medios Continuos nos provee de un lenguaje riguroso para tratar los problemas que se presentan en la Ingeniería y en las Ciencias Aplicadas a través del movimiento, de las leyes de conservación y de suposi-

ciones sobre la constitución de los medios mediante la formulación y solución de problemas con valores en los límites, del tipo del *Problema P* descrito en párrafos anteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- **Bertrandias, P.** ANALYSE FONCTIONNELLE.- Armand Collin.- París, 1970.
- 2.- **Coirier, J.** MECANIQUE DES MILIEUX CONTINUS.- Dunod, París, 2001.
- 3.- **Hawking, S.W.** HISTORIA DEL TIEMPO: del big-bang a los agujeros negros.- Círculo de Lectores, Bogotá, Colombia.- 1988.
- 4.- **Larouse,** Gran Enciclopedia GEL, Tomo 6.- Editorial Planeta.- España, 1988.
- 5.- **Murgueytio, J.; Guerrero, M.**- La verdadera historia del tiempo.- Abya-Yala.- Quito-Ecuador, 1997.
- 6.- **Romo Saltos, I.A.**- El tiempo: reflexiones físicas y filosóficas.- EDIESPE.- Salgado-Ecuador, 1998.
- 7.- **Sáenz, M.; Werthe, J.M.**- Fluidos en los Medios Porosos.- PETROE-CUADOR.- Quito-Ecuador, 1994.
- 8.- **Sáenz, M.**- Fundamentos de la Mecánica de los Fluidos.- Serie de Autocapacitación Petrolera, N. 1.- PETROECUADOR.- Quito-Ecuador, 1990.
- 9.- **Webster's.** New world dictionary.- The Macmillan Company.- New York, 1971.

Un Simulador de Yacimientos Hidrocarburíferos

Dr. Rolando Sáenz, Dr. Hernán Benalcázar,
Ing. Yasmina Atarihuana

Centro de Matemática
Universidad Central del Ecuador

Resumen

Este artículo corresponde a una parte del proyecto realizado por el Centro de Matemática de la Universidad Central del Ecuador, por convenio con PETROECUADOR, con el nombre de "Desarrollo de programas de computación para simulación de yacimientos". El objetivo fundamental del proyecto es desarrollar un simulador matemático de yacimientos hidrocarburíferos que permita calcular las presiones, a lo largo del tiempo, en los diferentes puntos de un campo petrolífero, principalmente en los pozos. La base matemática del simulador está constituida por ecuaciones diferenciales en derivadas parciales del tipo parabólico y métodos de elementos finitos para su discretización. Aunque el simulador considera el problema monofásico (petróleo), el problema bifásico (agua-petróleo y gas-petróleo) y el de flujo radial, en este artículo presentaremos únicamente el modelo monofásico, fundamentalmente desarrollado en su parte numérica por Hernán Benalcázar. Es necesario mencionar que, aunque sus nombres no aparecen como autores, en el proyecto han participado otros profesionales y estudiantes de diferentes áreas como geología, ingeniería de petróleos, ingeniería matemática e ingeniería informática.

1. Notaciones

Sea $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ abierto, acotado, de frontera lipschitziana a trozos. $L^p(\Omega)$ es el espacio de Lebesgue provisto de la norma

$$\|u\|_{L^p(\Omega)} = \left(\int_{\Omega} |u|^p dx \right)^{1/p}.$$

$L^p(\Omega)$ es un espacio de Banach. Para $p = 2$, $L^2(\Omega)$ es un espacio de Hilbert, separable, reflexivo, provisto del producto escalar

$$\langle u, v \rangle_{L^2(\Omega)} = \int_{\Omega} uv dx$$

$W^{1,p}(\Omega)$ es el espacio de Sobolev definido por

$$W^{1,p}(\Omega) = \left\{ u \in L^p(\Omega) : \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} \in L^p(\Omega) \right\},$$

provisto de la norma

$$\|u\|_{1,p} = \|u\|_{L^p(\Omega)} + \|\nabla u\|_{L^p(\Omega)^2},$$

donde ∇ es el operador gradiente y $\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}$ son las derivadas parciales en el sentido de las distribuciones.

$$W_0^{1,p}(\Omega) = \{u \in W^{1,p}(\Omega) : u|_{\Gamma} = 0\}$$

es la clausura de $D(\Omega)$ en $W^{1,p}(\Omega)$, donde $D(\Omega) = \{u \in C^\infty(\Omega) : \text{sop}(u) \subset \Omega \text{ es compacto}\}$.

El espacio dual de $W_0^{1,p}(\Omega)$ se denota por $W^{-1,q}(\Omega)$ donde q es tal que $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$.

2. Posición del problema

Sea $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ abierto, acotado de frontera Γ lipschitziana a trozos, $T > 0$. Ponemos

$$\Omega_T = \Omega \times]0, T[, \quad \bar{\Omega}_T = \bar{\Omega} \times [0, T] \quad \text{y} \quad \Gamma_T = \Gamma \times [0, T].$$

Consideramos la ecuación del tipo parabólico no lineal siguiente:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - \nabla \cdot (k(u)\nabla u) + g(x, u) = f \text{ sobre } \Omega_T, \\ u(x, 0) = u_0(x), x \in \bar{\Omega} \\ u = 0 \text{ sobre } \Gamma_T. \end{cases}, \quad (P)$$

donde u (la función incógnita) es la presión, la función k depende, además de u , de la porosidad, la permeabilidad y la viscosidad, y f es la función de producción.

Suponemos que las funciones $k : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ y $g : \bar{\Omega} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ son de clase C^1 . Las hipótesis sobre f y u_0 las precisamos más adelante.

Introducimos los siguientes espacios funcionales.

$$C^0(0, T; L^2(\Omega)) = \{u :]0, T[\rightarrow L^2(\Omega) : u \text{ continua en } [0, T]\},$$

provisto de la norma

$$\|u\|_{C^0(0, T; L^2(\Omega))} = \max_{t \in [0, T]} \|u(t)\|_{L^2(\Omega)}.$$

Con esta norma, $C^0(0, T; L^2(\Omega))$ es un espacio de Banach.

Designamos por $L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega))$ el espacio funcional de distribuciones vectoriales definido por:

$$L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega)) = \left\{ u :]0, T[\rightarrow W_0^{1,p}(\Omega) : \int_0^T \|u(t)\|_{1,p}^p dt < \infty \right\},$$

provisto de la norma

$$\|u\|_{L^p(0, T; L^2(\Omega))} = \max_{t \in [0, T]} \|u(t)\|_{L^2(\Omega)},$$

con la cual es un espacio de Banach.

Denotamos con $L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega))$ el espacio funcional de distribuciones vectoriales definido por:

$$L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega)) = \left\{ u :]0, T[\rightarrow W_0^{1,p}(\Omega) : \int_0^T \|u(t)\|_{1,p}^p dt < \infty \right\},$$

provisto de la norma

$$\|u\|_{L^p(0,T;W_0^{1,p}(\Omega))} = \left(\int_0^T \|u(t)\|_{1,p}^p dt \right)^{1/p}.$$

Para $1 \leq p < \infty$, $L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega))$ es un espacio de Banach separable y para $1 < p < L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega))$ es reflexivo.

Sea $1 < p < \infty$. El espacio dual de $L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega))$ se identifica con $L^q(0, T; W_0^{1,q}(\Omega))$, donde $q \in]1, \infty[$ es tal que $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$.

3. Existencia, unicidad, regularidad

Supongamos que $f \in L^q(0, T; W_0^{1,q}(\Omega))$, $u_0 \in L^2(\Omega)$.

Definimos

$$\begin{aligned} a(u, v) &= \int_{\Omega} k(u) \nabla u \cdot \nabla v dx, \quad \forall u, v \in W_0^{1,p}(\Omega), \\ b(u, v) &= \int_{\Omega} g(x, u) v dx, \quad \forall u, v \in W_0^{1,p}(\Omega). \end{aligned}$$

Las formas bilineales $a(\cdot, \cdot)$, $b(\cdot, \cdot)$ son continuas en $W_0^{1,p}(\Omega)$.

Se considera el problema siguiente: hallar

$$u \in L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega)) \cap C^0(0, T; L^2(\Omega))$$

tal que $u' = \frac{\partial u}{\partial t} \in L^q(0, T; W^{-1,q}(\Omega))$ es solución de

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \langle u(t), v \rangle + a(u(t), v) + b(u(t), v) = \langle f(t), v \rangle, \quad \forall v \in W_0^{1,p}(\Omega), \\ \langle u(0), v \rangle = \langle g, v \rangle, \quad \forall v \in W_0^{1,p}(\Omega). \end{cases} \quad (PF)$$

Teorema 1 *Existe una única solución $\hat{u} \in L^p(0, T; W_0^{1,p}(\Omega)) \cap C^0(0, T; L^2(\Omega))$ tal que $\hat{u}' = \frac{\partial \hat{u}}{\partial t} \in L^q(0, T; W^{-1,q}(\Omega))$ es solución de (PF).*

4. Discretización espacial y temporal

Sea $V_h \subset W^{-1,p}(\Omega)$ un subespacio de dimensión finita n , $\{\varphi_0, \dots, \varphi_n\}$ una base de V_h .

La formulación aproximada de (PF) se establece del modo siguiente: para cada $t \in [0, T]$, hallar $u_h(t) \in V_h$ solución de

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \langle u_h(t), v_h \rangle + a(u_h(t), v_h) + b(u_h(t), v_h) &= \langle f(t), v_h \rangle, \quad \forall v_h \in V_h, \\ \langle u_h(0), v_h \rangle &= \langle q, v_h \rangle, \quad \forall v_h \in V_h. \end{aligned} \quad (\text{PA})$$

Sean $m \in \mathbb{N}$, $m > 0$, $k_i = \frac{T}{m}$ y $t_j = jk_i$, $j = 0, 1, \dots, m$.

La derivada $\frac{d}{dt} \langle u_h(t), v_h \rangle$ en $t = t_j$ se aproxima del modo siguiente:

$$\frac{d}{dt} \langle u_h(t_j), v_h \rangle \simeq \left\langle \frac{u_h(t_{j+1}) - u_h(t_j)}{k_i}, v_h \right\rangle, \quad j = 0, 1, \dots, m.$$

Sea $\theta \in [0, 1]$. El método θ consiste en hallar $u_h(t_{j+1}) \in V_h$ solución de

$$\begin{aligned} \left\langle \frac{u_h(t_{j+1}) - u_h(t_j)}{k_i}, v_h \right\rangle + \theta a(u_h(t_j), v_h) + (1-\theta)a(u_h(t_{j+1}), v_h) + \theta b(u_h(t_j), v_h) + \\ (1-\theta)b(u_h(t_{j+1}), v_h) \\ \theta \langle f(t_j), v_h \rangle + (1-\theta) \langle f(t_{j+1}), v_h \rangle. \end{aligned}$$

Para $\theta = \frac{1}{2}$, se obtiene

$$\begin{aligned} \left\langle \frac{u_h(t_{j+1}) - u_h(t_j)}{k_i}, v_h \right\rangle + \frac{1}{2}a(u_h(t_j), v_h) + \frac{1}{2}a(u_h(t_{j+1}), v_h) + \frac{1}{2}b(u_h(t_j), v_h) + \\ \frac{1}{2}b(u_h(t_{j+1}), v_h) = \\ \frac{1}{2} \langle f(t_j), v_h \rangle + \frac{1}{2} \langle f(t_{j+1}), v_h \rangle, \text{ de donde} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle u_h(t_{j+1})u_h \rangle + \frac{k_i}{2}a(u_h(t_{j+1}), v_h) + \frac{k_i}{2}b(u_h(t_{j+1}), v_h) = \\ \langle u_h(t_j)u_h \rangle - \frac{k_i}{2}a(u_h(t_j), v_h) - \frac{k_i}{2}b(u_h(t_j), v_h) + \frac{k_i}{2} \langle f(t_j) + f(t_{j+1}), v_h \rangle. \end{aligned}$$

Definimos

$$L_j(v_h) = \langle u_h(t_j), v_h \rangle - \frac{k_i}{2}a(u_h(t_j), v_h) - \frac{k_i}{2}b(u_h(t_j), v_h) + \frac{k_i}{2} \langle f(t_j) + f(t_{j+1}), v_h \rangle, \\ \forall v_h \in V_h,$$

$$\begin{aligned} \langle F(u_h(t_{j+1})), v_h \rangle &= \langle u_h(t_{j+1}), v_h \rangle + \frac{k_i}{2}a(u_h(t_{j+1}), v_h) \\ &+ \frac{k_i}{2}b(u_h(t_{j+1}), v_h) - L_j(v_h), \quad \forall v_h \in V_h \end{aligned}$$

Se tiene el siguiente problema: hallar $u_h(t_{j+1}) \in V_h$ solución de

$$\langle F(u_h(t_{j+1})), v_h \rangle = 0, \quad \forall v_h \in V_h.$$

Teorema 2 Para cada $t \in [0, T]$, existe un único $\hat{u}(t) \in W_0^{1,p}(\Omega)$ solución de la ecuación

$$\langle F(u(t)), v \rangle = 0, \quad \forall v \in W_0^{1,p}(\Omega),$$

donde $F : W_0^{1,p}(\Omega) \rightarrow W^{1,p}(\Omega)$ es el funcional definido por

$$\langle F(u(t)), v \rangle = \langle u(t), v \rangle + \frac{kt}{2} a(u(t), v) - \frac{kt}{2} b(u(t), v) - L(v) \text{ y } L \in W^{-1,p}(\Omega).$$

La derivada de Fréchet de F en $\hat{u}(t)$ viene dada por

$$\begin{aligned} \langle DF\hat{u}(t), w, v \rangle &= \langle w, v \rangle + \int_0^T [k(\hat{u}(t))\nabla w + k'(\hat{u})(t)w\nabla\hat{u}(t)] \cdot \nabla v dx \\ &+ \int_0^T \frac{\partial a}{\partial u}(x, \hat{u}(t)) w v dx, \quad \forall v, w \in W_0^{1,p}(\Omega). \end{aligned}$$

El método de Newton se formula como sigue:

$$\langle DF(\hat{u}(t))\hat{u}(t), v \rangle = \langle DF(\hat{u}(t))u(t), v \rangle - \langle F(u(t)), v \rangle, \quad \forall v \in W_0^{1,p}(\Omega) \quad (\text{MN})$$

y $u(t) \in W_0^{1,p}(\Omega)$ es tal que $\| \hat{u}(t) - u(t) \|_{1,p} \rightarrow 0$.

El problema discreto de (MN) se expresa del modo siguiente:

$$\begin{aligned} \langle DF(\hat{u}_h(t_{j+1}))u_h(t_{j+1}) - u_h(t_{j+1}), v_h \rangle &= \langle F(u_h(t_{j+1})), v_h \rangle, \quad \forall v_h \in V_h \\ j &= 0, 1, \dots, m-1. \end{aligned}$$

Algoritmo

Datos de entrada: Funciones $k(u), g(x, u), f(x, t), u_0(x)$

Derivadas $k'(u), \frac{\partial a}{\partial y}$

malla espacial

malla temporal: $T > 0$ y m .

Test: función $u(x, t)$

Datos de salida: $U_k, k = 1, \dots, m$ y $u(x_j, T)$, error

1. Inicialización

$$h_t = \frac{T}{m}, \quad t_k = kh_t \quad k = 0, 1, \dots, m$$

2. Cálculo de U_k .

Para $k = 1, \dots, m$

Si $k = 1$, calcular U_1 como sigue:

$$\begin{aligned}\vec{u}_0 &= (u_1^{(0)}, \dots, u_n^{(0)}) \text{ con } u_j^{(0)} = \int_{\Omega} g \varphi_j = \sum_T \int_T g \varphi_j dx \\ \vec{b}_0 &= (b_1(0), \dots, b_n(0)) \text{ con } b_j(0) \\ &= \int_{\Omega} f(x, 0) \varphi_j = \sum_T \int_T f(x, 0) \varphi_j dx \\ \vec{u} &= \vec{u}_0\end{aligned}$$

Para $p = 1, \dots, M$

$$\begin{aligned}\vec{a}(0) &= (a_1(0), \dots, a_n(0)) \text{ con } a_j(0) = B(\vec{u}, \varphi_j) \\ \vec{d}(0) &= (d_1(0), \dots, d_n(0)) \text{ con } d_j(0) = -\vec{u} - \frac{h}{2}\vec{a}(0) + \vec{u}_0 \\ &\quad + \frac{h}{2}\vec{b}(0) \\ A &= (a_{ij}) \text{ con } a_{ij} = \langle DF'(\vec{u})\varphi_i, \varphi_j \rangle \\ \text{Resolver } A\vec{y} &= \vec{d}(0) \\ \text{Si } \|\vec{y}\| < \varepsilon &\text{ salir, caso contrario hacer} \\ \vec{u} &= \vec{y} + \vec{u}\end{aligned}$$

$$\vec{u}_1 = u$$

Si $k = 2, \dots, m$, calcular U_k como sigue

$$\begin{aligned}\vec{b}(t_{k-1}) &= (b_1(t_{k-1}), \dots, b_n(t_{k-1})) \text{ con } g_j(t_{k-1}) = \int_{\Omega} f(x, t_{k-1}) \varphi_j dx \\ &= \sum_T \int_T f(x, t_{k-1}) \varphi_j dx \\ \vec{a}(t_{k-1}) &= (a_1(t_{k-1}), \dots, a_n(t_{k-1})) \text{ con } a_j(t_{k-1}) = B(\vec{U}_1, \varphi_j) \\ \vec{u} &= \vec{u}_1\end{aligned}$$

Para $p = 1, \dots, M$

$$\begin{aligned}\vec{a}(t_{k-1}) &= (a_1(t_{k-1}), \dots, a_n(t_{k-1})) \text{ con } a_j(t_{k-1}) = B(\vec{u}, \varphi_j) \\ \vec{d}(t_{k-1}) &= (\vec{u}_1 + h\vec{b}(t_{k-1}) - \frac{h}{2}\vec{a}(t_{k-1}) - \vec{u} - \frac{h}{2}\vec{a}(t_h)) \\ A &= (a_{ij}) \text{ con } a_{ij} = \langle DF(\vec{u})\varphi_i, \varphi_j \rangle \\ \text{Resolver } A\vec{y} &= \vec{d}(t_{k-1}) \\ \text{Si } \|\vec{y}\| < \varepsilon &\text{ salir, caso contrario hacer} \\ \vec{u} &= \vec{y} + \vec{u}\end{aligned}$$

3. Presentar resultados: $U_k, u(x_j, T)$, error.

5. Ajuste de superficies por el método de los mínimos cuadrados

Para el cálculo de la porosidad, la permeabilidad y la viscosidad, con base en los datos obtenidos de los mapas correspondientes, se estiman estos parámetros en cualquier punto del campo, mediante un polinomio de segundo grado a dos variables obtenido por el método de los mínimos cuadrados.

Consideremos una función F de \mathbb{R}^2 en \mathbb{R} que depende de m parámetros a_1, \dots, a_m :

$$(x, y) \longrightarrow F(x, y, a_1, \dots, a_m).$$

Dado un conjunto S de n puntos en \mathbb{R}^3

$$S = \{(x_1, y_1, z_1), \dots, (x_n, y_n, z_n)\},$$

se trata de determinar a_1, \dots, a_m de tal manera que la función

$$G(a_1, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n (z_i - F(x_i, y_i, a_1, \dots, a_m))^2$$

alcance su mínimo valor. Este valor se obtiene en el punto (a_1, \dots, a_m) que satisface

$$\frac{\partial G}{\partial a_i}(a_1, \dots, a_m) = 0$$

para $i = 1, \dots, m$; es decir

$$\sum (z_i - F(x_i, y_i, a_1, \dots, a_m)) \frac{\partial F}{\partial a_i} = 0$$

para $i = 1, \dots, n$.

Consideraremos los casos en que F es un polinomio de segundo o tercer grado a dos variables. Para el primer caso se tiene $F(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy$, y las igualdades anteriores toman la forma

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i) = \sum_{i=1}^n z_i$$

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i)x_i = \sum_{i=1}^n x_i z_i$$

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i) y_i = \sum_{i=1}^n y_i z_i$$

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i) x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 z_i$$

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i) y_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 z_i$$

$$\sum_{i=1}^n F(x_i, y_i) x_i y_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i z_i$$

de donde

$$n a_0 + (\sum x) a_1 + (\sum y) a_2 + (\sum x^2) a_3 + (\sum y^2) a_4 + (\sum xy) a_5 = \sum z$$

$$(\sum x) a_0 + (\sum x^2) a_1 + (\sum xy) a_2 + (\sum x^3) a_3 + (\sum xy^2) a_4 + (\sum x^2 y) a_5 = \sum xz$$

$$(\sum y) a_0 + (\sum xy) a_1 + (\sum y^2) a_2 + (\sum x^2 y) a_3 + (\sum y^3) a_4 + (\sum xy^2) a_5 = \sum yz$$

$$(\sum x^2) a_0 + (\sum x^3) a_1 + (\sum x^2 y) a_2 + (\sum x^4) a_3 + (\sum x^2 y^2) a_4 + (\sum x^3 y) a_5 = \sum x^2 z$$

$$(\sum y^2) a_0 + (\sum xy^2) a_1 + (\sum y^3) a_2 + (\sum x^2 y^3) a_3 + (\sum y^4) a_4 + (\sum xy^3) a_5 = \sum y^2 z$$

$$(\sum xy) a_0 + (\sum x^2 y) a_1 + (\sum xy^2) a_2 + (\sum x^3 y) a_3 + (\sum xy^3) a_4 + (\sum x^2 y^2) a_5 = \sum xyz$$

En el sistema anterior se está usando la notación $\sum_{i=1}^n x_i = \sum x$, $\sum_{i=1}^n y_i = \sum y$, etc.

El sistema lo podemos escribir en la forma $AX = B$ donde A es la matriz simétrica



$$A = \begin{pmatrix} n & \sum x & \sum y & \sum x^2 & \sum y^2 & \sum xy \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy & \sum x^3 & \sum xy^2 & \sum x^2y \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum xy & \sum x^2y & \sum xy^2 & \sum x^3y & \sum xy^3 & \sum x^2y^2 \end{pmatrix},$$

$$X = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad B = \begin{pmatrix} \sum z \\ \sum xz \\ \sum yz \\ \sum x^2z \\ \sum y^2z \\ \sum xyz \end{pmatrix}$$

De manera similar para un polinomio de tercer grado

$$F(x, y) = a_0 + a_1 + a_2y + a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^3 + a_9y^3,$$

el sistema $AX = B$ es tal que A es la matriz simétrica de orden 10:

$$A = \begin{pmatrix} n & \sum x & \sum y & \sum x^2 & \sum y^2 & \sum xy & \sum x^2y & \sum xy^2 & \sum x^3 & \sum y^3 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy & \sum x^3 & \sum y^2 & \sum x^2y & \sum xy^2 & \sum x^2y^2 & \sum x^4 & \sum xy^3 \\ \vdots & \vdots \\ \sum y^3 & \sum xy^3 & \sum y^4 & \sum x^2y^3 & \sum y^5 & \sum xy^4 & \sum x^2y^4 & \sum xy^5 & \sum x^3y^3 & \sum y^6 \end{pmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_9 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad B = \begin{pmatrix} \sum z \\ \sum xz \\ \sum yz \\ \sum x^2z \\ \vdots \\ \sum y^3z \end{pmatrix}$$

Para resolver cualquiera de los dos sistemas utilizamos el método de Householder, cuyo algoritmo exponemos a continuación.

Sea $A = (a_{ij})$ una matriz cuadrada de orden n . El método permite descomponer A en un producto de matrices QR , donde Q es una matriz unitaria ($Q^{-1} = Q^t$) y R es una matriz triangular superior.

Si hacemos $RX = Y$ y resolvemos el sistema $QY = B$ ($Y = Q^t B$), el sistema $RX = Y$ se resuelve fácilmente por ser R una matriz triangular.

Algoritmo de Householder

1. $A^{(1)} = A, \quad I^{(1)} = I$

2. Para $j = 1, \dots, n-1$

a) $v^{(j)} = (0, \dots, 0, a_{j1}^{(j)}, \dots, a_{n1}^{(j)})$,

donde $(a_{11}^{(j)}, \dots, a_{n1}^{(j)})$ es la primera columna de la matriz $A^{(j)}$

$$\beta = \begin{cases} -sg(v_j^{(j)}) \|v^{(j)}\| & \text{si } v_j^{(j)} \neq 0 \\ -\|v^{(j)}\| & \text{si } v_j^{(j)} = 0 \end{cases}$$

($\|\cdot\|$) es la norma usual en \mathbb{R}^n

b) $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{\|v^{(j)} - \beta e^{(j)}\|}, \quad \omega = \alpha(v^{(j)} - \beta e^{(j)})$

$(e^{(j)} = (0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0))$

c)
$$I^{(j)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

d) $U_j = I - \omega^t \omega I^{(j)}$

e) $A^{(j+1)} = U_j A^{(j)}$

3. $Q = U_1 \dots U_{n-1}, \quad R = Q^t A = U_{n-1} \dots U_1 A.$

6. Referencias Bibliográficas

1. Philippe Blanchard, Erwin Brunning, *Variational Methods in Mathematical Physics*, Editorial Springer-Verlag, Berlin, 1992.
2. Mohan C. Joshi, *Some Topics in Nonlinear Functional Analysis*, Editorial John Wiley and Son New York, 1985.
3. Eberhard Zeidler, *Nonlinear Functional Analysis and its Applications*, Volumen II/B, Editorial Springer-Verlag, Berlin, 1990.
4. J.L. Lions, *Quelques méthodes de résolution des problèmes aux limites non linéaires*, Editorial Dunod, París, 1969.
5. Emmanuele DiBenedetto, *Degenerate Parabolic Equations*, Editorial Springer-Verlag, New York, 1993.
6. Svatopluk Fucik, *Solvability of Nonlinear Equations and Boundary Value Problems*, Editorial Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holanda, 1980.
7. C.V. Pao, *Nonlinear Parabolic and Elliptic Equations*, Editorial Plenum Press, New York, 1999.
8. M.M. Vainberg, *Variational Method and Method of Monotone Operators in the Theory of Nonlinear Equations*, Editorial John Wiley and Sons, New York, 1973.
9. Gabriel Caloz, Jacques Rappaz, *Numerical Analysis for Nonlinear and Bifurcation Problem*, Preprinter, Editorial North-Holland, Amsterdam, 1994.
10. Gheorghe Morosanu, *Nonlinear Evolution Equations*, Editorial D. Reidel Publishing Company Bucarest, 1988.
11. Hernán Benalcázar, *Estimaciones d'erreurs a posteriori et maillages adaptatifs pour des problèmes stationnaires et évolutifs*, Tesis No. 1594,1997, Escuela Politécnica Federal de Lausann Sausana, Suiza.
12. Michael E. Taylor, *Partial Differential Equations III*, Editorial Springer-Verlag, Berlín, 1996.

Teoría de Juegos e Inteligencia Empresarial.

MSc. Edward Jiménez¹, UIDT, PETROECUADOR

Resumen

La inteligencia empresarial tiene que ver con el descubrimiento de patrones de comportamiento micro y macroeconómicos que permiten la eficiencia (financiera, administrativa, operativa y estratégica) en la toma de decisiones futuras. Los objetivos de la Inteligencia Empresarial son: Potenciar los sistemas de información gerencial a través de data mining y data mart. Analizar la realidad sistémica para una planificación integral a corto, mediano y largo plazo. Selectividad de variables estratégicas y toma de decisiones estáticas. Creación y estandarización de data mart y data mining en la toma de decisiones individuales (Teoría de la Decisión) y en interacción constante (Teoría de Juegos). Determinación de las políticas de incitación para ofrecer el producto correcto por el canal adecuado y al momento adecuado. Incitación y análisis cuantitativo de competitividad. Estudio de los Patrones de comportamiento Empresariales y del Cliente tales como: Aversión por el riesgo (Risk Neutral, Risk Loving, Risk Adverse), Análisis de Mercados con Información Asimétrica (Moral Hazard, Risk Adverse), Cooperación, coordinación y reciprocidad, Principio de Revelación, Predación y competitividad.

1 Modelo Estándar de Inteligencia Empresarial

En nuestro modelo de Inteligencia Empresarial existen cinco pasos hasta la implementación gerencial de las decisiones estratégicas. El análisis a priori es realizado de manera estática con datos históricos y con herramientas de data mining. El análisis a posteriori se lo realiza utilizando economía experimental y teoría de juegos. En función del análisis a priori y a posteriori se puede entrar a la etapa de toma de decisiones gerenciales.

- Construcción de la data warehouse a partir de datos provenientes de diferentes sistemas informáticos, en nuestro caso los sistemas informáticos clásicos son: Oracle, DB2. En muchas ocasiones el data warehouse ha sido segmentado en data marts para facilitar la funcionalidad y las necesidades de cada departamento.

¹Correspondencia del autor: ejimenezec@yahoo.com, 59322524766, el autor agradece la ayuda en la edición de este escrito al Ing Luis Cueva.

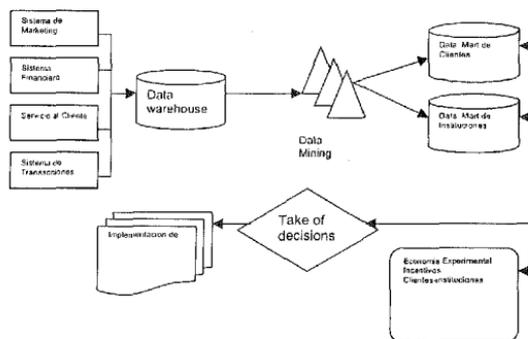


Figura 1: Metodología de Inteligencia Empresarial

- Utilización de data mining para descubrir los patrones de comportamiento del cliente y del negocio. Paralelamente al estudio de patrones se analiza las variables características o estratégicas. Las variables estratégicas son aquellas que son estadísticamente significantes para explicar el negocio y las tendencias futuras.
- Determinación de los diferentes data marts que permitan visualizar el comportamiento a priori de nuestros socios estratégicos (socios e instituciones).
- Analizar en un laboratorio de economía experimental los incentivos y los patrones de comportamiento a posteriori del socio de las instituciones y del banco emisor de la tarjeta de crédito. El objetivo del laboratorio de economía experimental es el estudio de la estabilidad de las políticas de incitación. Las políticas de incitación son el resultado de la minería de datos de la etapa 3.
- Refinamiento e implementación de las políticas de incitación de la etapa 4.

El gráfico siguiente explica de manera esquemática el proceso.

1.1 Capital Humano

El Capital Humano es el principal elemento que disponen las empresas para realizar sus cambios estructurales. Los cambios son positivos si aumentan la eficiencia de la empresa. El capital humano es el conjunto de elementos que caracterizan el valor agregado de cada individuo pudiendo ser sus títulos profesionales, los cursos de capacitación, las destrezas y actitudes, la experiencia y su capacidad de integración y gerenciación de sus cualidades. Un modelo estándar del capital humano y físico arbitra entre estos dos de la siguiente manera:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta \underbrace{[A(t)L(t)]}^{1-\alpha-\beta}; \quad \beta > 0, \alpha > 0, \beta + \alpha < 1$$

Donde:

$Y(t)$: Producción

$K(t)$: Capital físico

$L(t)$: Número de trabajadores

$A(t)$: Tecnología

$H(t)$: Capital Humano

Los siguientes cambios de variable permite evaluar los valores unitarios de producción, capital físico y capital humano $y = \frac{Y}{AL}, h = \frac{H}{AL}, k = \frac{K}{AL}$.

Tomando los valores de sus derivadas en función del tiempo tenemos: $\dot{K}(t) = S_k Y(t), \dot{L}(t) = n L(t), \dot{A}(t) = g, A(t)y, \dot{H}(t) = s_H Y(t)$

El Análisis Dinámico permite obtener las derivadas en función del tiempo:

$$\dot{k} = S_k y - (n + g)k$$

$$\dot{k} = S_k h(t)^\alpha h(t)^\beta - (n + g)k(t)$$

$$\dot{h} = S_h k(t)^\alpha h(t)^\beta - (n + g)h(t)$$

Crecimiento sustentable, a largo término $\dot{k} = 0, \dot{h} = 0$.

Un equilibrio económico sustentable es un punto de máxima eficiencia. Términos que definen un equilibrio a largo plazo y que soporta potenciales estocásticos de fondo que quieren alterarlo y eliminarlo. Los procesos empresariales necesitan arribar a equilibrios sustentables para realizar transformaciones estructurales y no simples shocks.

Los procesos empresariales eficientes definen un equilibrio sustentable y tienen tres componentes: financiero, operativo y administrativo. Cada componente tiene sus especificidades, herramientas y postulados de base que le dan autonomía e independencia.

En el área financiera la eficiencia busca la optimización matemática de las inversiones, la minimización del riesgo financiero y la racionalidad de los proyectos científicos y de inversión. En el área operativa la eficiencia necesita del

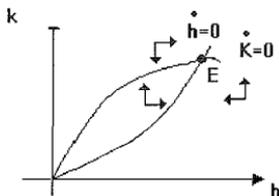


Figura 2:

conocimiento profundo del rendimiento de procesos y máquinas instaladas. De tal suerte que sea posible reducir la banda de incertidumbre lo que a su vez nos permita realizar una planificación técnica acorde a la planificación administrativa. La eficiencia administrativa define como ejes estratégicos: el rendimiento individual, la capacitación individual y de grupo, la tecnología de punta, la reducción de tiempos muertos y la sinergia empresarial medida a través del trabajo en equipo.

La modernización del sistema PETROECUADOR debe potenciar estos ejes científicos y estratégicos. Es como parte de este proceso que la UIDT, la Gerencia Administrativa de PETROECUADOR, la Gerencia Administrativa de Petrocomercial y el Grupo de Trabajo para la "Reconstrucción Orgánica y Funcional del sistema PETROECUADOR" han determinado la necesidad de crear un Laboratorio de Teoría de Juegos y Microeconomía Empresarial que permitirá cuantificar los parámetros financieros, operativos y administrativos de una Gerencia Estratégica Eficiente que incitará la creación innovadora y dinámica que es una de las garantías necesarias y suficientes del equilibrio sustentable.

2 Objetivos

1. Identificar las variables estratégicas en lo Financiero, Operativo y Administrativo que permitirán la toma eficiente de decisiones en el Sistema PETROECUADOR.
2. Realizar Economía Experimental para analizar las preferencias de los funcionarios y autoridades del Sistema PETROECUADOR y hasta donde estas inclinaciones del comportamiento ayudan a frenar el cambio y el desarrollo en las diferentes áreas.
3. Dotar de una herramienta teórico experimental para potenciar las Unidades de Confiabilidad que se deberá crear para garantizar los procesos de calidad.

4. Potenciar los conceptos de la inteligencia empresarial a través del estudio y utilización de los Datawarehouse y Datamining.

3 Hipótesis y Parámetros Cuantitativos a utilizar

La optimización de las siguientes variables estratégicas: esfuerzo, capacitación, tecnología, tiempos muertos y sinergia permitirá el aumento de la productividad del Sistema PETROECUADOR.

Requisito de esta optimización es la identificación de responsables directos de cada proceso relacionado con cada variable. Dentro del comportamiento individual es requisito garantizar la disciplina, la honradez y la lealtad.

1. Máximo esfuerzo individual -> Gerencia administrativa
2. Máxima capacitación selectiva -> Unidad de Capacitación
3. Mínimos tiempos_muertos -> Jefaturas
4. Máxima organización -> Planificación Estratégica Integral
5. Tecnología de punta -> Departamentos Técnicos

El estudio de preferencias dará un peso estratégico a cada una de las variables definidas.

El peso estratégico definirá una política racional entre la Gerencia, los mandos medios y la mano de obra operativa.

Justificación de las variables estratégicas.

1. La reforestación en Columbia Británica CANADA es un ejemplo para determinar que el esfuerzo es una variable estratégica: La productividad de empleados a salario en función de árboles/día. H aumenta la productividad 20% en comparación con empleados a salario fijo.

2. La productividad científica (Nro papers, reducción de accesoria) en ECOPEPETROL aumenta en función de la CAPACITACION (Nro de MSc y PhD). Inicio 1993: PhD 7, MSc 34, Esp 37, Prof 81 Actual 2001: PhD 15, MSc 81, Esp 44, Prof 41.

3. La TECNOLOGIA de punta permite el liderazgo empresarial y la supervivencia Compaq.

4. La disminución de TIEMPOS MUERTOS ahorran entre 0-30% el costo.

5. Una Estructura Administrativa de Calidad garantiza una GERENCIA EFICIENTE .

4 Modelo Matemático de la Interacción Estratégica.

Lars-Goran y Weibull (2001) utiliza un modelo microeconómico para explicitar el esfuerzo que debe hacer un individuo que toma decisiones. La función

logit multinomial aparece como resultado de la maximización de esta función de utilidad.

McKelvey y Palfrey presenta un modelo de logit multinomial estacionario (SQRE) como una sofisticación de la idea del equilibrio de Nash. Nosotros extendemos el enfoque de McKelvey y Palfrey (1995), Lars-Goran y Weibull (2001) y Rust (1994) para arribar a una formulación de la dinámica quantal. Esta formulación permite demostrar que el equilibrio de Nash es un caso particular Jimenez and Rulliere (2002).

1 La racionalidad de los jugadores. Un parámetro denominado $\lambda \in [0, \infty)$, permite controlar la racionalidad de los jugadores en interacción y representa el coeficiente de la función logit multinomial si $\lambda = 0$, la racionalidad es nula: cada participante ejecuta la estrategia mixta de máxima entropía o dicho de otra manera de igual probabilidad. Si $\lambda \rightarrow \infty$, los jugadores son perfectamente racionales: ellos maximizan la función de utilidad.

2 Convergencia en dirección de los puntos fijos. Una convergencia formal existe entre el replicador dinámico y la dinámica quantal si y solamente si $\lambda = \lambda(t)$ representa un proceso de duración.

3 Parámetro de libertad. Este parámetro de libertad o más precisamente la función de libertad, permite al jugador controlar la manera optimal de mezclar sus estrategias y así obtener una maximización de la utilidad. Esta función es definida en el espacio de estrategias mixtas y está representada por la función de entropía de Shanon)².

Sea $\Gamma = (I, S, v)$ representa un juego finito bajo su forma estratégica, con I un conjunto de jugadores de cardinalidad $n_p \in N$, entonces cada jugador i es notado $i \in I$. El conjunto finito S_i de cardinalidad $m_i \in N$ es el conjunto de estrategias puras de cada jugador $i \in I$, $s_{ij} \in S_i$, $j = 1, \dots, m_i$ y $S = \prod_{i \in I} S_i$ designa el conjunto de estrategias puras para el juego en mención con $s \in S$ un elemento de ese conjunto. La función $v: S \rightarrow R^n$ asocia cada elemento $s \in S$ el vector de utilidades, $v(s) = (v_1(s), \dots, v_n(s))$, donde $v_i(s)$ designa la utilidad de cada jugador i en función de s . Si las estrategias mixtas son permitidas entonces:

$$\Delta(S_i) = \left\{ p_i \in R^{m_i} : \sum_{j \in S_i} p_{ij} = 1 \right\}$$

representa el simplex de estrategias mixtas para el jugador $i \in I$. Nosotros podemos notar $p_i = (p_{ij})_{j \in S_i}$. El conjunto de alternativas en estrategias mixtas.

²Formulación de Shannon.

Sea E_1, E_2, \dots, E_n conjuntos dos a dos disjuntos y $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$; sea N_k : el número de elementos de E_k entonces $N = \sum_{k=1}^n N_k$ elementos. por definición, la información $I(E_N) = Ln(N)$. Nosotros podemos escribir $P_k = \frac{N_k}{N}$ ($k = 1, 2, \dots, n$). Si nosotros sabemos que *un elemento de $E \in E_k$ entonces es necesario $Ln(N_k)$ información suplementaria para caracterizarlo.* En consecuencia, caracterizar un elemento de E , conociendo el conjunto E_k , es necesario en promedio la cantidad de información:

$$\sum_{k=1}^n P_k Ln(N P_k) = Ln(N) - \sum_{k=1}^n P_k Ln\left(\frac{1}{P_k}\right)$$

Donde $H =$ entropía $= \sum_{k=1}^n P_k Ln\left(\frac{1}{P_k}\right)$

El juego con perfiles en estrategias mixtas es el poliedro Δ con $\Delta = \prod_{i \in I} \Delta(S_i)$ y $p \in \Delta$ un punto de Δ , donde $p = (p_1, \dots, p_n)$, y $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{im_i})$.

La función $u : \Delta \rightarrow R_+^n$ asociada con cada perfil en estrategias mixtas $p \in \Delta$ el vector de utilidades $\bar{u}(p) = (\bar{u}_1(p, s_{1j}), \dots, \bar{u}_i(p, s_{ij}), \dots, \bar{u}_n(p, s_{nj})$, donde el $\bar{u}_i(p)$ es la utilidad esperada del jugador $i \in I$.

Cada $(u_i(1, p_{-i}, s_{ij}), \dots, u_i(m_i, p_{-i}, s_{ij}))$ representa las preferencias del jugador $i \in I$. La terna (I, Δ, \bar{u}) designa la extensión del juego Γ a las estrategias mixtas.

Si la función de pagos es definida por $u_i(p) = \sum_{s \in S} p(s) u_i(s)$, donde $p(s) = \prod_{i \in I} p_i(s_i)$ y si $p = (p_1, \dots, p_n) \in \Delta$, entonces conseguimos el equilibrio de Nash si, y solo si, $\forall i \in I$, y $\forall p_i \in \Delta(S_i)$, la próxima desigualdad se respeta $\bar{u}_i(p^*) \geq \bar{u}_i(p_i, p_{-i}^*)$

Cada jugador realiza un arbitraje en tiempo continuo, y toma la mejor decisión. Cada jugador $i \in I$ produce el próximo programa del control óptimo:

$$\boxed{\text{Max} \left\{ \int_0^T e^{-rt} F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t) dt \right\}} \quad (1)$$

$$\text{subject to } u = \dot{p}_{ij} = g(t, p_{ij}), p_{ij}(t=0) = \frac{1}{m_i}$$

donde:

$$F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t) = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} u_i(j, p_{-i}) + \beta H_i(p_i) + h(\dot{p}_{ij}) \quad (2)$$

$$H_i(p_i) = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \ln \left(\frac{1}{p_{ij}} \right) \quad (2.1)$$

$$\bar{u}_i(p) = E\{u_i(j, p_{-i})\} = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} u_i(j, p_{-i}) \quad (2.2)$$

La función $F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t) = f(p_{ij}, t) + h(\dot{p}_{ij})$ en (1) se asume que es aditivo separable. La normalización de la probabilidad muestra que $\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1, \forall i$. La función de entropía tradicional es representada por $H_i(p_i)$ (Rényl 1966, Lévy 1998, Feynman 1998, Ngo et Ngo 1995). En los últimos años en la teoría de Información ha llegado a ser común el uso de la entropía condicional (Neyman 2000)

Según la solución normal del problema del control óptimo (1) y usando la formulación Hamiltoniana, podemos escribir las condiciones necesarias:

$$H(t, p_{ij}(t), \dot{p}_{ij}(t), \alpha(t)) = e^{-rt} F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t) + \alpha(t)u \quad (3)$$

$$\frac{\partial H}{\partial u} = e^{-rt} F_u + \alpha = e^{-rt} h_u + \alpha = 0 \quad (4)$$

$$-\frac{\partial H}{\partial p_{ij}} = \alpha' = -e^{-rt} \frac{\partial F}{\partial p_{ij}} = -e^{-rt} u_i(j, p_{-i}) \quad (4.1)$$

$$+ e^{-rt} (-\beta \text{Ln}(p_{ij}) + 1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \alpha} = g = \dot{p}_{ij} = u \quad (4.2)$$

Las ecuaciones (4) y (4.1) es la primera condición de orden para p_{ij} y \dot{p}_{ij} . La ecuación de Euler es la condición necesaria en el cálculo variacional y puede obtenerse si se toma el tiempo derivativo de (4) y si ponemos el resultado en (4.1), entonces $\frac{\partial(e^{-rt} p_{ij})}{\partial p_{ij}} + \frac{d(e^{-rt} F_u)}{dt} = 0$.

La condición suficiente para maximización necesita la convexidad de $F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t)$ en ambos argumentos p_{ij} y \dot{p}_{ij} , la función $F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t)$ es cóncava si la matriz de Hessian es semidefinida negativamente, que es decir $F_{p_{ij}p_{ij}} < 0$ y $F_{\dot{p}_{ij}\dot{p}_{ij}} F_{p_{ij}p_{ij}} - F_{\dot{p}_{ij}p_{ij}}^2 \geq 0$. Si $F(p_{ij}, \dot{p}_{ij}, t)$ es cóncavo y $F_{\dot{p}_{ij}\dot{p}_{ij}} = 0$ entonces $F_{p_{ij}p_{ij}} < 0$ y $F_{\dot{p}_{ij}\dot{p}_{ij}} < 0$. (Kamien y Schwartz 1998, pag 300).

Usando la ecuación (4.1) podemos obtener:

$$e^{rt} \alpha' = u_i(j, p_{-i}) - \beta(\text{Ln}(p_{ij}) + 1), \forall (p_{ij}) \in \Delta(S_i) \quad (5)$$

Después un pequeño cambio de (5) :

$$p_{ij} = e^{\frac{u_i(j, p_{-i})}{\beta}} e^{(\frac{e^{rt} \alpha' - 1}{\beta})}, \forall (p_{ij}) \in \Delta(S_i) \quad (6)$$

Combinando (6) con la normalización de probabilidad tenemos:

$$\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1 = e^{(\frac{e^{rt} \alpha'(t) - 1}{\beta})} \sum_{j=1}^{m_i} e^{\frac{u_i(j, p_{-i})}{\beta}} \quad (6.1)$$

Usando (6.1) en (6) podemos obtener (7). En la ecuación (6.1) la dependencia de tiempo en $e^{rt} \alpha'(t)$ induce una dependencia del tiempo en $\beta(t)$ porque $u_i(j, p_{-i})$ depende de $p_{-i} = p_{-i}(\beta(t))$ según (7). La única condición para $\alpha(t)$ es la primera derivada. En forma similar la única condición para $\beta(t)$ es la dependencia del tiempo.

$$p_{ij} = \frac{e^{\frac{u_i(j, p_{-i})}{\beta}}}{\sum_{j=1}^{m_i} e^{\frac{u_i(j, p_{-i})}{\beta}}}, \forall (p_{ij}) \in \Delta(S_i) \quad (7)$$

La ecuación (7) es la ecuación de Gibbs en estadística mecánica si $\beta \Leftarrow -\frac{1}{\beta}$. En opción económica, (7) es el static multinomial logit, McFadden (1976), McKelvey et Palfrey (1995). En nuestro modelo (7) es la respuesta óptima para la estrategia mixta del jugador i , Lars-Goran y Weibull (2001).

La próxima igualdad muestra la aplicación del principio de conocimiento común Geanakoplos (1994): $\beta(t) = \frac{1}{\lambda_1(t)} = \frac{1}{\lambda_2(t)} \dots = \frac{1}{\lambda_n(t)} = \frac{1}{\lambda(t)}$. Según Geanakoplos, si hay un conocimiento común entre los jugadores $i \in I$ de un juego $\Gamma = (I, \Delta, \bar{u})$, entonces la racionalidad $\lambda(t)$ es lo mismo.

Si el λ_i es diferente entonces los jugadores no están concientes de la interacción estratégica.

La ecuación (7) se escribe así:

$$p_{ij} = \frac{e^{\lambda u_i(j, p_{-i})}}{\sum_{j=1}^{m_i} e^{\lambda u_i(j, p_{-i})}} = \frac{e^{\lambda u_i(j, p_{-i})}}{Z_i} \quad (8)$$

donde $Z_i(\lambda, u_i(j, p_{-i})) = \sum_{j=1}^{m_i} e^{\lambda u_i(j, p_{-i})}$ representa la función del patrón de utilidad.

La entropía $H_i(p_i)$, utilidad esperada $E\{u_i(j, p_{-i})\} = \bar{u}_i(p)$, y la variación $Var\{u_i(j, p_{-i})\}$ será diferente para cada jugador i . Usando (8), los resultados y demostraciones pueden verse en "Entropy in Quantal Response Equilibria":

$$H_i(p_i) = \ln(Z_i) - \lambda \bar{u}_i(p) \quad (9)$$

$$E\{u_i(j, p_{-i})\} = \bar{u}_i = \frac{\partial \ln(Z_i)}{\partial \lambda} \quad (10)$$

$$Var\{u_i(j, p_{-i})\} = \frac{\partial^2 \bar{u}_i(p)}{\partial \lambda^2} \quad (11)$$

Si suponemos que la conducta de cada jugador no se pone en correlación con la conducta de los otros jugadores, entonces cada jugador aumentó al máximo la utilidad del que supone que los otros jugadores son racionales. Es decir ellos también aumentan al máximo sus utilidades respectivas y no están interesados en cambiar su selección. Bajo esta suposición de equilibrio no correlacionado, podemos usar la suma de las propiedades de: la variación, entropía y la función de la partición de utilidad. Habiendo usado estas propiedades se puede obtener la entropía total, la utilidad total y la variación total del sistema involucrado, esto es decir de todos los jugadores como un equipo no cooperativo.

$$H(p) = \ln(\prod_{i=1}^n Z_i) - \lambda \bar{u}(p) \quad (12)$$

La ecuación (12) nos representa el equilibrio estocástico global de un n jugador juego m_i con las propias estrategias para cada jugador. Demuestra esta ecuación la integración de los tres elementos y la ocurrencia simultánea de la entropía $H(p) = \sum_{i=1}^n H_i(p_i)$, racionalidad $\lambda(t)$ y utilidad $\bar{u}(p) = \sum_{i=1}^n \bar{u}_i(p)$ del juego.

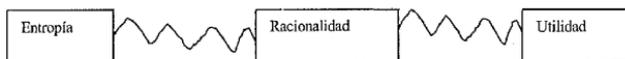


Figura 3:

5 Significado Teórico y Práctico de los Resultados Obtenidos

1. Entrar en la era de la Inteligencia Empresarial a través de la utilización de la economía de la información.
2. Utilización de los últimos modelos de la Teoría de Juegos.
3. Desarrollo de modelos matemáticos para explicar el comportamiento humano y empresarial.
4. Dar una base cuantitativa a la planificación estratégica eficiente en el Sistema PETROECUADOR.
5. Utilizar este modelo dinámico para explicar la interacción entre los agentes económicos, en el sector energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Anderson, S.P., Goere, J.K. (200) "Minimum effort-Coordination Games: Stochastic Potential and Logit Equilibrium," *Games and Economic Behavior*, Virginia Ideal, 2001, 34, 177-199.
- [2] Allais M. (1988) "An Outline of My Main Contributions To Economic Science." *AER*, Vol 87 NO 5, 3-9.
- [3] Anderson, S.P., Goere, J.K., Holt, Ch. (1999) "Stochastic Game Theory: Adjustment to Equilibrium Under Noisy Directional Learning." Department of Economics, University of Virginia.
- [4] Arrow, K. (1956), "Mathematical Models in The Social Sciences" *General Systems*, 1 (1956), 29-47.
- [5] Bacry, H. (1991) "Introduction aux concepts de la Mecanique Statistique," Ellipsis, Paris.
- [6] Baron, R., Durieu, J., Haller, H., Solal Ph (2000) "Control Costs and Potential Functions for Spatial Games," CREUSET France, Virginia Polytechnic Institute.
- [7] Bertalanffy, L. (1976), "Teoría General de los Sistemas," Fondo de Cultura Económico, USA.

- [8] Binmore, K (1992) "Fun and Games," D.C.Health and Company.
- [9] Feynman, R (1998) "Le cours de Physique de Feynman," DUNOT.
- [10] Fleming, W. Rishel, R (1975) "Deterministic and Stochastic Optimal Control".
- [11] Frieden, B (2001) "Information Sciences, Probability, Statistical, Optics and Data Testing", Springer.
- [12] Fudenberg, D., Tirole, J. (1991) "Game Theory", Massachusetts, The Mit Press.
- [13] Geanakoplos, J. (1994) "Common Knowledge," Handbook of Game Theory, Vol II, Chap 40.
- [14] Gihman, I. Skorohod, A. (1979) "Controlled Stochastic Processes," Springer Verlag, New York.
- [15] Goere, J.K, Holt, Ch., Palfrey T.,(2000) "Quantal Response Equilibrium and Overbidding in Private Value Auctions", Division of Humanities and Social Sciences, Pasadena, 2000, 1-29.
- [16] Gourieux, Ch. (1989) "Econometrie des Variables Qualitatives, 2ème-ed, Paris, Economica.
- [17] Hahn, F. (1982) "Stability," Handbook of Mathematical Economics, Vol II, Chap 16.
- [18] Hammerstein, P. Selten, R (1994) "Game Theory and Evolutionary Biology," Handbook of Game Theory, Vol(2), Elsevier B.V.
- [19] Harsanyi, J. (1992) "Game and Decision Theoretic Models in Ethics," Handbook of Game Theory, Vol. I, Chap 19.
- [20] Judge, G. Griffiths, W.E. Hill, Lütkepohl, H. Lee, T. (1985) "The Theory and Practice of Econometrics," John Wiley and sons.
- [21] Jiménez, E(2001) "Mémoire DEA microéconomie appliquée", Université Lumière Lyon II, GATE, Lyon.
- [22] Jiménez and Rulliere (2002), "Unified Game Theory", 8Th International Conference of the Society for Computational Economics, 2002.
- [23] Kamien, M. and Schwartz, N. (1998). "Dynamic Optimization," Elsevier, Amsterdam.
- [24] Karlin S., Taylor H (1981), "A Second Course in Stochastic Processes," Academic Press Inc, USA.
- [25] Karlin S, Taylor H. (1980) "A First Course in Stochastic Processes," Academic Press Inc, USA.

- [26] Karatzas I, Shreve S.,(1991) "Brownian Motion and Stochastic Calculus," Second Edition, Springer-Verlag
- [27] Kloeden, P., Platen, E. (1995) "Numerical Solution of Stochastic Differential Equations", Springer-Verlag.
- [28] Krishna, V. and Sjoström, T. (1995) "On the Convergence of Fictitious Play," Working Paper, Harvard University.
- [29] Lévy, E. (1998) "Dictionnaire de Physique," PUF.
- [30] Lee, J. (2000) "Introduction to Topological Manifolds", Springer
- [31] Malliaris, A., Brock, W. (1982) "Stochastic Methods in Economics in Finance," Elsevier, Netherlands.
- [32] McFadden, D. (1984) "Econometric Analysis of Qualitative Response Models," Handbook of Econometrics Vol. II, Chap 24.
- [33] McFadden, D. (1976) "Quantal Choice Analysis: A survey," Annals of Economics and Social Measurement 5/4, p.363-389.
- [34] McFadden, D. (2001) "Economic Choices," AER, Vol. 91 NO.3, 351-378.
- [35] McKelvey, R., Palfrey, T. (1995) "Quantal Response Equilibria for Normal Form Games," Games and economic Behavior, 10:6-38.
- [36] McKelvey, R., Palfrey, T. (1996) "Quantal Response Equilibria," California Institute of Technology, current version 1996.
- [37] McKelvey, R., Palfrey, T. (1998), "Quantal Response Equilibria for Extensive Form Games." Experimental Economics,1,9-41.
- [38] Monderer, D. and Sharpley, LL (1996) "Fictitious Play Property for Games with Identical Interests," JOURNAL OF ECONOMIC THEORY 68, 258-265.
- [39] Myerson, R. (1991) "Game Theory Analysis of Conflict", Massachusetts, Harvard University Press.
- [40] Neyman, A. (2000) "Repeated Games with Bounded Entropy," Games and Economic Behavior, Ideal, 30, 228-247.
- [41] NGÖ, C. NGÖ, II. (1995) "Introduction à la Mécanique Statistique," Masson, 2ème édition.
- [42] Ochs, J. (1993) "Games with unique mixed strategy equilibria: An experimental study," mimeo, University of Pittsburgh.
- [43] Offerman, T., Schram, Sonnemans, J. (1998) "Quantal Response Models in Step-Level Public Good Games," European Journal of Political Economy, Amsterdam, Elsevier,1998, 89-100.

- [44] Rasmusen, E. (1989) "Games and Economic Information: An Introduction to Game Theory," Oxford: Basil Blackwell.
- [45] Rényl, A. (1966) "Calcul des Probabilités," Paris, Dunod.
- [46] Robert, Ch (1992) "L'Analyse statistique Bayésienne," *Económica*.
- [47] Rubinstein, A., (1989) "The Electronic Mail Game: Strategic Behavior Under," Almost Common Knowledge, *American Economic Review*, 79:385-391.
- [48] Rullière, J. L., Walliser B. (1995) "De la spécularité à la temporalité en théorie des jeux," *Revue d'Economie Politique*, 105, pp 601-615.
- [49] Rust, J. (1994) "Structural Estimation of Markov Decision Processes," *Handbook of Econometrics*, Volume IV, Chapter 51.
- [50] Simon, H. A (1983) "Reason in human affairs," Oxford Blackwell.
- [51] Suijs, J., Borm P., (1999) "Stochastic Cooperative Games: Superadditivity Convexity, and Certainty Equivalents", *Games and Economic Behavior*, *Ideal*, 1999, 27, 331-345.
- [52] Tirole, J. (1988), "Théorie de L'organisation Industrielle," Tome II, *Económica*.
- [53] Varian, H. (1995) "Analyse Microéconomique," Troisième édition, De Boeck Université, Bruxelles.
- [54] Weibull, J.W. (1995) "Evolutionary Game Theory," The MIT press.
- [55] Lars-Goran, Mattsson, Weibull, J.W. (2001) "Effort-based probabilistic choice"
- [56] Wilson, R. (1992a) "Strategic Analysis of Auctions," *Handbook of Game Theory*, Vol I, Chap 8.
- [57] Wilson, R. (1992b), "Strategic Models of entry deterrence," *Handbook of Game Theory*, Vol. I, Chap 10.
- [58] Zauner, K. (1999) "A Payoff Uncertainty Explanation of Results in Experimental Centipede Games," *Games and Economic Behavior*, 26, 157-185.

Informaciones Científico Culturales

El Premio Interamericano de Ciencia "Bernardo Houssay"

Dr. Luis A. Romo S.

El Premio Interamericano de Ciencia "Bernardo Houssay" otorga la Organización de Estados Americanos a investigadores latinoamericanos que hayan realizado contribuciones notables en los campos de la ciencia que se puntualizan en el Reglamento que sigue. Por la altísima categoría de este Premio, se lo ha denominado "El Premio Nóbel de América Latina".

Con el fin de promover el conocimiento del Reglamento para la concesión del Premio, se transcribe a continuación el texto aprobado el 5 de febrero de 1972 y modificado mediante la Resolución 128-IX-E/81.

La Comisión Ejecutiva Permanente del Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CEPCIECC)

Considerando:

Que el Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CIECC), en su Tercera Reunión Ordinaria (Panamá, 31 de enero a 5 de febrero de 1972) instituyó, mediante Resolución CIECC-127/72, el Premio de Ciencias "Bernardo A. Houssay";

Que la CEPCIECC, mediante Resolución 128-IX.E/81, resolvió uniformar los aspectos administrativos y financieros de los Premios Interamericanos que la Organización de los Estados Americanos (OEA) otorga en los campos de la educación, la ciencia y la cultura;

Que la resolución mencionada y la experiencia adquirida en el otorgamiento del premio, aconsejan modificar la reglamentación que actualmente rige,

Resuelve:

1. Aprobar el siguiente Reglamento que regirá la concesión del Premio de Ciencias “Bernardo A. Houssay”:

a. Objetivos

Este Premio se otorgará a un investigador o a un grupo de investigadores que en un país latinoamericano hayan realizado contribuciones notables en los siguientes campos: 1) ciencias biológicas; 2) ciencias exactas (física, química, matemática y ciencias afines); 3) ciencias agropecuarias; y 4) investigación técnica de importancia para el desarrollo. En este último campo podrán competir investigadores cuyo trabajo, realizado fuera de América Latina, haya significado un descubrimiento de importancia específica para la región.

b. Naturaleza

El Premio será de \$ 30.000 y se concederá anualmente de manera rotativa, en el orden de los campos mencionados. Además, se otorgará el diploma correspondiente y serán costeados los gastos de viaje del premiado desde su lugar de residencia hasta el lugar de entrega del Premio.

c. Presentación de candidatos

Podrán ser candidatos al Premio investigadores presentados por instituciones científicas y/o tecnológicas. El Secretario General aceptará la presentación de candidaturas hasta el 31 de diciembre del año anterior al del otorgamiento del Premio y hará la entrega al Jurado de las propuestas recibidas. Toda propuesta debe estar acompañada de una reseña biográfica del candidato, de una descripción de su obra científica y/o tecnológica y de una relación de las obras y artículos científicos y/o tecnológicos publicados. Al enumerarse las colaboraciones, se pondrá especial cuidado en mencionar a todos los coautores. No será necesario el envío de publicaciones a menos que lo requiera el Jurado. Los documentos o antecedentes que se envíen no serán devueltos a los proponentes.

Los candidatos que no hayan sido seleccionados en el año para el cual se presentó su candidatura, solo podrán competir por el Premio en años subsiguientes, siempre y cuando sean expresamente propuestos para ello por quienes pueden hacerlo de conformidad con este Reglamento.

Los miembros del Jurado deben recibir la información de los candidatos, en lo posible, dos meses antes de la convocatoria para su reunión.

d. Composición del Jurado

El Jurado que discernirá el Premio de Ciencias "Bernardo A. Houssay" estará integrado por cinco miembros designados de la siguiente manera:

- I. La CEPACIECC mediante sorteo establecerá un listado de precedencia entre los Estados miembros. Siguiendo el orden de precedencia, cada año se solicitará a dos Estados miembros que designen cada uno, la institución o entidad de alto nivel que nombrará la personalidad de reconocida autoridad para integrar el Jurado. Si un Estado miembro no desea integrar el Jurado, la solicitud se formulará automáticamente al Estado miembro que siga en orden de precedencia.
- II. La CEPACIECC, establecerá mediante sorteo, un listado de precedencia entre los Estados Observadores ante la OEA a fin de elegir al Estado Observador, que designará la institución o entidad de alto nivel que nombrará un tercer miembro del Jurado.
- III. El Secretario General de la Organización, designará el cuarto miembro del Jurado dando preferencia en la elección a un ganador del Premio "Bernardo A. Houssay" o del premio Nóbel.
- IV. El Comité Interamericano de Ciencia y Tecnología nominará el quinto miembro del jurado. La designación podrá recaer en una personalidad de reconocido prestigio en su respectiva área o en un miembro del propio Comité. La nacionalidad de este miembro deberá ser distinta a la de los miembros escogidos por los países y por el Secretario General.

Por lo menos tres de los miembros deberán ser nacionales de países de la región.

El Representante del CICYT será Presidente del Jurado. El Secretario General procederá a la designación oficial de los miembros y convocará al Jurado del Premio de Ciencias "Bernardo A. Houssay".

e. Secretaría del Jurado

La Dirección del Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos prestará los servicios de Secretaría al Jurado del Premio de Ciencias "Bernardo A. Houssay".

f. Carácter de la decisión del Jurado

La decisión del Jurado será inapelable y deberá comunicarse al Secretario General con la debida antelación a la reunión anual del CIECC, para su anuncio.

g. Entrega del Premio de Ciencias "Bernardo A. Houssay"

El Premio será entregado por el Presidente del CIECC, en ceremonia especial, durante la reunión anual ordinaria de este Consejo. En el caso de que el Premio fuere declarado desierto, la OEA acumulará la cantidad de \$ 30.000 (treinta mil dólares) para otorgar al año siguiente dos premios de \$ 30.000 (treinta mil dólares) cada año, en los dos campos que correspondan siguiendo el orden de sucesión establecido.

De acuerdo al Reglamento del Premio Interamericano de Ciencia "Bernardo Houssay", el Jurado resolvió que los candidatos presenten copias certificadas de todas sus contribuciones científicas: trabajos publicados en revistas, monografías y libros. En el caso al que hacemos referencia en la hoja del VEREDICTO, presentaron sus documentaciones catorce candidatos de nueve Estados miembros de la OEA.

El Jurado Internacional, para evaluar los documentos presentados, sesionó durante tres días con un total de 28 horas de trabajo de conformidad con la metodología que sigue: (a) Examen por cada miembro del Jurado de los trabajos presentados por un período de 12 horas; (b) Examen en sesión plenaria de 8 horas de trabajo de los análisis realizados por cada miembro del Jurado para reducir a 3 el número de candidatos que hayan realizado los

trabajos de más alta calidad científica y (c) finalmente, dos sesiones plenas de 4 horas cada una para al fin mediante criterio unánime seleccionar al candidato merecedor del Premio Interamericano de Ciencia "Bernardo Houssay".

El veredicto alcanzado después de los períodos detenidos de examen de los trabajos presentados se presenta a continuación, a modo de ejemplo, para la concesión del Premio al Profesor Doctor Emilio Rosenbluth.

VEREDICTO

PREMIO INTERAMERICANO DE CIENCIAS "BERNARDO A. HOUSSAY" 1988

El Jurado del Premio Interamericano de Ciencias "Bernardo A. Houssay", designado mediante el procedimiento prescrito en las resoluciones CIECC-127/72 y CEPICIECC 134-X.E/82, se reunió en la sede de la Organización de los Estados Americanos los días 1, 18 y 19 de agosto de 1988, siendo instalado por el doctor Miguel Laufer, Director del Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos.

El Jurado estuvo integrado por los doctores Luis A. Romo S. (Ecuador), designado por el Comité Interamericano de Ciencia y Tecnología (CICYT), Jorge Urzúa (Chile), Ramón E. Martínez A. (Panamá), Francesco C. Casula (Italia) y Fernando Luiz Lobo Barboza Carneiro (Brasil), designado por el Secretario General de la Organización de los Estados Americanos, según lo establece el Reglamento del Premio.

Acorde con los términos establecidos en la Resolución CEPICIECC 134-X.E/82 actuó como Presidente del Jurado el doctor Luis A. Romo S. en su calidad de miembro designado por el Comité Interamericano de Ciencia y Tecnología (CICYT).

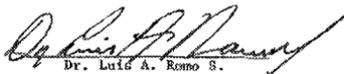
El Jurado realizó sus deliberaciones utilizando como criterios de selección la creatividad de los candidatos, la originalidad y relevancia de su obra, su liderazgo para incentivar el desarrollo científico de su país y la región mediante la formación de recursos humanos, y la valorización global de su obra.

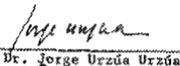
El Jurado realizó el estudio de los expedientes presentados para sustentar los méritos de los catorce candidatos de nueve Estados miembros de la Organización de los Estados Americanos.

Mediante detenidas deliberaciones, el Jurado decidió, por unanimidad de sus miembros, otorgar el Premio Interamericano de Ciencias "Bernardo A. Houssay" correspondiente al año 1988 al Profesor Doctor EMILIO ROSEN-BLUETH en reconocimiento a su obra en el cultivo de las Ciencias de la Ingeniería, especialmente por sus importantes contribuciones originales a la ingeniería sísmica, análisis de estructuras y métodos probabilísticos aplicados a la ingeniería en general. El Jurado consideró también particularmente importante su tesonera gestión en la formación de investigadores de alto nivel, así como su polifacética contribución a la educación superior.

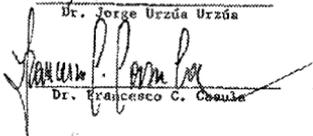
Los miembros del Jurado al tomar esta decisión unánime tuvieron en cuenta que el Premio Interamericano de Ciencias fue establecido para honrar la memoria del ilustre sabio argentino Profesor Doctor Bernardo A. Houssay, cuya vida fue ejemplo de dedicación a la investigación científica, a la formación de investigadores y al progreso de la educación superior para beneficio y desarrollo de los países de la región y para servir de ejemplo y estímulo a los investigadores que realizan contribuciones de importancia para el bienestar de nuestros pueblos.

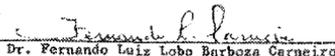
Washington, D.C., 19 de agosto de 1988


Dr. Luis A. Romo S.


Dr. Jorge Urzúa Urzúa


Dr. Ramón-E. Martínez A.


Dr. Francisco C. Obando


Dr. Fernando Luiz Lobo Barboza Carneiro

El autor de esta reseña presidió el Jurado Internacional para conceder el Premio Interamericano de Ciencias "Bernardo A. Houssay" en 1986, 1987, 1988 y 1990. Acorde con la metodología que queda puntualizada y bajo la presidencia del suscrito, el Jurado Internacional confirió el Premio a los siguientes científicos de la Región:

Científico Galardonado	País	Campo	Año
Prof. Dr. Luis Santalo	Argentina	Ciencias Exactas	1986
Prof. Dr. Bruno Mazzani	Venezuela	Ciencias Agrícolas	1987
Prof. Dr. Emilio Rosenbluth	México	Ciencias de Ingeniería	1988
Prof. Dr. Marcos Moshinsky	México	Ciencias Exactas	1990

La conclusión que cabe derivar de esta Reseña es que la concesión del Premio Interamericano de Ciencias "Bernardo A. Houssay" está sujeta a un examen riguroso de las contribuciones científicas de cada candidato realizado por cinco investigadores científicos del más alto nivel de los cuales por lo menos tres son especialistas en el campo que corresponda, siguiendo la sucesión establecida en el Reglamento para la concesión del Premio.

Héroes de la Salud Pública

La Organización Panamericana de la Salud, (OPS), Sede Central de Washington, DC, había instruido a sus representantes en América Latina que, con motivo de la celebración del primer centenario de funcionamiento de la Institución, se realicen serias encuestas en cada país para seleccionar a los médicos que han contribuido en forma sobresaliente a la salud pública, con el propósito de condecorarles en calidad de Héroes de la Salud Pública.

Para conceder estos nombramientos, la Oficina Central de la OPS en Washington sugirió que los candidatos deben reunir excelsas cualidades académicas, ser investigadores reconocidos internacionalmente en salud pública, haber registrado logros en lo servicios de salud pública con espíritu de filantropía y que su gestión haya servido de ejemplo para la formación de nuevas generaciones en el ámbito de la salud pública.

Sobre la base de la plena satisfacción de los requisitos que anteceden, la Organización Panamericana de la Salud otorgó el nombramiento de Héroes de la Salud Pública del Ecuador a las siguientes personalidades: Dra. Georgina Morales de Carrillo, Dr. Rodrigo Fierro Benítez, Dr. Luis Fernando Gómez Lince, Dr. Miguel Márquez Vásquez y Dr. Plutarco Naranjo Vargas.

Los nombramientos fueron entregados a los ilustres médicos en la Sesión Solemne que se efectuó en el Teatro Nacional, a comienzos de julio del año en curso, por el señor Vicepresidente Constitucional de la República. Honraron con su presencia a este acto académico, el señor ingeniero Diego Victoria, representante de la OPS en el Ecuador, los señores Ministros de Relaciones Exteriores, de Salud y de Educación Pública, las autoridades de la provincia de Pichincha y un selecto grupo de ciudadanos invitados para la realización de este acto.

Es digno de encomio el justo reconocimiento de la Organización Panamericana de la Salud a la obra de tan distinguidos galenos que han impulsado el mejoramiento de la salud pública nacional.