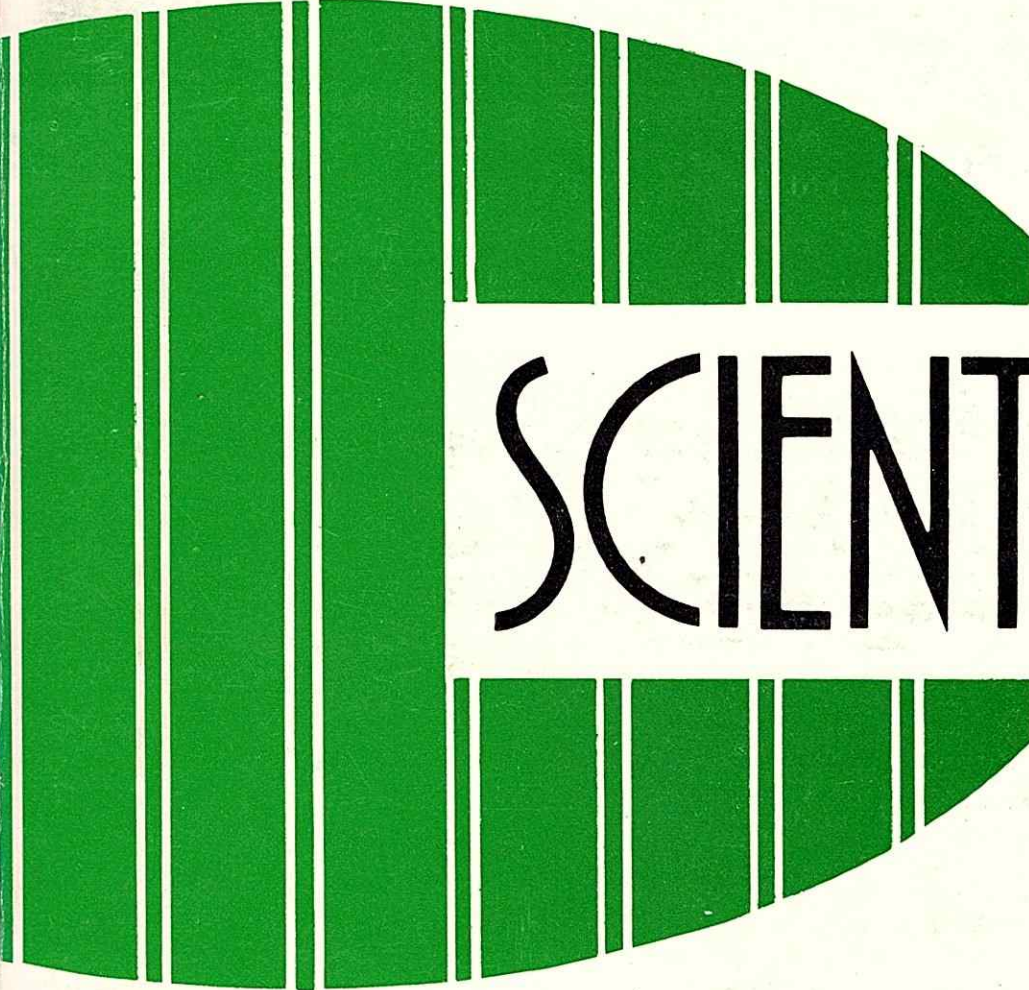


ISSN 0258-9702

DICIEMBRE DE 1988

SCIENTIA

Vol. 3 No. 2



SCIENTIA

REVISTA DE
INVESTIGACION DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMA

DICIEMBRE DE 1988



SCIENTIA

Revista de Investigación de la Universidad de Panamá



Publicación de la

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

NOTA EDITORIAL

Atendiendo un deber con la Nación y de cara a sus propias responsabilidades, el Consejo Académico de la Universidad de Panamá proclamó 1988 como el Año de la Renovación Universitaria.

Con dicho mandato, el máximo órgano de gobierno académico desea promover una política educativa de cambios esenciales y de carácter permanente, que comprometan a la comunidad universitaria en la realización de un ambicioso proyecto de investigación y mejoramiento científico y cultural que se irradie hacia el país y, desde luego, que movilice las energías creadoras que se generan a lo interno de la Institución.

SCIENTIA, Revista de Investigación de la Universidad de Panamá, aspira incorporarse efectivamente a los objetivos y propósitos que animan a la Renovación proclamada por las autoridades. Por ello, y no obstante las dificultades adversas por las cuales transitan la Nación y su Universidad, se ofrece a la comunidad científica una nueva versión de la Revista que recoge una valiosa colección de textos científicos inéditos y de elevada factura intelectual.

Con este esfuerzo editorial, la Revista SCIENTIA se suma a los objetivos de excelencia formulados por la Universidad, y lo hace procurando mantener en sus contenidos una calidad adecuada y consecuente con las exigencias del progreso científico actual.

EFFECTOS DE LOS EXTRACTOS LIOFILIZADOS DE *Momordica charantia* SOBRE LA GLUCEMIA EN PREPARACIONES CANINAS ANESTESIADAS Y CONSCIENTES

RITA M. PEÑALBA T.

Departamento de Fisiología
Facultad de Medicina
Universidad de Panamá

(21 de julio de 1988)

RESUMEN

Esta investigación se realizó con *Momordica charantia* (balsamina), a la que se atribuye en la medicina popular, un efecto hipoglucemiante.

Se utilizaron extractos liofilizados de la planta entera sin hervir y hervido. El extracto sin hervir se administró a preparaciones caninas, vía intragástrica a un grupo y vía endovenosa a otro. En el primero se alcanzó una disminución máxima de la glucemia a la cuarta hora, cuyo valor fue significativamente diferente del valor control del mismo grupo y al del grupo testigo ($p < 0,01$).

En el segundo grupo, administración endovenosa, la disminución máxima se alcanzó a los noventa minutos de iniciado el experimento, cuyo valor fue significativamente diferente del valor control del mismo grupo ($p < 0,05$).

El extracto hervido, se administró a preparaciones caninas conscientes, euglucémicas y diabéticas, vía intragástrica. En el grupo euglucémico se produjo una disminución importante de glucemia al octavo día del tratamiento, cuyo valor fue significativamente diferente del valor control del mismo grupo como lo fue también del valor obtenido en el grupo testigo ($p < 0,05$). El grupo diabético, mostró la disminución más acentuada de glucemia al cuarto día del tratamiento, cuyo valor fue significativamente diferente del valor control del mismo grupo ($p < 0,05$).

PALABRAS CLAVES: *Momordica charantia* — Extractos liofilizados — Preparaciones caninas — Diabéticos — Aloxanizados — Euglucémicos — Conscientes — Anestesiados — Glucemia.

INTRODUCCION

En todos los tiempos, las plantas han jugado un papel importante en la salud del hombre, ya que han sido utilizadas como fuentes medi-

cinales y, aún en la actualidad, se utilizan empíricamente en el tratamiento de diversas enfermedades (Kreig, 1970; Núñez, 1978; Vander,

1977; Velez, 1946).

Con base a este hecho y mediante el estudio sistemático de las mismas, se ha obtenido un número considerable de drogas de origen vegetal, que hoy constituyen productos medicinales aceptados en las farmacopeas y correctamente citados en los textos de farmacología (Albornoz, 1963; Goodman y Gilman, 1980).

Si se toma en consideración estos antecedentes, es de esperar que en la actualidad se sigan utilizando plantas con fines curativos por atribuírseles, dentro del campo de la medicina popular, efectos terapéuticos putativos, tales como: antihipertensivos, anticancerosos, hipoglucemiantes y otros (Rastogi y Dhawan, 1982).

Esta investigación, está orientada a probar o descartar el efecto hipoglucemiante de productos vegetales debido a que desde hace muchas décadas se ha mencionado una serie de plantas con dicho efecto, tales como: *Chrysophyllum cainito*, *Eucaliptus globulus*, *Equisetum bogotense*, *Momordica charantia* y otras (Núñez, 1978).

Para el presente estudio se seleccionó la *Momordica charantia*, (pepinillo, sorosí, pepino cimarrón, balsamina), por ser una cucurbitácea ampliamente distribuída tanto en zonas templadas como tropicales de todo el mundo.

La literatura actual informa acerca de estudios fitoquímicos de esta planta que revelan, en primer lugar, la existencia en ella de proteínas, glucósidos, esteroides y lectinas, algunas de estas últimas con efectos tóxicos (Dutta y colaboradores, 1981; Lin y Chen, 1978; Taquemoto y colaboradores, 1982) y en segundo lugar su efecto hipoglucemiante.

Sin embargo, estos estudios se han realizado en países diferentes al nuestro, donde es probable que la planta de la misma especie varíe, en cantidad y calidad, sus constituyentes. Además, se han llevado a cabo con extractos de semilla y fruto, utilizados en conejos y ratas (Akhtar y Jaqub, 1981; Leatherdale y colaboradores, 1981; Pacheco, 1977).

A diferencia de los trabajos anteriores,

utilizamos extractos liofilizados de la planta entera (tallos y hojas), en caninos anestesiados y conscientes. Estos últimos, divididos en dos grupos: euglucémicos y diabéticos. Todas las unidades del grupo anestesiado fueron euglucémicos.

Se busca, entonces, probar si realmente *Momordica charantia*, en nuestro medio geográfico (Costa Rica y Panamá), tiene los efectos hipoglucemiantes descritos, en sus tallos y hojas. Así, la identificación de una sustancia eficaz como hipoglucemiante sería de gran provecho como alternativa de las drogas existentes, surgiendo la necesidad de identificar a continuación el mecanismo de acción y posteriormente el principio activo responsable del efecto.

MATERIAL Y METODO

Los extractos de *Momordica charantia* fueron preparados y administrados por vía intragástrica y endovenosa a perros anestesiados y conscientes según las siguientes especificaciones.

1. Preparación de extractos vegetales.

Tallo y hojas de la planta previamente congelados, se mezclaron con agua destilada a igual volumen. La mezcla posteriormente fue licuada y filtrada y se lavó el jugo filtrado con éter etílico en una proporción de 4:1. Seguidamente, la porción acuosa resultante fue congelada y liofilizada. Este es el producto que en el texto se señala como extracto sin hervir. Una ligera modificación de la técnica consistió en hervir la planta antes de congelarla, para continuar luego con los pasos descritos en el procedimiento anterior, resultando así el extracto hervido.

2. Preparación animal.

Se trabajó con dos modelos de animales diferentes: preparaciones caninas anestesiadas y preparaciones caninas sin anestesiarse (conscientes), para lo cual se usaron perros adultos jóvenes.

2.1 Preparaciones caninas anestesiadas:

El total de estas preparaciones se dividió

en dos grupos experimentales, de cinco perros cada uno, euglucémicos en su totalidad y anestesiados con pentobarbital sódico (30 mg/kg de peso) (Amstrong, 1970). A ambos se les administró una dosis única de extracto disuelto en solución salina. El primero recibió 100 mg/kg de peso (en 3ml de salina), vía intragástrica. El segundo grupo recibió 50 mg/kg de peso (en 30ml de salina), vía endovenosa, mediante un goteo a razón de 4ml/min.

Cada grupo experimental contó paralelamente con un grupo testigo (n = 5) que recibió solución salina solamente a dosis semejante a la que recibiera, de solución de extracto, el grupo experimental correspondiente.

Inmediatamente antes de iniciar el tratamiento, se extrajo una muestra control de sangre a cada animal a partir de la cual se extrajeron las siguientes, cada hora, hasta completar un total de ocho (8 horas), en el primer grupo; y cada media hora, hasta completar un total de diez (5 horas), en el grupo que recibió el tratamiento por vía endovenosa.

De cada muestra de sangre se midió el nivel de glucemia y el hematocrito.

2.2 Preparaciones caninas conscientes.

El total de estas preparaciones se dividió en dos grupos: euglucémicos (n = 6) y diabéticos (n = 5). El grupo euglucémico contó con un grupo testigo (n = 6).

Una semana antes de realizar el experimento, se llevó a cabo una sesión diaria de entrenamiento con la totalidad de los perros del grupo experimental y testigo a fin de prepararlos para que al realizar con ellos despiertos, las maniobras experimentales, no se produjera cambios en su sistema.

Pasada la semana de entrenamiento y una semana antes de iniciar el tratamiento se implantaron, bajo condiciones de esterilidad y anestesia (Markowitz y colaboradores, 1964), en arteria y vena femoral, a nivel inguinal, sendos catéteres de tygón (Scientific Products), de 0,127 cm de diámetro interno y 0,229 cm de diámetro externo. Al catéter se le colocó un sello de heparina (Leo 500U/ml), diluída en solución salina en una proporción de 1:5

(Schwartz y Reid, 1981; Sernia y Reid, 1980).

Después de una semana de recuperación, previa extracción de la muestra control de sangre, se inició la administración del extracto hervido de *Momordica charantia* vía oral a una dosis diaria de 10 mg/kg de peso, durante diez días. A partir del décimo primer día se administró una dosis doble (20 mg/kg, durante los cinco días subsiguientes).

El extracto se administró en cápsulas de gelatina con la comida. Al grupo testigo, preparado con el mismo procedimiento quirúrgico, en lugar de extracto, se les dio cápsulas de gelatina vacías.

Al grupo de perros diabéticos, previa etapa de entrenamiento e implantación de catéteres, se les inyectó aloxana monohidratada (Sigma Chemical Company), a razón de 55 mg/kg de peso, disuelta previamente en amortiguador citrato-fosfato, p^H 4,5 de manera que se obtenga una solución al 10⁰/o (Engerman y Krames, 1982; Sheehan y Lemaitis, 1983).

Una vez alcanzado el nivel hiperglucémico adecuado 20,93 mmol/l (377 mg/dl), (Akhtar y Jaqub, 1981) y previa extracción de la muestra control, se inició el tratamiento siguiendo el procedimiento descrito para el grupo euglucémico. En ambos grupos, euglucémicos y diabéticos, se extrajeron muestras de sangre cada dos días para la determinación de la glucemia y el hematocrito.

3. Determinación de la glucemia.

Los niveles de glucosa en las muestras de sangre, se determinaron por el método de la o-toluidina ya que por su gran sensibilidad es capaz de detectar pequeñas variaciones en las concentraciones de glucosa (Brilla y colaboradores, 1977; Akhtar y Jaqub 1981).

El hematocrito se midió en cada muestra de sangre, tanto en los grupos anestesiados como en los grupos conscientes, a fin de evaluar la condición fisiológica del animal a lo largo del experimento.

RESULTADOS

1. Variación de la glucemia.

En el grupo anestesiado, tratado con Mo-

mordica charantia, vía intragástrica, que se inició con una glucemia promedio de 5,39 mmol/l (97 mg/dl), se produjo un ligero aumento de la misma durante la primera hora, a partir de la cual fue disminuyendo hasta alcanzar un valor mínimo de 3,77 mmol/l (68 mg/dl), al cabo de la cuarta hora. Este valor representa una disminución promedio de 32,15% del valor inicial. Fig. 1.

fue de 5 mmol/l (90 mg/dl), lo que representa un 91,94% del valor inicial. En el grupo de animales testigo, se registraron ligeras variaciones de la glucemia. Fig. 1.

En el grupo de animales anestesiados, tratados con el extracto por vía endovenosa, el cual se inició con un valor promedio de glucemia de 5,44 mmol/l (98 mg/dl), se observó una disminución progresiva de la glucemia con

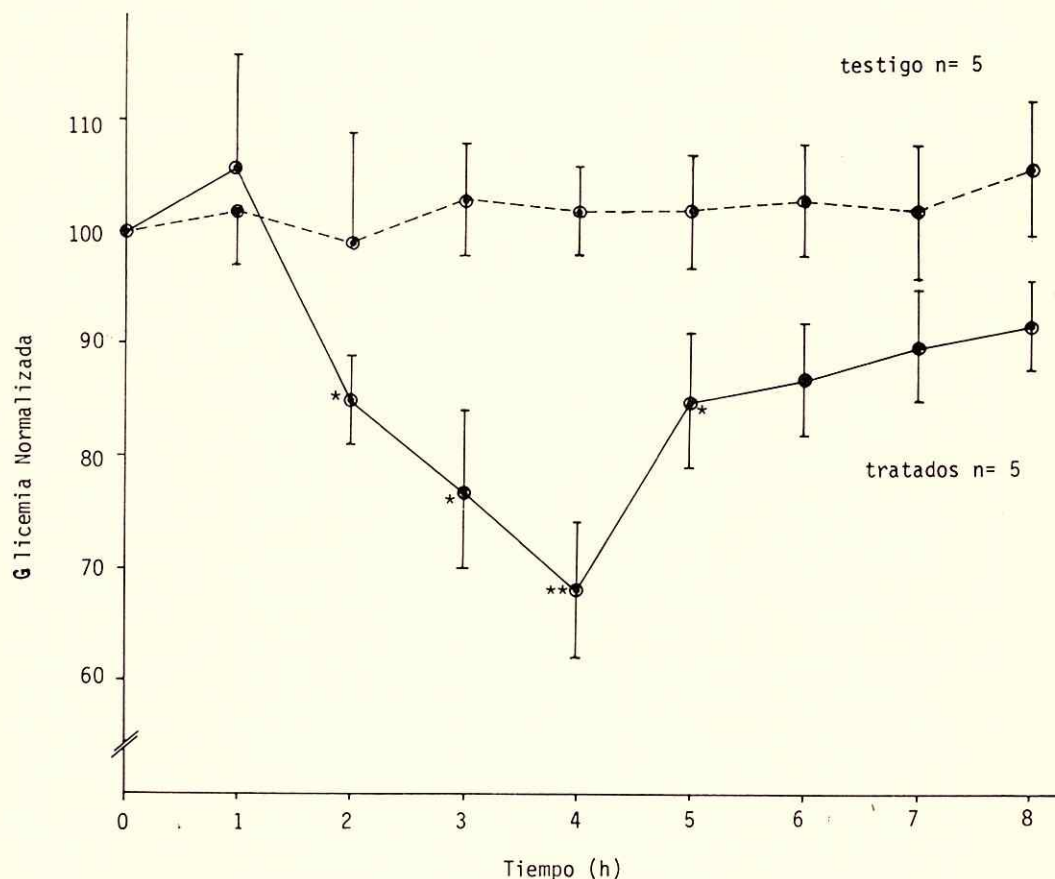


Fig. 1. Variación porcentual de la glucemia en perros agudos testigos y perros agudos, tratados con extracto liofilizado (sin hervir) de *Momordica charantia* por vía intragástrica.

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

A partir de la cuarta hora se observó un aumento de la glucemia, rindiendo al valor original, sin alcanzarlo, aún al término de la octava hora, para la cual el valor de glucemia

ligeras fluctuaciones a lo largo del experimento. En este grupo, se produjo la disminución máxima de glucemia al cabo de las 4,5 horas de iniciado el experimento, cuyo valor promedio fue

de 3,30 mmol/l (70 mg/dl), lo que representa una disminución de 30,17% del valor control de la glucemia. Fig. 2.

En el grupo testigo correspondiente, se observaron ligeras fluctuaciones en los valores

mmol/l (84 mg/dl), esto representa el 81% del valor promedio inicial que fue de 5,70 mmol/l (104 mg/dl). Después de aumentos subsiguientes, se produce una nueva disminución de glucemia en el octavo día, para el cual el valor al-

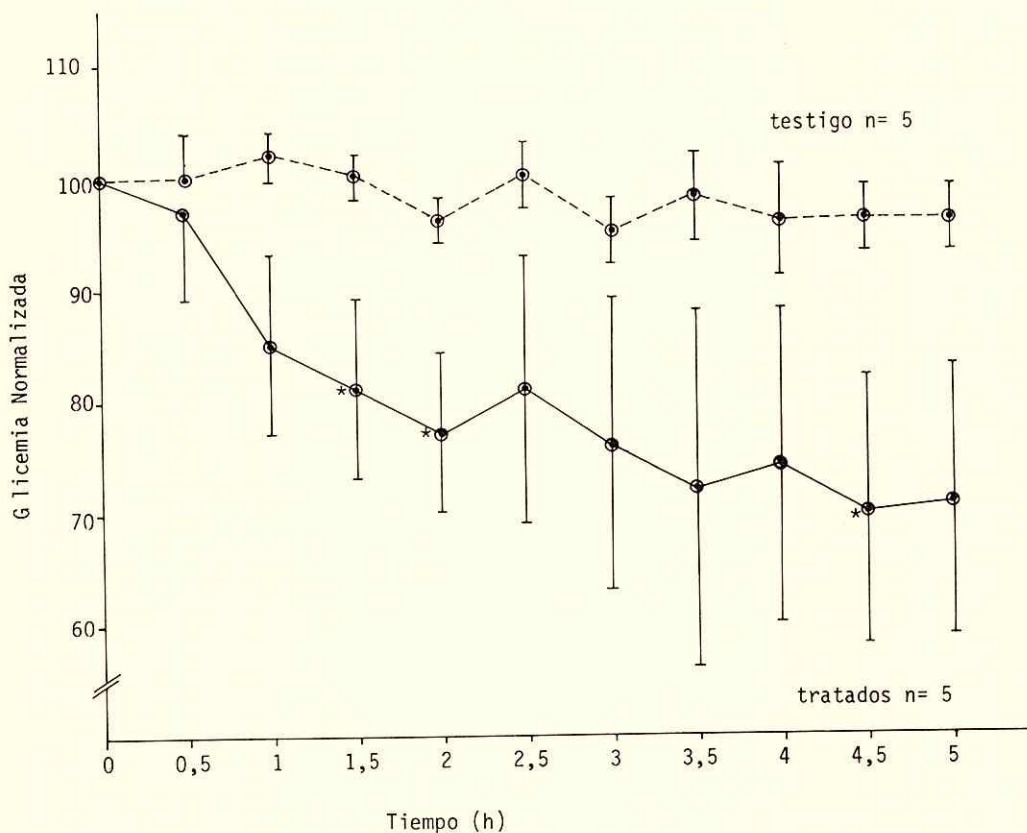


Fig.2 . Variación porcentual de la glicemia en perros agudos testigos y perros agudos, tratados con extracto liofilizado (sin hervir) de *Momordica charantia* por vía endovenosa. *p<0,05

de la glucemia a través del experimento sin que se produjera ninguna disminución importante. Fig. 2.

En las preparaciones euglucémicas conscientes, tratadas con el extracto, se observó una disminución importante de la glucemia a partir del segundo día del tratamiento, la que al cuarto día alcanzó un valor promedio de 4,67

canzado fue de 82,39% del valor inicial. Fig. 3. A pesar de que el tratamiento continúa y que inclusive después del décimo día se dobló la dosis, a partir del octavo día hay una clara tendencia al aumento de la glucemia. Al término del experimento, como consecuencia de lo anterior, el valor de glucemia está muy cerca del valor inicial. Fig. 3.

El grupo testigo presentó a lo largo del experimento variaciones poco importantes de la glucemia, salvo el sexto día donde se observa un aumento del 11,7% sobre el valor inicial. Fig. 3.

a 20,93 mmol/l (377 mg/dl), que se consideró el valor control.

A pesar de que el segundo día de iniciado el tratamiento se observó una variación de la glucemia, la disminución más importante se

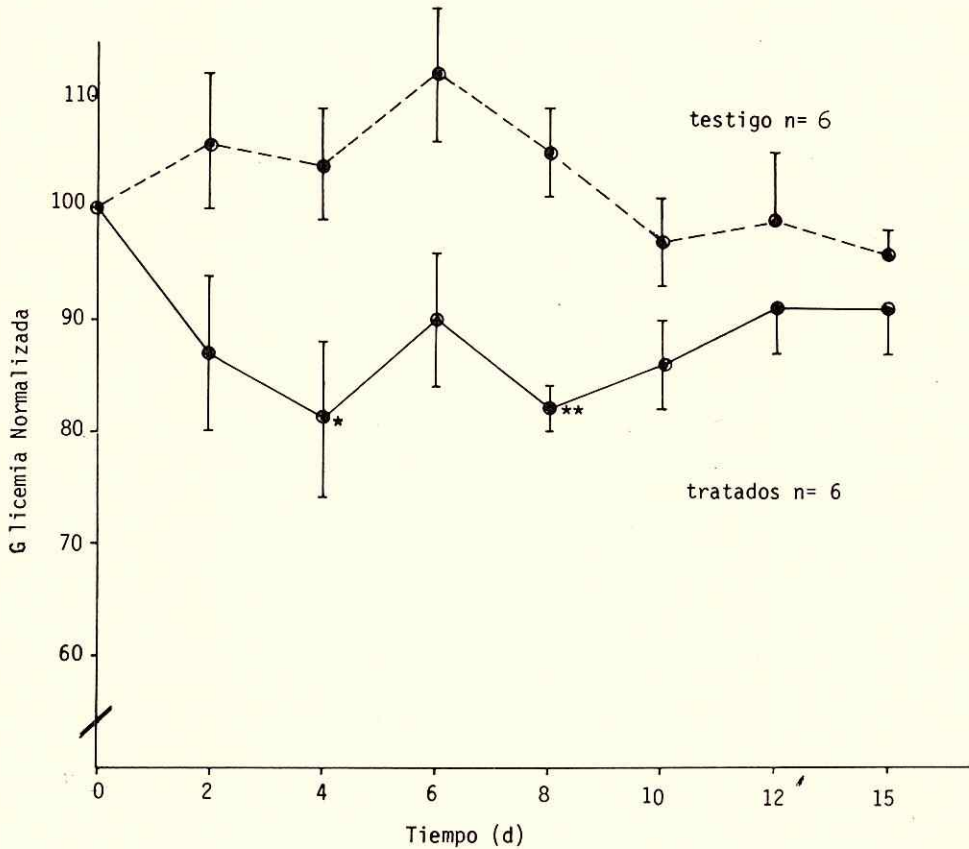


Fig. 3. Variación porcentual de la glicemia en perros crónicos testigos y perros crónicos, tratados con extracto liofilizado (hervido) de *Momordica charantia* por vía intragástrica.
* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

El tratamiento de los animales conscientes diabéticos se inició cuando estos contaban con un valor promedio de glucemia correspondiente

produjo el cuarto día y para entonces el valor promedio fue de 16,55 mmol/l (298 mg/dl), lo que representa un 79% del valor inicial.

Fig. 4. A partir del octavo día, la glucemia mostró una clara tendencia a aumentar, volviéndose a obtener, el día quince del experimento, un valor muy cerca del inicial, a pesar de que la administración del extracto continuó hasta este día.

trica como endovenosa, contaron con valores del hematocrito dentro de un rango de 37^o/o a 47^o/o, el cual, salvo ligeras variaciones, se mantuvo constante a lo largo del experimento.

Los grupos conscientes, euglicémicos y diabéticos, presentaron valores promedios de

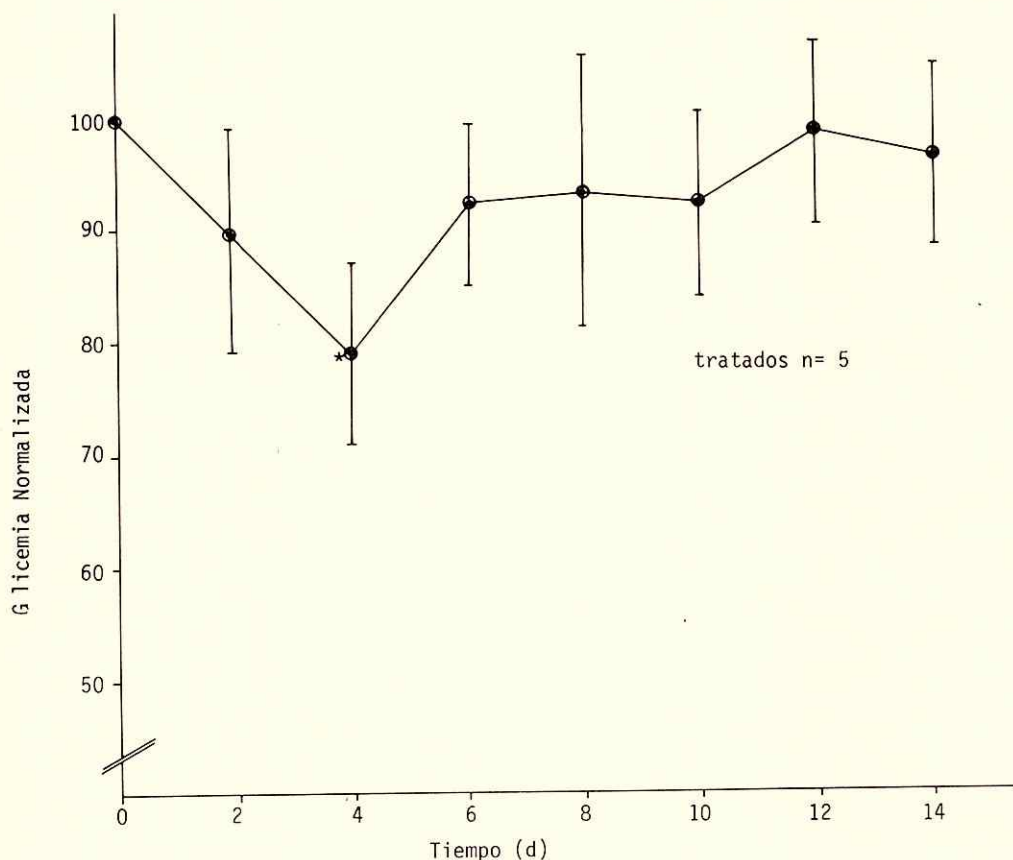


Fig. 4 . Variación porcentual de la glicemia en perros crónicos aloxanizados, tratados con extracto liofilizado (hervido) de *Momordica charantia*, por vía intragástrica. La glicemia control tuvo un promedio de 377 ± 11 mg/dl. * $p < 0,05$

2. Variación del hematocrito.

Los grupos anestesiados, tratados con *Momordica charantia*, tanto por vía intragás-

trada como endovenosa, contaron con valores del hematocrito dentro de un rango de 39^o/o a 41^o/o, el cual se mantuvo estable a lo largo de los quince días del experimento.

DISCUSION

A la luz del análisis estadístico de los resultados, hemos encontrado que en los animales anestesiados que recibieron el extracto por vía intragástrica, la glucemia a la cuarta y quinta hora fue significativamente diferente del valor encontrado en el grupo testigo a las mismas horas ($p < 0.05$). La prueba "t" pareada, que compara los valores de glucemia a las diferentes horas del experimento, con el valor control del mismo grupo, indicó que a la segunda y tercera hora, la glucemia fue significativamente diferente ($p < 0.05$), del valor control del mismo grupo, como lo fue también a la cuarta hora del experimento ($p < 0.01$).

El análisis estadístico (con las dos variantes de la prueba "t", estándar en el primer caso y pareada en el segundo), es consistente en que a la cuarta hora existe una diferencia significativa de la glucemia en el grupo tratado, frente al valor control del mismo grupo y frente al valor del grupo testigo a la misma hora.

En el grupo tratado con el extracto vía endovenosa, a la hora y media, dos y cuatro horas y media, el valor de glucemia fue significativamente diferente del valor control del mismo grupo ($p < 0.05$), aplicando la prueba de "t" pareada.

Al comparar las variaciones de glucemia con las del grupo testigo (prueba de "t" estándar), a las diferentes horas, no se encontró diferencias significativas. Sin embargo, se consideran de importancia los hallazgos con la "t" pareada, ya que esta variante de la prueba es mucho más sensible que la "t" estándar en estos tipos de experimentos.

Aplicando ahora la "t" pareada al grupo de animales conscientes euglucémicos, se encontró que los valores de glucemia obtenidos los días sexto y octavo, del experimento, fueron significativamente diferentes a los valores del grupo testigo los mismos días ($p < 0.05$).

Al comparar los valores de la glucemia del grupo tratado los diferentes días del experimento, con el valor control del mismo grupo ("t" pareada), se encontraron diferencias significa-

tivas el cuarto día ($p < 0.05$), el octavo día ($p < 0.01$), así como también los días diez, doce y quince del experimento ($p < 0.05$).

A la luz de la descripción anterior, observamos que el análisis estadístico es consistente en que la disminución de la glucemia es estadísticamente significativa con ambas variantes de la prueba "t", el día octavo.

En el grupo consciente aloxanizado, aplicando la prueba "t" pareada solamente, observamos que el día cuarto, la glucemia es significativamente diferente del valor control del mismo grupo.

Además de considerar los resultados, es importante señalar en esta discusión como experiencia relevante y novedosa, la utilización de animales conscientes, ya que es el modelo que más se acerca a la condición fisiológica de un organismo íntegro. Una ventaja que presenta esta preparación, es que, durante el tratamiento no está bajo el efecto de la anestesia ni de un trauma quirúrgico, como es el caso del animal anestesiado.

Otra contribución importante de esta investigación, es la utilización del animal diabético cuyos resultados frente a los obtenidos en los euglucémicos, nos permiten proponer la probabilidad de un efecto pancreático y extra-pancreático del extracto de *Momordica charantia*.

Llama la atención sin embargo, que en ambos casos aún bajo la administración sostenida del extracto, el efecto hipoglucemiante no se mantiene en el tiempo. Es evidente que tanto en el grupo euglucémico como en el diabético, hay una tendencia a recuperar el valor inicial de la glucemia a partir del octavo y cuarto día respectivamente.

Surge aquí la necesidad de llevar a cabo estudios posteriores, que permitan descubrir los sitios de acción del extracto y posibles efectos secundarios del mismo, elementos que ayudarían de manera concreta a explicar este comportamiento.

CONCLUSIONES

Los extractos liofilizados de la planta entera (tallos y hojas) de *Momordica charantia*, presentaron un efecto hipoglucemiante, administrado tanto por vía intragástrica como por vía endovenosa.

El efecto de *Momordica charantia*, es ligeramente más eficaz cuando se administra por vía intragástrica que cuando se administra por vía endovenosa.

Tanto el extracto liofilizado sin hervir como el hervido fueron eficaces en producir un efecto hipoglucemiante, el cual se hizo evidente tanto en modelos euglicémicos como en aloxanizados, lo que nos lleva a proponer una acción pancreática y extra-pancreática.

El efecto hipoglucemiante no se prolonga en el tiempo a pesar de la administración sostenida del extracto.

SUMMARY

According to our results, we can assure that the extract of the leaves and stem of *Momordica charantia* has an hypoglycemic effect.

This effect is produced when it is administered intragastrically or endovenously, however the effect is more effective if it is administered intra gastrically.

We also found that the boiled extract was effective in decreasing the glicemic levels to the euglicemic animals and to the diabetic ones.

These findings allow us to suggest that the substance responsible for the hipoglicemic effect is resistant to heat, and it has a probably pancreatic and extrapancreatic effect.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Albornoz M., A.R. 1963. Guía Farmacognósica de drogas vegetales de interés económico de la actualidad. Partes II, III, IV y V. Departamento de Publicaciones, Fac. de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria, Caracas.

Akhtar, M.S. Athar, M.A. y Jaqub, M. 1981. Effect of *Momordica charantia* on blood glucose level of normal and alloxan-diabetic rabbits. *Planta Médica* 42(3): 204-212.

Armstrong, G.G. Jr. 1970. Segunda edición. Manual de Prácticas de Fisiología. Editorial Interamericana, S.A., México.

Brilla, E., Schosinsky, Esquivel, J.M., Chavarría M. 1977. Cuantificación de glucosa por el método de la ortotoluidina. *Acta Med. Cost.* 20:18-23.

Dutta, P.K., Chakravarty, A.K., Chowdhury, U.S. y Pakrashi, S.C. 1981. Vicine, a favism-inducing toxin from *Momordica charantia*. Linn seeds. *Indian J. Chem.* 20B: 669-671.

Engerman, R.L. y Krames, J.W. 1982. Dogs with induced or spontaneous diabetes as models for the study of human diabetes mellitus. *Diabetes* 31 (Suppl. 1): 26-29.

Goodman, G.A., Goodman, L.S. y Gilman, A. 1980. Sexta Edición. The Pharmacological Basis of Therapeutics. McMillan Publishing, Co., Inc. New York.

Kreig, M.B. 1970. Medicina Verde. Compañía Editorial Continental, S.A., México, D.F. Autorizado por Pand McNally.

Leatherdale, B.A., Panesar, R.K., Singh, G., Atkins, T.W. Barley, C.J. and Bignell, A.H.C. 1981. Improvement in glucose tolerance due to *Momordica charantia* (Karela). *Br. Med. J.* 282:1823-1824.

Lin, J.Y., Hou, M.J. and Chen, Y.Ch. 1978. Isolation of toxic and non-toxic lectins from the bitter pear melon (*Momordica charantia* Linn). *Toxicon* 16:653-660.

Markowitz, J., Archibald, J. y Dawnie, H.G. 1964. Fifth Edition. Experimental Surgery. The Williams & Wilkins Company. Baltimore. Baltimore.

Núñez, M.E. 1978. Plantas Medicinales de Costa Rica y su Folklore. Editorial Universitaria de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Pacheco, J.M. 1977. Contribution to the Pharmacognostic Study of the Fruit of the Balsam Pear (*M. charantia*). *Arq. Jard.*

- Bot. Rio de J. 21: 141-234. (De Biol. Abstr. 67(11):6868, 1979).
- Rastogi, R.P. y Dhawan, B.N. 1982. Research on medicinal plants at the Central Drug Research Institute, Lucknow (India). Indian J. Med. Res. 76 (Suppl): 27-45.
- Schwartz, J. y Reid, I.A. 1981. Blood pressure regulation during hemorrhage in conscious dogs. Endocrinology 109(5): 1778-80.
- Sernia, C. y Reid, I.A. 1980. Stimulation of angiotensinogen production: a dose-related effect of angiotensin II in the conscious dog. Am. J. Physiol. 239: E442-E446.
- Takemoto, D.J., Dunford, Ch. and McMurray, M.M. 1982. The cytotoxic and cytostatic effects of the bitter melon (*Momordica charantia*) on human lymphocytes. Toxicol 20(3): 593-599.
- Vander, A. 1977. Plantas Medicinales, las Enfermedades y su Tratamiento por las Plantas. Editorial y Librería Sintés-Ronda Universidad. Barcelona, España.
- Vélez, S.F. 1946. Importancia de las Plantas Medicinales para la Terapéutica y la Economía de Venezuela. Lit. y Tip. Vargas, Caracas, Venezuela.

ESTUDIO ELECTROFORÉTICO DE LAS PROTEÍNAS DE LA HEMOLINFA DE *R. PROLIXUS*

MARIA M. MUÑOZ DE ALEMAN

Centro de Investigación de Enfermedades Parasitarias
Facultad de Medicina
Universidad de Panamá

(21 de julio de 1988)

RESUMEN

El *R. prolixus* es considerado uno de los principales vectores de la enfermedad de Chagas en América. Este triatomíneo posee como única fuente de alimentación la sangre, la cual es indispensable para completar su metamorfosis. Se realizó un estudio electroforético en PAGE-SDS, (Gel de poliacrilamida con sodio dodecil sulfato), de la hemolinfa de *R. prolixus* durante diez semanas después de la ingesta inicial, obteniéndose un número variable de bandas de proteínas de diferentes pesos moleculares durante las semanas encuestadas. Se pudo determinar la tercera semana como la de mayor diferenciación proteínica.

Los primeros investigadores en realizar estudios electroforéticos de la hemolinfa de los triatomíneos fueron Benoit y Sande (1959), y Sande y Karcher en 1960, quienes realizaron la separación de las proteínas de la hemolinfa de *R. prolixus* alimentado de cobayo utilizando agar; obteniendo once bandas de proteínas. En 1963, Zeledón y Morúa realizaron comparaciones entre la hemolinfa de *R. prolixus* y varias especies de *Triatoma* alimentados de conejo y paloma. Adams y Rickman en 1969, reportaron diferencias cuantitativas al alimentar *T. rubida* de conejo y gallina. Posteriormente, esta técnica fue utilizada para diferenciar triatomíneo en diferentes zonas geográficas de Argentina y del Brasil en base al número de fracciones proteínicas obtenidas en cada caso (Actis et. al, 1964). Trabajos de Perassi en 1972 con diferentes especies de Triatomíneos, permitieron visualizar mayor número de bandas de separación en la hemolinfa de *R. prolixus* utilizando geles de poliacrilamida. El objetivo de esta investigación fue determinar si existen diferencias cualitativas en las proteínas de la hemolinfa de *R. prolixus* a partir de la ingesta de sangre de animales de experimentación, en esta ocasión de ratones blancos, y calcular el peso molecular de cada uno de las diferentes proteínas aisladas. Para realizar la investigación, se utilizaron geles de poliacrilamida con Sodio Dodecil Sulfato (SDS-PAGE), con gradiente de densidad (15°/o — 5°/o) (Swank et. al. 1971). Teñidas con azul de Coomasie y nitrato de plata amoniacoal, se detectaron proteínas en concentraciones de 0.1 nanogramo en 5 microlitros de muestra. El peso molecular de cada una de las bandas de proteínas obtenidas se calculó por regresión logarítmica, tomando como base la migración electroforética de proteínas de peso molecular conocido (Zingales, 1984).

MATERIALES Y METODOS

Las ninfas de *R. prolixus* fueron obtenidas del insectario del Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Los Andes de Bogotá, Colombia. Fueron colocadas para su alimentación en ratones blancos de 20 ± 3 g de peso, por 1 hora en la oscuridad. Después de 7 días de ingesta, se inició la toma de muestra de la coxa delantera, sin ejercer presión sobre el insecto (D' Alessandro, 1964) hasta la décima semana. Las ninfas no fueron realimentadas ni reutilizadas ya que se eliminaban una vez que era tomada la muestra.

Los geles de poliacrilamida fueron preparados de acuerdo a las notas 250 y 360 de LKB, basándose en los principios expuestos por Chrambach et. al, 1971. Las corridas electroforéticas se realizaron en cámaras de corrida vertical, a 250 voltios por 3 horas, con circulación de agua fría (LKB 2209 Multitemp), utilizando 5 microlitros de muestra y estándares proteicos de peso molecular conocido tales como IgG (160kd), Albúmina (68kd), Ovoalbúmina (43kd), IgG (cadenas livianas), (25kd) y lisozima (14kd). También se utilizó la corrida de hemolisados de sangre de ratón como control del material ingerido

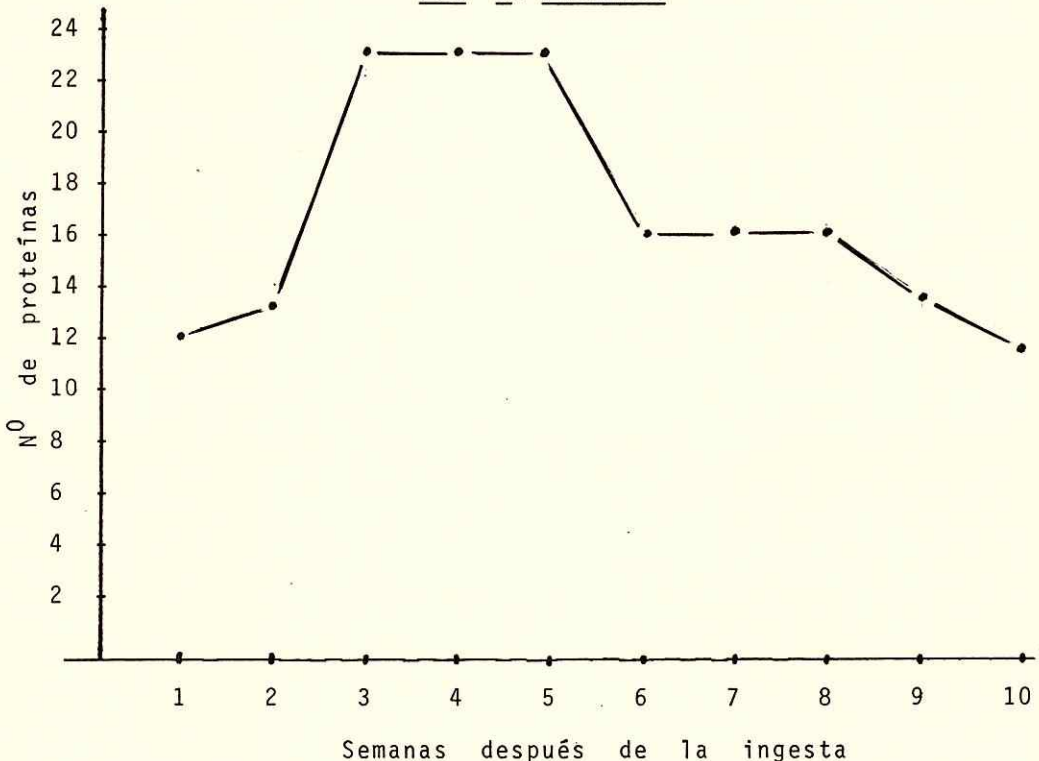
GRAFICA No. 1

CURVA DE DEGRADACION PROTEINICA DE LA SANGRE INGERIDA POR R. PROLIXUS

GRAFICA N^o 1

CURVA DE DEGRADACION PROTEINICA DE LA SANGRE INGERIDA

POR R. PROLIXUS



por los triatomíneos. La fijación de las proteínas en el gel se logró con ácido tricloroacético al 15% y se realizaron tinciones de Azul

de Coomassie y Nitrato de Plata Amoniacal (Morrissey, 1981). Los pesos moleculares de las proteínas presentes en el gel se calcularon

TABLA No. 1

PROTEINAS PRESENTES EN LA HEMOLINFA DE *R. PROLIXUS* NO INFECTADO, ALIMENTADO DE SANGRE DE RATON DESDE LA PRIMERA HASTA LA DECIMA SEMANA DESPUES DE LA INGESTA.

Pesos moleculares de las proteínas kd	Sangre hemolisada de ratón	Proteínas en la hemolinfa de <i>R. prolixus</i> después de cada semana.									
		1ra.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.	7ma.	8va.	9na.	10ma.
375	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
347	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
290	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
251	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
212	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
208	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
201	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
180	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
169	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
156	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
152	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
134	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
128	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
104	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
98	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
88	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
85	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
83	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
69*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
63	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
61*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
58	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
55	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
53	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
47	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
43	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
39*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
35	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Proteínas presentes en la sangre del ratón y en la hemolinfa del vector.

en base al método de regresión logarítmica, sobre un total de 25 geles para cada una de las semanas estudiadas (Doménech, 1980).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se pueden visualizar en la Tabla No. 1

Se observa la existencia de proteínas diferenciales en la hemolinfa de *R. prolixus* y las que se encuentran en la sangre del ratón, lo cual indica que las proteínas ingeridas, posteriormente son degradadas por metabolismo propio del insecto, con excepción de las proteínas de 69, 61 y 27 kd. que son propias de la sangre del ratón, ya que permanecieron en las muestras de hemolinfa durante todas las semanas encuestadas. La proteína de 39 kd. presente en la sangre del ratón, es de muy lento metabolismo ya que se mantuvo en la hemolinfa del vector durante 8 semanas de estudio para ser degradada posteriormente.

En base a estos resultados, se construyó la gráfica (No. 1) que permite visualizar mejor la secuencia de degradación proteínica una vez alimentado el insecto, en base al número de bandas de proteína aparecidas en cada semana de estudio.

Analizando la Gráfica y Tabla No. 1, se observa que las proteínas de mayor peso molecular son las que se degradan inicialmente, y que no es sino en la tercera semana después de la ingesta cuando se obtiene la máxima degradación de las proteínas ingeridas (23 proteínas), las cuales se mantienen durante la semana cuarta y quinta; posteriormente ocurre un nuevo requerimiento energético ya que entre la quinta y sexta semana se degradan proteínas de menor peso molecular. Esto indica que estos vectores pueden sobrevivir largo tiempo sin ingerir sangre y mantenerse con su metabolismo propio, lo cual es de gran significado desde el punto de vista epidemiológico.

DISCUSION

Sólo existieron tres proteínas presentes en la sangre del ratón que se encontraron en la

hemolinfa sin metabolizar, durante las 10 semanas de estudio. Estas fueron las de 69kd (albúmina), 61kd (prealbúmina) y 27kd (glicoproteína). La proteína de 39kd (glicoproteína), se metaboliza pero lentamente, ya que se mantuvo en el vector sin metabolizarse hasta la octava semana. Ello indica que el insecto posee un metabolismo propio de proteínas que le permiten su supervivencia; este metabolismo es lento ya que se observó que el máximo número de bandas de proteínas se obtuvo a la tercera semana, tiempo recomendado para futuros exámenes taxonómicos en donde se utiliza el estudio electroforético de la hemolinfa como parámetro para establecer diferencias taxonómicas de estos vectores.

Por ende, se considera factible la utilización de la técnica de PAGE-SDS para estudios de proteínas de la hemolinfa de Triatómicos, pudiéndose utilizar esta técnica para la caracterización taxonómica de estos vectores en las diferentes zonas geográficas afectadas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Dr. O. Sousa la utilización del equipo de LKB Electroforesis, de la sección de Parasitología de la Facultad de Medicina, para realizar las corridas electroforéticas de la muestra, al Dr. C. J. Marinkelle (Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia), por el suministro de las ninfas de *R. prolixus* y al Dr. E. Patarroyo (Instituto de Inmunología y Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia), por el suministro de los controles de proteína...

SUMMARY

R. prolixus is one of the principal vectors of Chagas' disease in America. This Triatoma, needs blood for his maintenance and this is essential in order to complete his metamorphosis. An electrophoretic study was carried out using SDS-PAGE (polyacrylamide gel with sodium dodecyl sulphate), to characterize the hemolymph of *R. prolixus* at weekly intervals, for up to 10 weeks, post ingestion. The results showed the presence of a number of proteins

with different molecular weight, through the 10 week period; the highest number of proteins was observed during the third week; therefore, we suggest this week for future taxonomic studies.

BIBLIOGRAFIA

- Actis, A., Traversa, A., Carcavallo, R., 1964. Estudio taxonómico sobre el género *T. laporte* mediante electroforésis de linfa. *Ann. Esc. Nac. Cien. Biol. Mex.* 8: 97-106.
- Adams, R., Ryckman, R., 1969. A comparative electrophoresis study of the *T. rubida* complex (Hemiptera; Reduviidae: Triatominae). *J. Med. Ent.* 6 (1): 1-18.
- Benoit, P. L. G., Sande M. van., 1959. Étude des protéines de l'hémolymph de *T. infestans* et *R. prolixus* por ultramicroelectrophoreses en gel gelosa. *Ann. Soc. Bel. Med. Trop.* 39 (2): 135-42.
- Chrambach, A., Rodbard, D., 1971. Polyacrylamide gel electrophoresis. *Science* 172 (3982): 440-451.
- D'Alessandro, A., 1964. Technique of haemolymph examination to detect *T. rangeli* in triatomid bugs. (Abstr) *Proc. 7 th Int. Congr. Trop. Med. Malaria* 2: 247-48.
- Doménech, J. M., 1980. *Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores.* 3ra. Ed. Editora Herber Barcelona. España pp. 538-568.
- Fehrstrom, H., Moberg, O., 1977. SDS and conventional polyacrylamide gel electrophoresis with LKD 2117 Multiphore. LKB Application Note 306.
- Lehninger, A. L., 1983. *Bioquímica. Las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular.* Ed. Omega S. A. Platón 26, Barcelona. Trad. Calvet F. y Bozal J. pp. 61-185.
- Morrisey, J., 1981. Silver stain for protein in polyacrylamide gels. A modified procedure with enhanced uniform sensitivity. *Anal. Biochem.* 117: 307-310.
- Perassi, R., 1972. Protein components of the haemolymph of triatomid bugs (Hemiptera: Reduviidae) *Bol. Chile Parasit.* 27: 60-74.
- Sande M., van, Karcher, D., 1960. Species differentiation of insects by haemolymph electrophoresis. *Science* 131: 1103-04.
- Swank, R., T., Munkers, K. D., 1971. Molecular weight analysis of oligopeptides by electrophoresis in polyacrylamide gel with sodium dodecil sulfate. *Anal. Biochem* 39: 162-177.
- Winter A., EK K., Anderson, V.B., 1977. Analytical electrofocussing in thin layer of polyacrylamide gels. LKB application note 250.
- Zeledón, R., Morúa E. E., 1963. Análisis electroforético de la hemolinfa de algunas especies de triatómineo (Hemiptera: Reduviidae) *Rev. Biol. Trop.* 11 (2): 185-195.
- Zingales, B., 1984. Analysis of proteins by sodium dodecil sulfate. Polyacrylamide gel electrophoresis In. *Genes and Antigens of Parasites. A Laboratory Manual* pp. 357-363., 2da. Ed. C. M. Morrel. Fund. O. Cruz. Río de Janeiro, Brasil.

LA POBLACION MICROBIANA DEL BAGAZO EN LOS INGENIOS AZUCAREROS DE LA REPUBLICA DE PANAMA

MAYRA WILLIAMS¹, MARION C. DE
MARTIN, MARKELA O. DE QUINZADA

Departamento de Microbiología (Sección de Micología)
Facultad de Medicina
Universidad de Panamá

(15 de agosto de 1988)

RESUMEN

La exposición del hombre a la población microbiana que contamina el bagazo de la caña, puede acarrear la bagazosis en forma aguda o crónica con mayor o menor repercusión sobre la función pulmonar y por ende sobre la salud. El bagazo, como residuo fibroso de la caña de azúcar, representa un substrato rico en hidratos de carbono lo cual favorece el crecimiento y multiplicación de varios microorganismos, entre ellos bacterias, mohos y levaduras. La inhalación de estos microorganismos o sus productos tóxicos puede desencadenar enfermedad en hospederos susceptibles. Hemos hecho cultivos de bagazo y de ambientes expuestos al mismo para determinar su composición microbiana. De un total de 154 cultivos se lograron 396 aislamientos, de los cuales el 63.13^o/o era de mohos en orden descendente-*Aspergillus*, *Penicillium*, *Neurospora*, *Cladosporium*, *Zygomycetes*; 29.7^o/o de levaduras y finalmente 7^o/o de bacterias (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Serratia*, *Micrococcus*). En términos generales, se encontró un parecido significativo entre la población microbiana del bagazo y los ambientes expuestos al mismo.

Los hallazgos obtenidos hasta ahora permiten emprender otra fase de la investigación para determinar si los trabajadores expuestos al riesgo de enfermar presentan síntomas y signos compatibles con la bagazosis.

PALABRAS CLAVES: Bagazo, bagazosis, ingenios azucareros, población microbiana, mohos, levaduras, bacterias, *Aspergillus*, *Penicillium*.

INTRODUCCION

El bagazo es el residuo fibroso de la caña de azúcar después de la extracción del jugo. Su naturaleza fibrosa, aunada a su capacidad aislan-

te, lo hace útil para la manufactura de cartón prensado, materiales térmicos y acústicos para aislamiento, cierta clase de papel y ladrillos re-

1 Programa de Salud Ocupacional — Complejo Hospitalario Metropolitano, Caja de Seguro Social, Ciudad de Panamá.

fractarios al calor. El bagazo también se emplea para cama de animales de establos y aves de corral, como fertilizante y primordialmente como combustible para las fábricas productoras de azúcar durante la época de zafra (Hearn, 1968). Este proceso genera en forma continua un apilamiento de material orgánico en áreas abiertas o cerradas expuestas a temperatura y humedad elevadas, lo cual favorece el crecimiento y proliferación de microorganismos potencialmente nocivos para la salud del hombre. Tanto es así que ya para la década de los 40, se publica una investigación sobre el papel que juegan los microorganismos en la etiología de la bagazosis (Jamison, 1941); desde entonces la literatura ha reportado casos en Estados Unidos, Puerto Rico, India, Italia, Inglaterra, Cuba, Perú y las Filipinas (Hearn, 1968; Nicholson, 1968).

La bagazosis es una enfermedad aguda del tracto respiratorio asociada con la inhalación de material orgánico contaminado con esporas de hongos de diferentes especies, entre ellas *Alternaria*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Penicillium*, *Mucor* y *Rhizopus* (Daman, 1979; Emanuel, 1983; Hearn, 1968; Joseph, 1983). También han sido aisladas bacterias termofílicas del género *Actinomyces*.

Estudios hechos en otros países documentan que la inhalación de polvos orgánicos contaminados con microorganismos por trabajadores expuestos representa un riesgo ocupacional, pudiendo éstos enfermar con síndromes respiratorios agudos o crónicos (Asmussen, 1986; Hearn, 1968). Aún se carece de esta información para la República de Panamá. Investigaciones previas inéditas (Williams) realizadas de las condiciones ambientales en los seis ingenios azucareros de la industria azucarera panameña, mostraron que el ambiente de trabajo es propicio para la proliferación de microorganismos asociados a patología respiratoria humana, especialmente la bagazosis y/o neumonitis alérgica.

El objetivo general de este trabajo es señalar la importancia del hallazgo de los mi-

croorganismos relacionados con el bagazo de la caña para los trabajadores expuestos durante el período de zafra en los ingenios azucareros de la República de Panamá. Los objetivos específicos son: 1) Aislar e identificar microorganismos procedentes del bagazo de la caña de azúcar; 2) Determinar la extensión de la contaminación por microorganismos procedentes del bagazo en diferentes áreas de la fábrica productora de azúcar.

Proceso de Fabricación del Azúcar (Enciclopedia, 1974 y 1975).

A continuación se enumeran los pasos a desarrollarse en el proceso de fabricación del azúcar (ver Figura): extracción del jugo, purificación, cristalización y refinado. Del basculador (1) la caña es machacada y el jugo se extrae mediante pesados rodillos o molinos (2); el residuo fibroso constituye el bagazo. Debido al contenido de albumen y pectina del jugo, precisa el calor para eliminar las impurezas y para obtener sacarosa (3). Una vez aclarado, el jugo se concentra mediante evaporación al vacío (4) hasta que se precipita en forma de cristales verdosos. El jugo concentrado o melaza se forma en los tachos (5), y al recibir el tratamiento centrífugo (6) se convierte en azúcar moreno. En las refineras, el azúcar moreno se disuelve con diversos productos químicos y se filtra con carbón animal, luego el jarabe filtrado se evapora al vacío hasta cristalizarse. Por último, se aplica la centrifugación hasta que se obtiene un polvo blanco cristalino (7).

PARTE EXPERIMENTAL

En marzo y abril de 1982 se expusieron platos de Sabouraud, Littman y Mycosel durante 15 minutos en cada una de las siguientes áreas cargadas de bagazo: molinos, esteras, calderas, almacén de bagazo, patio de caña, patio de recolección de bagazo, conductor de bagazo, filtros, evaporadores, tachos, cristalizador, centrífuga y empacadora correspondientes a los ingenios de Chiriquí (Alanje), Las Cabras (Península de Azuero), La Estrella



y Santa Rosa (ambos en Aguadulce) y la Victoria (Santiago de Veraguas). En igual forma, se expusieron platos en ambientes no directamente en contacto con el bagazo, a saber: el laboratorio, planta eléctrica, carpintería, depósito, destilería (Ingenio Las Cabras), oficina, dormitorios, cocina, comedor. También se tomaron muestras de bagazo para sembrar en los medios ya mencionados.

Las muestras así obtenidas en los diferentes ingenios se transportaron al laboratorio donde fueron incubadas a temperatura ambiente y observados los cultivos regularmente durante 30 días. La identificación de los microorganismos aislados se llevó a cabo con base en los procedimientos publicados sobre el particular (Barron, 1968; Lennette, 1985; McGinnis, 1982).

RESULTADOS

De 154 muestras de bagazo de caña y ambientes expuestos al bagazo en los 5 ingenios estudiados, se logró un total de 396 aislamientos de microorganismos distribuidos en tres grupos así: Mohos - 250, Levaduras - 118 y Bacterias - 28 (ver Tablas No. 1 y 2). Los Mohos aislados e identificados con mayor fre-

cuencia fueron *Aspergillus*, *Penicillium* y *Neurospora*, seguidos de *Cladosporium* y los *Zygomycetes* (*Absidia*, *Basidiobolus*, *Rhizopus*) y finalmente *Fusarium* y *Scopulariopsis* con 7 y 6 aislamientos cada uno respectivamente. Las levaduras aisladas correspondían a especies de *Candida*, *Rhodotorula* y *Saccharomyces*; las bacterias pertenecían a los géneros *Acinetobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Micrococcus* y *Serratia*.

En la Tabla No. 3 se observa que para los 5 ingenios estudiados, del bagazo almacenado se aislaron levaduras, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Zygomycetes*; *Neurospora* se aisló en todos menos La Estrella; no se aisló *Cladosporium* del bagazo procedente del Ingenio Las Cabras pero sí en los demás. El bagazo de la Victoria y La Estrella presentaron *Scopulariopsis*, no así el de los otros 3 ingenios. En cuanto al *Fusarium*, éste fue identificado en el bagazo de Santa Rosa, La Estrella y Las Cabras, pero no en los otros dos ingenios, a saber La Victoria y Chiriquí. Los aislamientos para el Ingenio La Estrella fueron reducidos, lo cual se debe al bajo número de muestras obtenidas, por lo que éstas no pueden considerarse como representativas. Hubo bacterias en el bagazo almacenado para los 5 ingenios investigados.

Al efectuar una comparación entre los hongos (mohos y levaduras) aislados del bagazo y aquéllos aislados de sendos ambientes expuestos al mismo, resalta que en términos generales, los hongos aislados del bagazo son los mismos que aquéllos aislados de los ambientes expuestos al bagazo, salvo los casos en los cuales el número de aislamientos era muy reducido para el hongo en particular, v.g. Scopulariopsis, Fusarium y Cladosporium (ver Tabla No. 3). Del bagazo obtenido de los cinco ingenios (Las

numerosos, excepción hecha del bagazo de Las Cabras y La Estrella, de donde no se aisló Cladosporium ni Neurospora, respectivamente. Para Las Cabras y Santa Rosa, se observa una estrecha relación entre los hongos aislados del bagazo y los ambientes mayormente expuestos, no siendo así para los ingenios La Victoria y Chiriquí.

Para determinar la extensión de contaminación por bagazo y por ende de su carga microbiana en áreas y ambientes alejados de la

TABLA No. 1
MICROORGANISMOS AISLADOS
EN LOS INGENIOS AZUCAREROS DE PANAMA
N = 396 AISLAMIENTOS

MICROORGANISMOS	Nº DE AISL. ¹	PORCENTAJE (#/396)
I. MOHOS	250	63.13
ASPERGILLUS	87	21.96
PENICILLIUM	61	15.46
NEUROSPORA	47	11.86
ZYGOMYCETES	22	5.55
CLADOSPORIUM	20	5.05
FUSARIUM	7	1.76
SCOPULARIOPSIS	6	1.51
II. LEVADURAS	118	29.79
II. BACTERIAS	28	7.07

¹ AISLAMIENTOS

Cabras, La Victoria, Chiriquí, Santa Rosa y La Estrella), se aislaron los mismos 6 hongos más

actividad productora de azúcar, se tomaron numerosas muestras ambientales en la planta

eléctrica, cocina, comedor, laboratorio y otros. De estas áreas, se aislaron básicamente los mismos microorganismos que se identificaron en el bagazo y los ambientes directamente expuestos al mismo. Como ambientes menos expuestos al bagazo de la caña, las cocinas de La Victoria, Chiriquí y Santa Rosa todas arrojaron levaduras; las de La Victoria y Santa Rosa, además, tenían especies de *Aspergillus* y *Penicillium*.

Los intentos para aislar *Actinomyces* termofílicos fueron infructuosos.

puestos a altas concentraciones de esporas micóticas como ocurre en las siguientes ocupaciones: agricultores, trabajadores en ingenios de azúcar, limpiadores de pieles, trabajadores en silos, trabajadores en fábricas de textiles; y puede tener un componente alérgico, infeccioso o tóxico (síndrome tóxico por polvo orgánico).

Este trabajo demuestra que el bagazo de caña procedente de los ingenios azucareros de la República de Panamá ofrece una composición microbiana bastante parecida a aquella encontrada por otros investigadores con una

TABLA No. 2
DISTRIBUCION DE LA POBLACION MICROBIANA EN LOS INGENIOS
AZUCAREROS DE PANAMA (154 MUESTRAS)

MICROORGANISMOS	I N G E N I O S				
	CHIRIQUI	SANTA ROSA	LAS CABRAS	LA VICTORIA	LA ESTRELLA
LEVADURAS	46 (41.8)	22 (23.4)	18 (20.9)	16 (20.7)	16 (55.1)
ASPERGILLUS	17 (15.4)	25 (26.6)	28 (32.5)	15 (19.4)	2 (6.9)
PENICILLIUM	10 (9.1)	14 (14.9)	16 (18.6)	18 (23.3)	3 (10.3)
ZYGOMYCETES	3 (2.7)	2 (2.1)	7 (8.1)	9 (11.6)	1 (3.4)
NEUROSPORA	18 (16.3)	14 (14.9)	12 (13.9)	3 (3.9)	-
CLADOSPORIUM	3 (2.7)	10 (10.6)	-	6 (7.8)	1 (3.4)
SCOPULARIOPSIS	-	-	-	5 (6.5)	1 (3.4)
FUSARIUM	-	4 (4.2)	2 (2.3)	-	1 (3.4)
BACTERIAS	13 (11.8)	3 (3.2)	3 (3.4)	5 (6.5)	4 (13.8)
TOTAL	110 (100)	94 (100)	86 (100)	77 (100)	29 (100)

¹Las cifras en paréntesis representan %.

DISCUSION

La inhalación de polvo orgánico contaminado con microbios ha sido reconocido como un riesgo ocupacional para las personas que trabajan con material vegetal en descomposición (Asmussen, 1986; Hearn, 1968; Jamison, 1941; Joseph, 1983; Nicholson, 1968). La enfermedad se da mayormente en individuos ex-

predominancia de mohos (63^o/o), sobre todo *Aspergillus* y *Penicillium* (Damon, 1979; Emanuel, 1983; Joseph, 1983; Sandhu, 1977). Llama la atención que las levaduras representaran casi 30^o/o de los aislamientos logrados, sin poderle atribuir aún ningún papel etiopatogénico claramente definido en síndromes respiratorios alérgicos (Cooper, 1983; Itkin, 1966).

TABLA No. 3
RELACION ENTRE LOS MICROORGANISMOS AISLADOS DE BAGAZO Y
AMBIENTES EXPUESTOS AL MISMO

INGENIO	HONGOS AISLADOS								AREAS EXPUESTAS
	LEV	ASP	PEN	ZYGO	NEUR	CLAD	SCOP	FUS	
LAS CABRAS	+	+	+	+	+	-	-	+	TACHOS MOLINOS CALDERAS
	+	+	+	-	+	-	-	-	
	+	+	+	+	+	+	-	+	
	+	+	+	+	+	-	-	-	
LA VICTORIA	+	+	+	+	+	+	+	-	TACHOS MOLINOS CALDERAS
	+	+	+	+	+	-	-	-	
	+	-	+	-	-	-	-	-	
	+	-	-	-	-	-	-	-	
CHIRIQUI	+	+	+	+	+	+	-	-	TACHOS MOLINOS CALDERAS
	+	+	-	-	+	-	-	-	
	+	-	+	-	+	-	-	-	
	+	-	-	+	+	-	-	-	
SANTA ROSA	+	+	+	+	+	+	-	+	TACHOS MOLINOS CALDERAS
	+	+	+	-	+	+	-	+	
	+	+	+	-	+	+	-	+	
	+	+	+	+	+	-	-	-	
LA ESTRELLA	+	+	+	+	-	+	+	+	TACHOS MOLINOS CALDERAS
	+	-	-	-	-	+	-	-	
	+	-	-	-	-	-	-	-	
	+	-	-	-	-	-	-	-	

LEV = Levaduras, ASP = Aspergillus, PEN = Penicillium, ZYCO = Zygomycetes, NEUR = Neurospora, CLAD = Cladosporium, SCOP = Scopulariopsis, FUS = Fusarium.

Demostremos que, en términos generales, los microorganismos aislados del bagazo fueron los mismos que se aislaron en diferentes áreas de la fábrica, hasta en áreas alejadas de la actividad productora de azúcar. En base a estos hallazgos, puede asumirse que el bagazo almacenado es la fuente de contaminación de las áreas de fábrica, premisa respaldada por el hecho de que todas las muestras se obtuvieron en el verano, época en que las fuertes ráfagas de viento levantan del suelo partículas de polvo con su correspondiente carga microbiana, y las esparcen a grandes distancias.

Es evidente que los trabajadores en los ingenios azucareros de Panamá están expuestos al bagazo de la caña en el momento de desarrollar sus faenas y en áreas alejadas de sus labores, lo cual significa que pueden inhalar microorganismos provenientes del bagazo con la consiguiente posible repercusión sobre la salud en forma de cuadros pulmonares tóxicos, infeccio-

sos, alérgicos o de disminución de la capacidad ventilatoria (Asmussen, 1986; Emanuel, 1983; Hearn, 1968). Además del insulto que representa la carga microbiana del bagazo de la caña, el trabajador expuesto debe presentar además una predisposición para desarrollar la bagazosis, v.g. susceptibilidad, alergia, o debe experimentar una exposición masiva a los mohos o sus productos metabólicos (Asmussen, 1986; Joseph, 1983; Nicholson, 1968). Algunas medidas preventivas consisten en almacenar materia vegetal de manera que se limite el crecimiento microbiano, y el uso de protección respiratoria apropiada cuando la exposición intensa a polvo orgánico es inevitable.

SUMMARY

Exposure to sugar cane bagasse is known to produce bagassosis, hypersensitivity pneumonitis or organic dust toxic syndrome, all in either

acute or chronic varieties. Sugar cane bagasse provides an ideal substrate for growth and proliferation of microorganisms, some of which are potentially dangerous to man's health when they and/or their metabolic by-products are inhaled. With this project we proposed to identify the microbial population comprising bagasse from sugar cane mills in the Republic of Panama. Thus 154 cultures of bagasse and areas greatly and less exposed to it were performed, resulting in 396 isolations of molds, yeasts and bacteria. Sixty three percent of the insulations were of molds, mostly *Aspergillus*, *Penicillium*, *Neurospora*, *Zygomycetes*, *Cladosporium* and very few *Fusarium* and *Scopulariopsis*. Yeasts (*Candida*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula*) represented 29.7% of the isolates, while bacteria formed 7.0% (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Serratia* and lastly *Micrococcus*). Close correlation was found between the microbial population identified in bagasse and areas thereto exposed. With the information gathered this far, it remains to establish to what degree, if any, workers in sugar cane mills in Panama become ill with begassosis in any of its various clinical manifestations.

Key Words: Sugar cane bagasse, sugar cane mills, begassosis, molds, yeasts, *Aspergillus*, *Penicillium*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asmussen, P., Duff, W.L., Heidtman, E.R., Burrell, C. J. y colab. 1986. Acute respiratory illness following occupational exposure to wood chips-Ohio. *MMWR* 35 (30): 483-484, 489-490.
- Barron, G. L. 1968. The genera of hyphomycetes from soil. Baltimore: The Wilkins Co.
- Cooper, B. H. 1983. Yeast infections. En: *Occupational Mycoses*. Ed: A. F. Di Salvo, págs. 183-200 Phila.: Lea y Febiger.
- Daman, H. R. 1979. The mycology of respiratory tract allergy. *Newsletter Medical Mycology Society of New York* 16 (5): 4-6.
- Emanuel, D. A. 1983. Mycotic hypersensitivity. En: *Occupational Mycoses*. Ed: A. F. Di Salvo; págs. 201-209 Phila.: Lea y Febiger.
- Enciclopedia de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo 1974 y 1975. Vol. 11 Madrid, España; Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo; págs. 222 y 223.
- Hearn, C. E. D. 1968. Bagassosis: an epidemiological, environmental and clinical survey. *Brit. J. Industr. Med.* 25: 267-282.
- Itkin, H., y Dennis, M. 1966. Bronchial hypersensitivity to extract of *Candida albicans*. *J. Allergy* 37: 187-192.
- Jamison, S. C., Hopkins, J. 1941. Bagassosis: a fungal disease of the lung. A case report. *New Orleans Med. Surg. J.* 93:580-587.
- Joseph, J. M. 1983. Aspergillosis in composting. En: *Occupational Mycoses*. Ed: A.F. Di Salvo, págs. 123-141 Phila.: Lea y Febiger.
- Lennette, E. H., Balows, A., Hausler, W. J., Shadomy, H. J. (eds.) 1985. Manual of clinical microbiology 4a. edición. Washington, D. C.: American Society for Microbiology págs. 154-173, 263-276, 495-583.
- Nicholson, D. P. 1968. Bagasse workers' lung. *Am. Rev. Rev. Resp. Dis.* 97 (4), 546-566.
- Mc Ginnis, M. R., D' Amato, R. F., Land, G. F. 1982. Pictorial handbook of medically important fungi and aerobic actinomycetes. New York: Praeger Publishers; pág. 1-6, 12-20, 29, 34-40, 42-43, 48-49, 84, 89, 99, 126-130, 147-152.
- Sandhu, R. S., Khan, Z. U. y Rhandawa, H.S. 1977. Natural occurrence of *Aspergillus fumigatus* in cane sugar mills. *Sabouraudia* 15 (3): 263-272.

AGRADECIMIENTO

Al Programa de Salud Ocupacional de la Caja de Seguro Social que facilitó los materiales, reactivos, y medios de cultivo para desarrollar esta investigación.

SOBRE LA NATURALEZA DEL CONCEPTO DE LEY EN LAS CIENCIAS FORMALES Y FACTICAS

IVAN A. COLORADO DE LA GUARDIA

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales y
Exactas, Universidad de Panamá

(22 de agosto de 1988)

RESUMEN

El objeto de este trabajo es el de presentar un análisis lógico y semántico del concepto de ley formal (lógica o matemática) y hacer un análisis semántico, gnoseológico y epistemológico del concepto de ley fáctica. Se da una definición formal de ley lógica y ley matemática, así como una definición formal de ley fáctica con y sin estructura lógica.

PALABRAS CLAVES: ley lógica, ley matemática, ley fáctica, verdad lógica, verdad matemática, verdad fáctica.

ANALISIS LOGICO Y SEMANTICO DEL CONCEPTO DE LEY FORMAL

Hay leyes normativas y descriptivas. Las leyes normativas tratan acerca de lo que es un deber o un derecho, de lo que es justo, de la recta conducta, de lo bueno y lo malo, etc. Estas leyes pertenecen al derecho y a la ética y son creadas e impuestas por seres humanos para la vida en sociedad. Hay otros ejemplos de leyes normativas, como las leyes teológicas, las de ciertas sociedades de beneficencia, etc. La característica principal de estas leyes es que son creadas por individuos e impuestas a otros individuos con algún propósito, por ejemplo, conseguir orden social, paz, felicidad, bienestar, etc. Estas leyes son, por consiguiente, violables

o desobedecibles. En este trabajo, nos interesan las leyes descriptivas por ser de una naturaleza distinta a las leyes normativas. Las leyes descriptivas se dividen en lógicas, matemáticas y fácticas. Las leyes lógicas y matemáticas pertenecen a las ciencias formales, mientras que las leyes fácticas pertenecen a las ciencias fácticas (naturales y sociales).

Llamaremos leyes formales a las leyes lógicas y matemáticas, en oposición a leyes fácticas. Todas las leyes descriptivas son proposicionales. A continuación daremos las condiciones necesarias y suficientes para que una proposición de las ciencias formales sea una ley de las ciencias formales:

Sea $CF_{or} = \text{def}$ (conjunto de proposiciones de las ciencias formales).

Sea $p \in \text{CFor}$,

$\{p \text{ es una ley formal o conceptual si, y solo si, } p \text{ es una verdad formal o conceptual.}\}$

Sea $\text{CL} = \text{def}$ (conjunto de proposiciones de la lógica),

Sea $p \in \text{CL}$,

$\{p \text{ es una ley lógica si, y solo si, } p \text{ es una verdad lógica.}\}$

Sea $\text{CM} = \text{def}$ (conjunto de proposiciones de la matemática).

Sea $p \in \text{CM}$,

$\{p \text{ es una ley matemática si, y solo si, } p \text{ es una verdad matemática}\}$

Ahora daremos las definiciones de verdad lógica y verdad matemática:

$\{p \text{ es una verdad lógica si, y solo si, } p \text{ es una tautología o es lógicamente válida.}\}$

Sea I una interpretación de $\forall p \in \text{CL}$ que asigna significados a $\forall p \in \text{CL}$, y sea v una valoración definida por $v: \text{CL} \rightarrow \{V, F\}$, donde, $V = \text{verdad}$ y $F = \text{falsedad}$, entonces, $\{\forall p \in \text{CL}, p \text{ es una tautología o lógicamente válida si, y solo si, } v(p) = V \text{ para } I, \}$

Sea I una interpretación de $\forall p \in \text{CM}$ que asigna significados a $\forall p \in \text{CM}$, y sea v la valoración antes mencionada, $v: \text{CM} \rightarrow \{V, F\}$, entonces,

$\{\forall p \in \text{CM}, p \text{ es una verdad matemática si, y solo si, } v(p) = V \text{ para } I. \}$

Hemos estado trabajando con el símbolo p como proposición, pero para que p sea una proposición debe ser un significado que permita asignársele un valor de verdad o falsedad. Las fbf (fórmulas bien formadas) de CL y CM no tienen significados mientras no se les asigna una interpretación I , de modo que, en rigor, las fbf's de CL y CM no son proposiciones mientras no se les asigne una I . Una fbf es una fórmula construida de acuerdo a las reglas sintácticas del sistema teórico en consideración. Esto sin embargo no altera las definiciones dadas, basta reemplazar en CFor , CL y CM la expresión conjunto de fbf's en lugar de conjunto de proposiciones.

Antes de investigar las características de

ley fáctica, haremos un análisis semántico de ley formal. Toda fbf de CL o CM contiene variables individuales x_1, x_2, \dots, x_n , constantes individuales a_1, a_2, \dots, a_n , variables proposicionales p_1, p_2, \dots, p_k , predicados $P(x_j, x_i, x_m, \dots, x_1)$, funciones $f(x_i, x_j, \dots, x_k) = x_n$ reducibles a predicados, y conectivas lógicas $\wedge, \vee, \sim, \rightarrow, \leftrightarrow$. Estos no son más que signos cuyo único significado es sintáctico (formal). Una interpretación I le hace corresponder a cada signo un concepto. Las variables individuales se refieren a objetos conceptuales (números, matrices, operadores, etc.), cada constante individual se refiere a un único objeto conceptual (un número, una matriz, etc.) a cada predicado P le corresponde, por intención, una relación o propiedad que se aplique a conceptos (x mayor que z , x subconjunto de y , x es numerable, y es continua, etc.). En cuanto a las conectivas lógicas, éstas tienen un significado puramente sintáctico que se les asigna por intención, a saber, las conocidas funciones lógicas. A cada variable proposicional le corresponden proposiciones, que son conceptos complejos. Las funciones son relaciones de igualdad entre operaciones sobre un conjunto ordenado de términos (las variables independientes) y otro término (la variable dependiente), por ejemplo, $+ (R \times R) \rightarrow R$, o, $x: (R \times R) \rightarrow R$.

Falta analizar formalmente el concepto de verdad en una interpretación (verdad en I) y el concepto de verdad en toda interpretación (verdad para $V I$). Si analizamos primero el concepto de verdad en I es más fácil luego definir el concepto de verdad en toda I .

Las fbf's de la matemática tienen la característica de que algunas sólo tienen variables y constantes individuales, cuantificadores y predicados; otras fbf's contienen, además, conectivas lógicas que forman funciones lógicas. Toda fbf de la matemática contiene signos matemáticos y lógicos. Sea la interpretación I de algún subconjunto de CM que forma una teoría axiomática. $I = (D, R)$, donde, $D = \text{def}$ (objetos conceptuales), y, $R = \text{def}$ (conjunto de propiedades y relaciones), D se llama el dominio de

definición de las propiedades y relaciones.

Sea p una fbf, de una teoría axiomática de CM, en la que hay relaciones y una función lógica f , entonces,

$v(p) = V$ en $I = (R, D)$ si, y solo si, para $\forall r (x_1, x_j, \dots, x_k) \in R$ que hay en p se tiene que para $\forall x_1, \forall x_j, \dots, \forall x_k \in D$
 $v\{r(x_1, x_j, \dots, x_k)\} = V$, ó, $v\{r(x_1, x_j, \dots, x_k)\} = F$ de modo tal que $v(f) = V$.

Ejemplos de fbf de CM que son verdades en I :
 $\forall x, \forall y, \forall z \in D_1 [(x \subset y) \wedge (y \subset z)] \rightarrow (x \subset z)$, donde, $D_1 = \text{def}$ (conjunto de conjuntos), $y, \subset \in R$, donde, $x \subset y = \text{def}$ (x subconjunto de y). La función lógica de esta proposición es $f(p, q, r) = (p \wedge q) \rightarrow r$. Es evidente que esta fbf de CM es una verdad en I y por tanto una verdad matemática.

Sea p una fbf, de una teoría axiomática de CM, en la que sólo hay relaciones, entonces, $v(p) = V$ en I si, y solo si, para $(\forall r (x_1, x_j, \dots, x_k) \in R$ que hay en p se tiene que para $\forall x_1, \forall x_j, \dots, \forall x_k \in D$ $v\{r(x_1, x_j, \dots, x_k)\} = V$.

Ejemplo: $\forall x, \forall x' \in D_2 [x \$ x' = e]$, donde, $D_2 = \text{def}$ (conjunto de elementos directos e inversos), $e = \text{elemento neutro}$, $=$ operación binaria de composición. La única relación que hay en esta proposición es la de igualdad ($=$). Esta también es una verdad matemática.

El último concepto que queda por investigar es la noción de verdad de una relación o propiedad para un conjunto dado de valores de sus variables individuales. Es decir,

sea $r(x_1, \dots, x_k) \in R$,
 $v\{r(x_1, \dots, x_k)\} = V$ si, y solo si, r satisface (x_1, \dots, x_k) .

El concepto de satisfacción es de por sí inanalizable. La relación r satisface el conjunto ordenado (x_1, x_j, \dots, x_k) de objetos conceptuales formales sí, y solo sí, tales objetos encajan en la relación o propiedad formal.

Creo que hemos llegado aquí a un último análisis, todo lo que sigue después pertenece al terreno de la psicología y ésta, por tanto, fuera de nuestros intereses en este trabajo. Como hemos definido el concepto de verdad en una interpretación I , el concepto de verdad lógica cae de su peso.

$v(p) = V$ para $\forall I$ si, y solo si, $v(p) = V$ para $\forall R$ y $\forall D$.

La verdad matemática depende de la estructura de relaciones formales y de la estructura lógica de la fbf. La verdad lógica depende de la estructura lógica, únicamente.

Mientras que en $I = (R, D)$ la verdad matemática depende de R y de la estructura lógica, la verdad de una fbf lógica no depende ni de D ni de R , es independiente de toda interpretación. Para que la verdad de una $p \in CM$ sea matemática es esencial que $\forall r \in R$ sea una relación formal y que $\forall x \in D$ sea un concepto formal. Las proposiciones p para las que $\exists r \in R$ y $\exists x \in D$ que no son formales sino fácticos, son proposiciones fácticas, y, por consiguiente, no son proposiciones matemáticas. Creo que con esto acabamos el análisis de las leyes formales; vayamos ahora al análisis de las leyes fácticas.

ANÁLISIS ONTOLOGICO Y GNOSEOLOGICO DEL CONCEPTO DE LEY FACTICA

Ya dimos cuenta de las leyes formales, veamos ahora que podemos decir de las leyes fácticas. No podemos decir que una fbf de las CF (ciencias fácticas), digamos p , es una ley fáctica si, y solo si, p es una verdad fáctica. Porque toda ley fáctica es una verdad fáctica pero no viceversa, o sea, hay verdades fácticas que no son leyes fácticas. Por ejemplo, la proposición "estos escritos están a máquina" es una verdad de hecho pero evidentemente no es una ley fáctica. Luego, que toda ley fáctica p sea verdadera es una condición necesaria pero no suficiente para terminar de caracterizarla. ¿Qué otra característica es necesaria y suficiente para caracterizar la ley p ? Examinemos algunos ejemplos de leyes fácticas. El principio de conservación del momentum ($P_1 + p_2 = p_1' + p_2'$, para dos partículas), la ley de Ohm ($V = RI$), el principio de inducción electromagnética ($\nabla = -d\phi/dt$) el principio de mínima acción ($\delta \int L dt = 0$), las ecuaciones de Lagrange $\frac{\partial L}{\partial q} + \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = 0$ el principio de

máxima entropía (la entropía S de todo sistema aislado tiende a un máximo), principio de selección natural (sólo los organismos adaptados al medio ambiente sobreviven), ley de la neurociencia (los biosistemas con sistema nervioso central sin subsistemas plásticos no aprenden).

Tenemos que buscar lo que tienen en común todas estas leyes para deducir alguna característica necesaria y suficiente que éstas posean. Y la característica en común que tienen estas leyes es la siguiente: bajo ciertas condiciones o circunstancias la forma de estas leyes es siempre la misma. Por ejemplo, la ley de Ohm siempre se satisface para cierto rango de valores de V e I ; el principio de conservación del momentum no cambia de forma si las partículas son masivas, el principio de mínima acción no cambia de forma mientras el sistema sea total y aislado, etc. Ahora, bien, la forma de estas leyes fácticas son relaciones. Por ejemplo, el principio de conservación del momentum es una relación de dos términos $(p_1, p_2)r(p_1, p_2)$, donde, $r = (\Rightarrow)$; la ley de Ohm es una relación de dos términos porque es una función VrI , donde, $r = (\Rightarrow)$, el principio de inducción electromagnética es una relación porque es una función con operador LrO , donde, $r = (\Rightarrow)$; otro tanto semejante podemos decir de las leyes restantes. Los signos de operación como $(+)$, $(\frac{d}{dt})$, $(\int dt)$ y $(\int ())$ son partes de una aplicación o función de una variable independiente a otra independiente de modo que se reducen a términos de relación.

Tanto las ecuaciones como las funciones de leyes fácticas son relaciones. Las leyes fácticas que se escriben en lenguaje natural como el principio de selección natural y la ley de neurociencia también se pueden reducir a relaciones. Por ejemplo, "todos los organismos adaptados al medio ambiente sobreviven", es una ley que se traduce en términos lógicos del modo siguiente: sea $O = \text{def}$ (organismos), sea $AMA = \text{def}$ (adaptados al medio ambiente) y sea $S = \text{def}$ sobreviven, entonces, la proposición traducida es, " $\forall x : [(x \in O) \wedge (AMA(x))] \rightarrow S(x)$ ". Aquí vemos que O es una clase, o sea,

una propiedad, y AMA y S también son propiedades. Analicemos la proposición neurocientífica "los biosistemas con sistema nervioso central sin subsistemas plásticos no aprenden": sea $BSNC = \text{def}$ (biosistema con sistema nervioso central), sea $SP = \text{def}$ (subsistema plástico), y, $A = \text{def}$ (aprende), entonces la traducción lógica es " $\forall x : (x \in BSNC) \wedge [\sim (x \in SP)] \rightarrow \sim A(x)$ ". Tanto $BSNC$, como SP y A son relaciones monádicas, o sea, propiedades. Podemos escribir la proposición de selección natural en términos de propiedades ya que la pertenencia a clases o conjuntos es una propiedad. La única diferencia entre las leyes físicas examinadas y las leyes de la biología y neurociencia analizadas es que estas últimas contienen conectivas lógicas mientras que las leyes físicas sólo contienen relaciones matemáticas. Obsérvese que la estructura lógica de las leyes de la biología y neurociencia no hacen de esas dos leyes unas tautologías o fórmulas lógicamente válidas.

Esto viene a confirmar el hecho de que las leyes fácticas no son verdades lógicas ni matemáticas. No estamos diciendo tampoco que la diferencia entre las leyes físicas y las de la biología y neurociencia sea fundamental. El que las leyes físicas examinadas no posean estructura lógica y el que las leyes de biología y neurociencia si las tenga es meramente casual. Es decir, hay leyes físicas que tienen estructura lógica y leyes de la biología y neurociencia que no la tienen. Hay leyes biológicas y neurocientíficas que consisten en meras relaciones. Lo que hemos dicho de estos tres tipos de leyes se aplica a todas las leyes fácticas.

Introduciremos la noción de estructura mínima para caracterizar las leyes fácticas; pero ésta no será condición necesaria ni suficiente. $\exists p : (p \text{ es una ley matemática}) \vee (p \text{ es ley fáctica}) \wedge (p \text{ tiene estructura lógica mínima})$, p tiene estructura lógica mínima si, y solo si, p es una fbf que no es una ley lógica.

Si p no tiene estructura lógica diremos que p tiene estructura mínima de grado cero. Una proposición con estructura lógica mínima de grado cero consiste solamente en relaciones;

no hay conectivas lógicas dentro de la proposición.

Sea elm = estructura lógica mínima, y, $elmO$ = elm de grado cero.

Para caracterizar mejor las leyes fácticas hagamos un análisis semántico de las mismas comparándolas con las leyes matemáticas ya que ambas tienen elm , o, $elmO$. Sea CM ciencias matemáticas y CF ciencias fácticas.

Sea $F \subset CF$, donde F es una teoría fáctica sin interpretar, y, sea $M \subset CM$ donde, M es una teoría matemática sin interpretar. Sean I_M una interpretación de M , e I_F una interpretación de F . Mientras que en $I_M = (D_M, R_M)$ los elementos de D_M son conceptos y los elementos de R_M son relaciones para conceptos, en $I_F = (D_F, R_F)$ algunos elementos de D_F son conceptos pero otros son cosas (objetos materiales) y algunos elementos de R_F son relaciones para conceptos pero otros son relaciones para cosas. Por ejemplo, la ley de Ohm, el principio de conservación del momentum, las ecuaciones de Lagrange tratan sobre cosas (partículas, sistemas de referencia, sistemas físicos, materiales, etc.), que tienen propiedades (voltajes, corrientes, momentum, lagrangiano, etc.). Y la ley de selección natural y la ley neurocientífica examinada son sobre cosas (organismos, subsistemas, sistemas, etc.) que tienen propiedades (aprenden, se adaptan, sobreviven).

Haciendo un análisis más fino, hay una diferencia entre las variables individuales de una proposición matemática y las de una proposición fáctica. Por ejemplo, $I(x) = n$ significa, la magnitud de la corriente en x (cosa) es igual a n (número, que es un concepto); I es la magnitud de la corriente (propiedad). Los referentes de I son números (conceptos), en este caso el signo ($=$) no indica relación de igualdad sino referencia; es decir, I se refiere a n .

Para el caso de una variable individual matemática, por ejemplo, x que significa variable para número entero (concepto), $x = n$, significa que x se refiere al concepto n (número).

O sea, un concepto se refiere a otro concepto, pero el concepto x no es propiedad de ninguna cosa.

El mismo análisis se aplica al caso de las constantes individuales.

Vemos, pues, que hay diferencias fundamentales entre las interpretaciones en matemática y ciencias fácticas. Pero esta diferencia todavía no sabemos si se convertirá en característica para diferenciar una ley matemática de una ley fáctica. El análisis semántico que hemos hecho sobre las proposiciones legales nos permitirá hacer un análisis ontológico de las proposiciones legales fácticas.

Dado que las características semánticas no sirvieron para caracterizar el concepto de ley fáctica, buscaremos características ontológicas. Empezaremos examinando las propiedades ontológicas de las leyes fácticas de $elmO$. Por ejemplo, la ley de Ohm ($V = RI$):

V , e I son variables individuales y R es una constante individual; V significa la magnitud del voltaje (propiedad), I significa la magnitud de la corriente (propiedad) y R significa la magnitud de la resistencia (propiedad). $V(x)$, $I(x)$, y, $R(x)$ significan las magnitudes del voltaje de la corriente y la resistencia en el conductor (x). De modo que $(V(x), I(x), y, R(x))$ representan estados (propiedades) del conductor x . $V(x)$ representa intensidad de voltaje en x , $I(x)$ la intensidad de corriente en x , y , $R(x)$ el grado de resistencia de x , o sea son estados. Los estados representados por V , I , y , R son cualitativamente diferentes entre sí. Mientras que a R corresponde un único estado (un único grado de resistencia), a V le corresponden muchos estados, uno por cada valor que tome V ; otro tanto le ocurre a I . Los estados representados por V son cuantitativamente diferentes entre sí; lo mismo le ocurre a I . Vemos que en el mundo real existen cosas que corresponden a V , I , y , R ¿Existe alguna cosa en el mundo real que corresponda a la relación $V = RI$? La respuesta es sí. De lo contrario seríamos idealistas platónicos. Lo que refleja la relación $V = RI$ es un comportamiento en el conductor x . Por cada conjunto de valores que tomen V , I , y , R en la relación $V = RI$ hay un conjunto de estados (los representados por las intensidades de V e I y el grado de R) y

un comportamiento específico para ese conjunto de estados. Ahora, si ese comportamiento fuera contingente, la relación $V = RI$ no sería una ley fáctica. La condición necesaria y suficiente para que $V = RI$ sea una ley es que el comportamiento que refleja sea invariante para el conjunto de todos los estados posibles de la terna (V.I.R).

Ahora podemos formalizar la definición de ley fáctica con elmo. $r =$ relación, $x_i =$ variable de estado, $(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ es una n -pla ordenada de variables de estado, $e_i = i$ -ésimo estado $(e_1, \dots, e_i, \dots, e_n)$ es una n -upla ordenada de estados, f es un comportamiento:

$r(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ es una ley fáctica si, y solo si, &

$$\& \forall x_1 \dots \forall x_i \dots \forall x_n \vee r(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \Rightarrow V;$$

$\forall x_1 \dots \forall x_i \dots \forall x_n \vee r(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) = V$ sí, y solo sí, &

\exists (único f que corresponde a r (o sea, f es invariante), f es invariante si, y solo si, $\forall e_1' \dots \forall e_i' \dots \forall e_n'$ o/o $\text{o/o } f(e_1', \dots, e_i', \dots, e_n') = f(e_1, \dots, e_i, \dots, e_n)$ }, donde, la n -upla ordenada $(e_1, \dots, e_i, \dots, e_n)$ consiste en estados de referencia, en particular $(e_1, \dots, e_i, \dots, e_n) \in E$, donde, $E = \{ \forall e_1' \dots \forall e_i' \dots \forall e_n' : (e_1', \dots, e_i', \dots, e_n') \}$

x_i cuantifica la propiedad dada en el estado e_i . e_i y e_j son dos propiedades cualitativamente diferentes mientras que e_i' y e_j' representan la misma propiedad (cualitativamente) pero cuantitativamente representan dos estados distintos de la misma propiedad. Estas condiciones, aunque estén limitadas a leyes fácticas con elmo, son lo suficientemente amplias como para abarcar una gran cantidad de leyes físicas y de otras ciencias naturales y sociales. Nótese que la definición de ley fáctica con elmo depende de la existencia real de f . Las leyes fácticas con elm presentan mayor dificultad porque tienen conectivas lógicas. ¿Hay algo en el mundo real que corresponda a las conectivas lógicas? No parece tener mucho sentido decir que, así como existe f para r , así existe un comporta-

miento para leyes fácticas con elm. ¿Qué podría corresponder en el mundo real a una conectiva lógica? Los significados de las conectivas lógicas son conceptos formales, son funciones lógicas.

Los conceptos formales no se aplican a ninguna cosa material de modo que no podemos representar con ellos estados de cosas. Básicamente hay dos diferencias radicales entre leyes matemáticas y leyes fácticas con elm, a saber:

1. El contenido de una ley matemática p consiste en conceptos formales que no tienen referentes (cosas, eventos, procesos, estados de cosas) en el mundo material. Mientras que el contenido de una ley fáctica con elm, p' , si tiene referentes (cosas, eventos, procesos, estados de cosas) en el mundo material. El contenido de una ley fáctica consiste en conceptos fácticos (no formales).

2. Mientras que los conceptos formales de una ley matemática p están formalmente relacionados por sus significados de modo que tal relación satisface la estructura lógica de p , los conceptos fácticos de una ley fáctica con elm p' no están relacionados por sus significados, de modo que la estructura lógica de p' no es satisfecha por relación alguna, ya que no existe tal relación.

Lo único que se exige a una ley fáctica con elm es que los conceptos fácticos que contiene tengan los referentes que hacen que la estructura lógica de la ley fáctica sea satisfecha.

Así, por ejemplo, la ley matemática " $\forall U \forall V (U \in \mathcal{U}(x) \wedge (V \in \mathcal{U}(x)) \rightarrow U \cap V \in \mathcal{U}(x))$ " contiene los conceptos formales de vecindad, pertenencia e intersección, formalmente relacionados de modo tal que la estructura lógica (función lógica) " $p \wedge q \rightarrow r$ " queda satisfecha. En cambio, en la ley fáctica "todos los subsistemas plásticos aprenden" que se puede escribir como " $\forall x \text{ SP}x \rightarrow Ax$ " donde, SP es el predicado monádico "subsistema plástico" y A es el predicado monádico "subsistema plástico" y A es el predicado monádico "aprende", los conceptos fácticos SP y A no están relacionados por sus significados. Para que esta proposición

sea efectivamente una ley fáctica con elm, debe haber referentes en el mundo material para SP y A que satisfagan la estructura lógica " $p \rightarrow q$ " de la proposición. Por ejemplo, que efectivamente haya una cosa que corresponda a SP y un proceso que corresponda a A. Ahora bien, SPx es verdadero si hay un referente para SP y Ax es verdadero si hay un referente para A y si hay una cosa para x. En general, si rx_1, \dots, x_n es una relación n-adica, $v(rx_1, \dots, x_n) = V$ si, y solo si, r, x_1, \dots, x_n tienen referentes en el mundo material, y, r es satisfecha por x_1, \dots, x_n .

Ahora podemos formular el concepto de ley fáctica con elm. Sea p una bfb, de una teoría, en la que hay relaciones y una función lógica f. p es una ley fáctica con elm si, y solo si, $v(p) = V$ en $M = (R, D)$, donde, M es el mundo material, R es el conjunto de relaciones fácticas y D es el conjunto de objetos fácticos. $v(p) = V$ en $M = (R, D)$ si, y solo si, para $\forall r x_j, x_j, \dots, x_k$ que contiene p se tiene que para $\forall x_j, \forall x_j, \dots, \forall x_k \in D$, $v(rx_j, x_j, \dots, x_k) = V$ de manera que $v(f) = V$.

Con esto damos fin a nuestro análisis de la ley fáctica. La diferencia entre ley fáctica y ley matemática ha sido claramente establecida. Cualquier tipo de ley fáctica que se salga de los moldes que hemos establecido no implica un nuevo análisis sino simplemente una complicación formal que se reduce a lo previamente establecido.

LEY FACTICA Y SISTEMA MATERIAL

Finalizaremos el tema de las leyes fácticas con una caracterización de las mismas en términos de los sistemas materiales (sistemas biológicos, físicos, químicos, sociales, etc.) y las cosas que las satisfacen.

Sabemos que un sistema material está caracterizado por su estructura material y su función o conjunto de funciones. Es fácil ver que los biosistemas y los artefactos tienen funciones, pero no es fácil ver cual es la función de un sistema físico natural, (átomo, molécula, cristal, sistema planetario, cúmulo galáctico, etc.). Una función posible de un biosistema es

sintetizar proteínas y un artefacto puede trabajar como transductor de señales físicas o transformador de materia o energía. No hay que confundir la función de un sistema con su finalidad. Un sistema puede tener función y no tener ninguna finalidad. La finalidad es justificación antropocéntrica infundada. Por ejemplo, un hueco negro transforma materia en energía (función) pero tal función no parece tener ningún propósito. Los únicos sistemas con finalidad son los artefactos, porque fueron construidos por el Hombre con algún objetivo. No hay razones para atribuir finalidad a los biosistemas, éstos tienen funciones y tales funciones le dan la impresión, al Hombre, de que fueron hechas con algún propósito a causa de sus regularidades y la unidad de su comportamiento. Es más racional pensar que los biosistemas son productos del azar y las leyes biológicas.

La única función que parecen tener los sistemas físicos naturales es la de "interacción de sus componentes". Así, la función de dos nucleones del núcleo de un átomo es "interactuar a través del campo". No obstante, esta función de interacción, en un sistema físico natural, no parece tener ningún propósito cósmico como pretenden los finalistas. La finalidad, con mucho, no explica nada, por que es precisamente el fin del sistema lo que hay que explicar. Por ejemplo, la homeostasis de los biosistemas es una función de éstos, pero explicar la homeostasis en términos del fin de "conservar vivo al sistema" es una ilusión. Más bien, dado que el biosistema es homeostático, el mismo puede conservarse vivo. Es la explicación causalista de que verdaderamente explica y no a la inversa.

Veamos ahora la cuestión de la relación entre ley fáctica y sistema material. Supongamos que p es una ley elmO, es decir, una ley que no tiene estructura lógica, tan solo tiene estructura matemática, como el conjunto de N ecuaciones de Lagrange para un sistema de N partículas o la primera ley termodinámica para un sistema termodinámico. La proposición legal p tiene las características siguientes:

1- p es una verdad fáctica, 2- p es una proposición general, 3- p limita o demarca la variedad de estructuras y funciones que, de existir, crean los sistemas materiales. La proposición legal p corresponde a una ley fáctica 1_c . Mientras que p es un objeto conceptual que se inventa en el cerebro, 1_c es un comportamiento de las cosas del sistema material. Mientras que p es una relación conceptual entre conceptos fácticos, 1_c es una relación material (relación entre cosas llamada "comportamiento") del sistema. La generalidad de p consiste en que el comportamiento 1_c , que p describe, es una propiedad común a un conjunto de sistemas materiales SM. Y SM tiene la variedad de estructuras y funciones que 1_c le permite.

En términos generales, sea x un sistema material: p es una proposición legal si, y solo si, 1- p es una verdad fáctica, y, 2- p corresponde y describe 1_c y 1_c es una propiedad de $\forall x \in SM$. 3- SM esta formado por todos los x cuyas estructuras y funciones satisfacen 1_c . En términos formales podríamos decir que la ley fáctica 1_c convierte al conjunto SM en una clase de equivalencia, es decir, sea $1_c(x) \equiv \text{def}$ (la propiedad 1_c de x_c), entonces, la clase de equivalencia SM_y relativa al sistema y es, $SM_y = \{ \forall x: x \sim y \}$, donde, $x \sim y$ si, y solo si, $1_c(x) \equiv 1_c(y)$. Aquí $x \sim y$ significa x es equivalente a y . (\equiv) = idéntico a.

Hay leyes elmO que se aplican a cosas o que son satisfechas por cosas. Una cosa puede no tener estructura interna (como un leptón) o puede ser un sistema cuya estructura interna y cuya función no son relevantes para la ley que satisface (un trozo macroscópico de materia inmerso en un campo gravitatorio o un protón en un campo electromagnético). En el caso en que x es una cosa en el sentido definido arriba; en la definición de la proposición legal p se reemplaza SM por CC (conjunto de cosas) y se suprime la característica (3). Hay que hacer notar que los conceptos fácticos de p tienen como referentes (se refieren a) los miembros de cada x de SM o los miembros de CC. Mien-

tras más pequeño es SM o CC menos general es la ley fáctica que satisfacen. En general, una ley que solo se aplica a un sistema o una cosa no es ley o diremos que es la ley de menor generalidad que se puede encontrar. Estrictamente hablando, una ley fáctica aplicable a una sola cosa o sistema no es una ley.

Para terminar de aclarar el concepto de ley fáctica pongamos un ejemplo. Supongamos la ley de movimiento de una onda electromagnética en el vacío: $(1/c^2) (\partial^2 \vec{\mathcal{F}} / \partial t^2) = (\partial^2 \vec{\mathcal{F}} / \partial x^2) + (\partial^2 \vec{\mathcal{F}} / \partial y^2) + (\partial^2 \vec{\mathcal{F}} / \partial z^2)$. esta ley da el comportamiento (la forma del movimiento) de la función $\vec{\mathcal{F}}$ en una vecindad infinitesimal de cualquier punto de espacio-tiempo. $\vec{\mathcal{F}}$ es un concepto fáctico, es decir, un concepto matemático de función vectorial cuyo referente es una cosa llamada campo electromagnético. También c (rapidez de la luz en el vacío), x , y , z son conceptos fácticos. Las operaciones matemáticas de la ecuación son conceptos formales (conceptos sin referentes materiales). No obstante las operaciones matemáticas entre los conceptos fácticos de la ecuación establecen una relación que describe la forma del movimiento (comportamiento) del campo.

Toda proposición legal fáctica se convierte en una regla de cálculo al ser aplicada en los problemas que se plantean acerca de las cosas o sistemas que le son pertinentes a la ley correspondiente: me refiero, naturalmente, a leyes elmO. Las proposiciones legales fácticas con elm establecen las condiciones fácticas bajo las cuales una parte de ellas que tiene elmO es legal y se transforma en regla de cálculo. Por ejemplo, la segunda ley de la termodinámica dice que "si un sistema físico esta aislado, $dS \geq 0$ ". En este caso la estructura lógica mínima es "si— entonces—", la condición fáctica es que "el sistema físico este aislado", y la ley con elmO es " $dS \geq 0$ " que puede transformarse en una regla de cálculo.

SUMMARY

The object of this study is to present a

logical and a semantical analysis of the concept of formal law (logical or mathematical) and to discuss a semantical, gnoseological and epistemological analysis of the concept of factual law. We propose a formal definition of logical law and mathematical law. Also, we introduce a formal definition of factual law with and without logical structure.

BIBLIOGRAFIA

- Bunge M. (1978) *Filosofía de la Física*. Título original, *Philosophy of Physics*. Editorial Ariel Barcelona-Caracas-México.
- Bunge M. (1983) *La Investigación Científica*. Editorial Ariel S.A. Barcelona (España).
- Bunge M. (1985) *Racionalidad y Realismo*. Alianza Universidad.

PREPARACION Y ESTRUCTURA DE ALEACIONES ELECTRODEPOSITADAS DE Sn-Zn

JUAN A. JAEN Y SHEILA B. TAPIA

Centro de Investigaciones con Técnicas Nucleares
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad de Panamá

(24 de agosto de 1988)

RESUMEN

Se electrodepositaron aleaciones de Sn-Zn sobre sustratos de acero y cobre, a partir de baños electrolíticos de tartrato, variando las concentraciones de los metales, la temperatura y la densidad de corriente. El pH se mantuvo constante a un valor de 8. Los depósitos más resistentes a la corrosión y de mejores características físicas se obtienen a 45°C y 1.0 mA/cm².

El comportamiento electroquímico durante la codeposición se determinó con curvas de polarización catódica, verificándose una correducción controlada por difusión. Por espectroscopía Mössbauer se determinó que la aleación es una mezcla de ambos metales puros.

PALABRAS CLAVES: Aleaciones electrodepositadas, Sn-Zn, curvas de polarización catódica, espectroscopía Mössbauer.

INTRODUCCION

La preparación de aleaciones por electrólisis, especialmente como recubrimiento sobre otros metales, es de gran interés. En particular, el uso de aleaciones binarias incrementa la posibilidad de satisfacer una amplia variedad de requerimientos prácticos (Srivastava y Mukerjee, 1976). Ellas pueden ser densas y duras, pueden

tener más resistencia a la corrosión en rangos seguros de composición, más protectoras del sustrato, más resistentes al desgaste y superiores en servicio de antifricción.

Los recubrimientos de estaño-zinc y estaño-cadmio han recibido gran atención de parte de una diversidad de industrias, principalmente la naval, portuaria y aplicaciones de sujeción mecánica en general.^{1,2}

¹El ESTAÑO Y SUS APLICACIONES 1977. No. 112, p. 4-5 Greenford, Middlesex: International Tin Research Institute.

²Ibid. 1984. No. 141, p. 8-10.

La electrodeposición del estaño-zinc fue propuesta por primera vez por Cuthbertson y Angles (1948); y más tarde desarrollada por Löwenheim (1951). Recientemente, se ha renovado el interés en estas aleaciones como posibles substitutos de recubrimientos electrodepositados de cadmio, primordialmente por grupos conservacionistas en muchos países.³ Se ha establecido que las aleaciones que contengan $\approx 80\%$ de estaño, ofrecen la más alta resistencia a la corrosión (especialmente en ambientes tropicales) y buena protección del sustrato de acero, con poca o ninguna formación del óxido blanco, producto de la corrosión del zinc.

Los acabados de pasivación resultan altamente beneficiosos en algunos casos, no obstante, se recomienda eliminar el uso indeseable de sales de cromo en estos tratamientos, por sus efectos tóxicos en los operadores. Una alternativa a la pasivación podría ser la modificación del baño electrolítico a fin de mejorar la calidad del depósito. En este trabajo reportamos acerca de las condiciones electrolíticas para la preparación de aleaciones electrodepositadas de estaño-zinc con baños alcalinos de tartrato, y el mecanismo de codeposición.

PARTE EXPERIMENTAL

Las aleaciones de estaño-zinc se electrodepositaron a ambos lados de sustratos de acero ó cobre, de ≈ 1 cm², previamente desgrasados y activados con ácido. Se utilizaron soluciones electrolíticas que contenían 12 g de tartrato de potasio, 8 g de sulfato de sodio, 0.2 g de E.D.T.A. y 0.07 g de gelatina en aproximadamente 70 ml de agua destilada. Los metales se añadieron en forma de SnCl₂·2H₂O y ZnSO₄·7H₂O. El pH se ajustó a un valor aproximado de 8, utilizando KOH al 5%. Las concentraciones de los metales en las soluciones electrolíticas se reportan en la Tabla 1.

Como contraelectrodo se usaron 2 placas de acero inoxidable, siendo el electrodo de referencia un electrodo de calomel saturado. Las deposiciones se realizaron por 30 minutos a las temperaturas de 28 °C, 45 °C y 60 °C.

La cantidad de material electrodepositado se determinó por diferencia de peso. Para conocer las proporciones de estaño-zinc en el revestimiento, se analizó el zinc con un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 2380.

La cinética de reducción simultánea y de

TABLA 1
PREPARACION DE LAS SOLUCIONES ELECTROLITICAS

Solución Electrolítica	Concentración de Estaño (10^{-3} x mol · L ⁻¹)	Concentración de Zinc (10^{-3} x mol · L ⁻¹)
1	6.6	---
2	6.6	2.08
3	6.6	4.16
4	6.6	6.24
5	6.6	8.32
6	6.6	10.40
7	5.3	10.40
8	3.96	10.40
9	2.64	10.40
10	1.32	10.40
11	---	10.40

³ANNUAL REPORT FOR 1986. 1987. No. 677, p. 12-16 Greenford, Middlesex: International Tin Research Institute.

los metales en las soluciones electrolíticas ya descritas, fue seguida usando un potenciostato Indela. Las velocidades de barrido fueron 20 mV/s, de forma tal que el potencial variaba con el tiempo, según una función lineal, obteniéndose así una curva de polarización en condiciones no estacionarias. En algunos casos, hubo necesidad de iniciar la reducción a potenciales más catódicos que el del circuito abierto, con el propósito de eliminar las interferencias que provocaban las reducciones de películas de óxidos adheridos a la superficie del sustrato.

Todas estas mediciones se realizaron a la temperatura del laboratorio. No se intentó compensar por la caída óhmica de la solución.

Muestras de la aleación, obtenidas por separación mecánica de los depósitos sobre cobre, se examinaron con espectroscopía Mössbauer a temperatura ambiente. Se usó una fuente ^{119m}Sn en una matriz de CaSnO_3 , con una actividad de 10 mCi. El espectrómetro se calibró con $\alpha\text{-Fe}$ y las velocidades se reportan con respecto al BaSnO_3 .

RESULTADOS Y DISCUSION

Las condiciones para la reducción electrolítica simultánea del estaño y el zinc se escogieron luego de realizar algunos ensayos preliminares. Ellos mostraron que resultados satisfactorios podían obtenerse a pH alcalinos y densidades de corriente (j) entre 0.5 y 2.5 mA/cm². Se escogió un pH de 8, lo cual garantizaba la solubilidad de las sales presentes en el baño electrolítico, al mismo tiempo que minimizaba la correducción del hidrógeno.

Densidades de corriente inferiores a 0.5 mA/cm² resultaron muy bajas como para obtener una buena cantidad de depósito en un tiempo prudente. Por otra parte, densidades de corriente superiores a 2.5 mA/cm² producían depósitos muy porosos o esponjosos, con poca adherencia, por la elevada evolución de hidrógeno gaseoso.

Los depósitos obtenidos a una temperatura de 28 °C tuvieron una buena apariencia física, buen brillo y resultaron bastante homogéneos. No obstante, se oxidaron rápidamente cuando el sustrato era acero. Algunos depósitos sobre sustrato de cobre resultaron opacos. Se observó que la cantidad de material depositado era mayor cuando ambos metales estaban presentes en la solución electrolítica que cuando estaban solos, implicando esto una mejor eficiencia del proceso catódico durante la reducción simultánea.

Los resultados más cercanos al 80% de Sn con buenos rendimientos de electrodeposición, se obtienen a densidades de corriente un tanto elevadas, en donde la evolución de hidrógeno es significativa. Esto es muy importante ya que, tal como se ha mencionado anteriormente, aleaciones de esta composición se sugieren como adecuadas para ambientes tropicales. La corrosión acelerada sufrida por algunas muestras es, por lo tanto, provocada por la porosidad del recubrimiento.

Los depósitos obtenidos sobre un sustrato de cobre eran más ricos en estaño. Los mejores resultados, en término de la eficiencia del proceso catódico, se obtienen en la solución electrolítica No. 7; pero la mejor apariencia se obtiene de soluciones electrolíticas más ricas en estaño (N^o 5 y 6). La tonalidad opaca se debe fundamentalmente a la elevada cantidad de estaño, aunque el brillo se podía mejorar con pulimento.

A 45 °C, para ambos tipos de sustratos, se obtuvieron recubrimientos mucho más homogéneos y de color más uniformes que los obtenidos a 28 °C. Cuando el sustrato era cobre, el depósito resultó particularmente brillante y de apariencia bastante vistosa. En ambos casos, los mejores recubrimientos se obtuvieron a densidades de corriente entre 1.0 mA/cm² y 2.5 mA/cm². La solución electrolítica No. 5 proporciona los mejores resultados en cuanto a la calidad del depósito.

Sin embargo, al cabo de algunas semanas los depósitos sobre acero mostraron los efectos de la corrosión.

Los recubrimientos obtenidos a 60 °C resultaron poco atractivos, oscuros y sin brillo. Sobre ambos sustratos, los mejores resultados se obtienen a densidades de corriente entre 1.0 mA/cm² y 2.5 mA/cm² en soluciones electrolíticas tipo 6. Se notó una marcada evolución de hidrógeno, lo que quizás puede explicar la apariencia y rendimiento de los depósitos.

En términos generales, bajo las condiciones de operación electrolítica, a densidades de corriente de ≈ 1.0 mA/cm² se pueden ob-

tener depósitos brillantes, de color grisáceo claro, homogéneos y bastante uniformes. La temperatura de 45 °C parece ser la más conveniente para este propósito. Un tratamiento de pasivación mejoraría la resistencia a la corrosión, pero los mismos no se ensayaron en esta oportunidad ya que nos concentramos en las variables de las condiciones de electrodeposición.

Las curvas de polarización catódica en las soluciones electrolíticas 1 y 11, que contienen uno de los metales, obtenidas tanto con sustrato de acero como de cobre, se muestran en la Fig. 1. Se observa que la sobretensión para

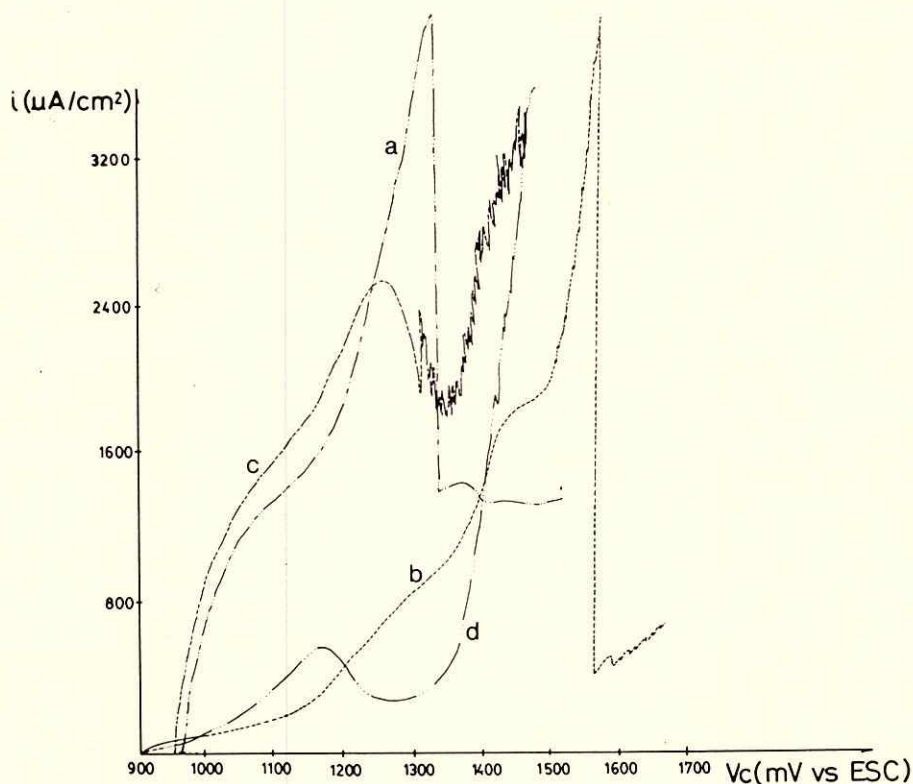


Fig. 1. Curvas de polarización catódica con: solución electrolítica 1 sobre sustrato de (a) acero y de (b) cobre; solución electrolítica 11 sobre sustrato de (c) acero y de (d) cobre. Las discontinuidades abruptas en las curvas se deben a un cambio de escala ($\times 10$).

la reducción del hidrógeno es considerablemente menor en sustrato de acero. En la curva de polarización sobre acero, de una solución que contiene solamente zinc, presenta un cambio de pendiente a aproximadamente 1110 mV, luego ocurre una inhibición del proceso catódico de 1270 mV, seguida de la evolución de hidrógeno. En sustrato de cobre, la inhibición y la reducción de hidrógeno se observan a potenciales catódicos más negativos. Cuando la solución electrolítica contiene solamente estaño, nuevamente las sobretensiones de reducción de hidrógeno disminuyen si el sustrato es acero. Sobre cobre, se obtienen dos cambios

de pendientes significativos a 1360 mV y 1480 mV, previo a la reducción del hidrógeno.

Estos dos cambios de pendiente se observan, tal como se aprecia en la Fig. 2b, cuando se utiliza la solución electrolítica 5 sobre un sustrato de cobre, a 1350 mV y 1550 mV aproximadamente, presentando la curva una gran similitud con aquella curva de polarización de una solución que solamente contiene estaño (ver Fig. 1b). La similitud se repite si el sustrato es acero, como se puede ver al comparar la Figura 1a. y 2a. Destaca en esta comparación, una pequeña inhibición que ocurre a altos valores de densidad de corriente.

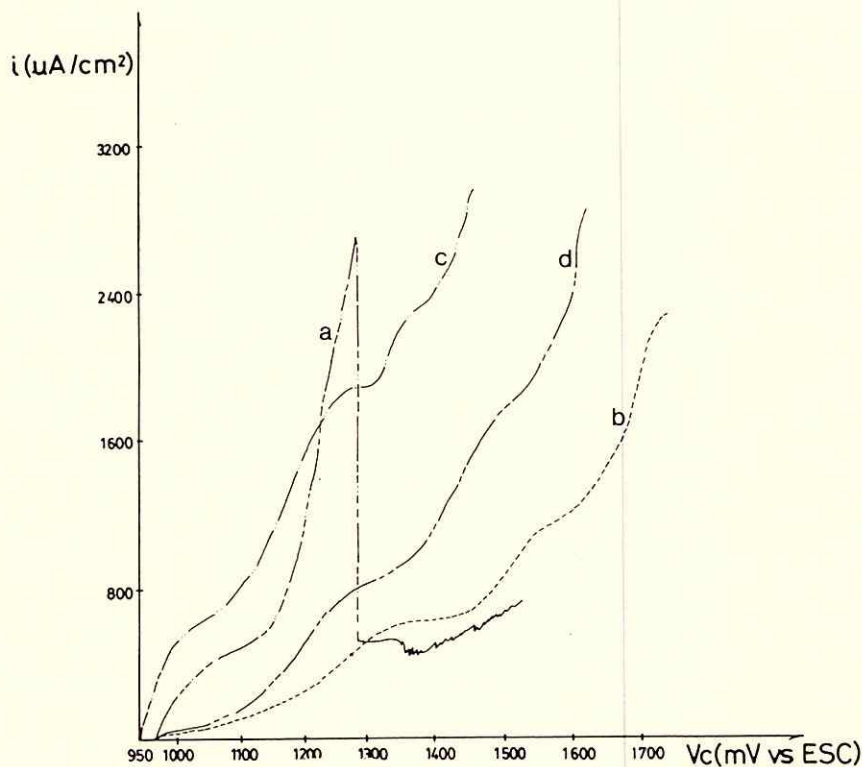


Fig. 2. Curvas de polarización catódica con: solución electrolítica 5 sobre sustrato de (a) acero y de (b) cobre; solución electrolítica ó sobre sustrato de (c) acero y de (d) cobre. Las discontinuidades abruptas en las curvas se deben a un cambio de escala ($\times 10$).

Cuando se utiliza la solución electrolítica 6, con un sustrato de acero, la sobretensión de hidrógeno aumenta, observándose un ligero cambio de pendiente a 1390 mV, donde ocurría la pequeña inhibición arriba mencionada, tal como se puede ver en la Fig. 2c. El mismo cambio de pendiente se obtuvo en una solución que contenía solamente estaño al realizar la reducción sobre el mismo sustrato de acero. Un pequeñísimo cambio de pendiente que se observa alrededor de 1100 mV, en varias soluciones que contienen estaño reducidas sobre acero, se acentúa apreciablemente en la solución electrolítica 6.

Todas las evidencias apuntan a inferir que la cinética de codeposición del estaño y el zinc, en las soluciones electrolíticas propuestas, están controladas por difusión. La baja sobretensión del hidrógeno, especialmente cuando el sustrato es acero, impiden obtener una mejor eficiencia del proceso catódico. El zinc alcanza rápidamente la corriente límite de difusión, lo que explica porqué el estaño se obtiene en rendimientos altos. Es de notar, que entre más rico es el baño electrolítico en estaño, mejor se puede observar el proceso cinético, como por ejemplo se puede observar en la Fig. 2d.

La similitud general en cuanto a la forma y conducta electrocinética nos permite inferir que la reducción simultánea de los metales estaño y zinc, en las soluciones electrolíticas propuestas, ocurre por un mecanismo típico de reducción no acoplada (Vagramyan, 1964), lo que implica que la aleación es una mezcla de ambos metales puros. Esto se pudo confirmar al obtener el espectro Sn-119 Mössbauer de varias muestras de aleaciones. El espectro consistía sólo de un singlete con desplazamiento isomérico de 2.50 mm/s y una anchura de línea de 1.00 mm/s. Estos parámetros son característicos de la fase β del estaño (Greenwood y Gibb, 1971), por lo que se infiere que el estaño no está asociado al zinc para formar soluciones sólidas o compuestos intermetálicos. Recientemente se reportó un resultado similar (Varsányi, et al., 1987).

CONCLUSIONES

La reducción electrolítica simultánea del estaño y el zinc se puede realizar satisfactoriamente a pH alcalinos, densidades de corriente de 1.0 mA/cm² y temperaturas cercanas a 45 °C.

Depósitos de concentración de estaño de $\approx 80\%$, que presentan mejor resistencia a la corrosión, se pueden obtener sobre sustratos de acero o cobre. Sin embargo, la calidad es muy superior cuando el sustrato es cobre.

La sobretensión de hidrógeno es considerablemente menor en un sustrato de acero. La cinética de codeposición, en los baños alcalinos de tartrato, está controlada por difusión, y se verifica por un mecanismo típico de reducción simultánea no acoplada. La aleación obtenida es una mezcla de ambos metales puros.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- VAGRAMYAM, A.T. 1964. Mechanism of simultaneous reduction of metal ions. En: *Electrodeposition of alloys*. Ed: V.A. Averkin, p. 1-51 Jerusalén: Editorial Israel.
- CUTHBERSON, J.W. y ANGLES, R.M. 1948. Electrodeposition and properties of tin-zinc alloys. *Trans. Electrochem. Soc.*, 94, 73-98.
- GREENWOOD, N.N. y GIBB T.C. 1971. *Mössbauer Spectroscopy*. Londres: Chapman and Hall Ltd., pág. 374.
- LÖWENHEIM, F.A. 1951. Alloy plating. *J. Electrodepos. Tech. Soc.*, 27, 115.
- SRIVASTAVA, R.D. y MUKERJEE, R.C. 1976. Electrodeposition of binary alloys: an account of recent developments. *J. Appl. Electrochem.*, 6, 321-331.
- VARSANYI, M.L., SZIRAKI, L. y KISS, L. 1987. Testing of passivation of tin-based galvanic coatings. *Korróziós figyelő*. 27, 67-71.

SUMMARY

Sn-Zn alloys were electrodeposited on steel and copper substrates using tartrate electrolytic baths, varying metal concentrations, temperature and current density. pH was kept constant at 8. The best deposits in terms of physical characteristics and corrosion were obtained at 45 °C and 1.0 mA/cm².

The electrochemical behaviour during codeposition was followed using cathodic

polarization curves, observing a diffusion controlled process. Mössbauer spectroscopy showed that the alloy was a mixture of both metals.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto 04-08/16. Nuestra gratitud a la Dra. Agnes de Bósquez por sus atinadas recomendaciones.

UN ENFOQUE HISTORICO-EPISTEMOLOGICO DE LA TEORIA DE LOS CUANTAS

CESAR GARRIDO

Laboratorio de Espectroscopía Mössbauer
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad de Panamá

(16 de noviembre de 1988)

RESUMEN

A partir de las diversas formulaciones teóricas y experimentales sobre la radiación del cuerpo negro, se analizan las principales líneas de formación de la Teoría de los Cuantos y la construcción de sus conceptos. Se muestra, sobre base de la evolución del concepto de entropía, como emerge la estructura discontinua de la energía de radiación y su naturaleza atomística. Además, se evidencia, como aspectos fuera del desarrollo del conocimiento del fenómeno, influyeron en la universalización de esta teoría.

PALABRAS CLAVES: radiación negra, entropía, espacio de fase, ruptura planckiana, cuanta.

INTRODUCCION

El problema de la radiación del cuerpo negro tiene interés metodológico y pedagógico ya que, en él convergen leyes fundamentales de la Termodinámica, el Electromagnetismo, la Estadística y la Teoría de los Cuantos. Históricamente, en este vértice de convergencia, resalta la interrelación entre atomismo y energetismo, entre la continuidad y lo discreto, entre micro y macromundo. La extensa variedad de cuestiones conceptuales y filosóficas que saltaron a la luz con la mecánica de Heisenberg y Schrödinger parece haber relegado a la teoría cuántica "antigua" a un plano histórico-epistemológico secundario. Sin embargo, la naturaleza

y el contexto en que se dió lo que podría llamarse ruptura planckiana tiene aristas que ameritan un examen más a fondo aunque admitamos que, la introducción de los cuantos de acción, aún no equivale al establecimiento de una auténtica teoría cuántica. Pretendemos que este trabajo, aunque con una temática general, coadyuve a despertar la reflexión sobre temas de Historia y Filosofía de las Ciencias. Pensamos, por ejemplo, en la obra pionera de N. Escobar, Desarrollo de las Ciencias Naturales y la Medicina en Panamá. La Teoría de los Cuantos forma parte del pensum de varias carreras de ciencias e ingeniería en nuestras universidades por lo que no insistiremos sobre la importancia que tiene la reconstrucción del

pensamiento científico en los métodos de formación académica. Un examen de los trabajos originales permite formarse una visión más clara y precisa sobre conceptos y categorías que, con el paso del tiempo o en su presentación en textos, aparecen distorsionados, con frecuencia mistificados y cubiertos de una supuesta rigurosidad de verdad absoluta.

No es el postulado del cuanta, como se verá, lo que está a la base de la ruptura planckiana. Mostraremos, más bien, la forma como la dimensión infinita de la naturaleza del micro-mundo fue dividida, cuales fueron las escalas introducidas para proporcionarla a la ciencia de entonces, la secuencia metodológica con que se dió, cuales fueron los contextos exteriores de funcionamiento de la Institución científica que la universalizó. El "establecimiento" de la mecánica cuántica como generalización de la física newtoniana al nivel atómico transita forzosamente por la ruptura de la categoría de continuidad. Esta no debe ser considerada como una instancia ontológica secundaria, dada la unidad del conocimiento y de su devenir. Existe una jerarquía ontológica en los niveles o formaciones materiales del universo y en las formas de conocimiento que ellas implican y aquí se trata de la estructura de la radiación. Corroboramos el hecho de que lo progresivo en una ciencia está ligado al mayor grado de isomorfismo en la representación de lo real, lo cual presupone una relación entre el orden natural y el de las estructuras de representación que la ciencia desarrolla.

El programa de investigación de Planck, a la luz de su concepto de entropía y su visión filosófica, estuvo marcado por concepciones continuistas de la materia. Partidario de lo "real metafísico" y del "espíritu ideal abstracto", pareció siempre asignar un carácter absoluto a las estructuras de la física clásica. Su idea de que "el pensamiento científico exige amplia distancia y clara separación del sujeto pensante y del objeto pensado" (Heimendahl, 1983) guarda relación con su teoría, que separaba objetivamente su modelo hipotético del resonador de los resultados experimentales que ella

verifica. Es un error adjudicarle a Planck la profundidad de interpretación física que el cuanto de acción recibiese posteriormente. Es el nombre de Einstein que según Bohr, De Broglie y otros se encuentra en el centro de ella. No pretendemos realizar una reconstrucción racional precisa de la revolución de los cuantos a través del camino transitado por Planck, tal como la desarrollase T. Kuhn (Kuhn, 1980a). No se debe estimular "la imitación de los grandes científicos por la sumisión a la sabiduría colectiva de la comunidad" (Lakatos, 1983), como I. Lakatos se refiere a aspectos de la obra de Kuhn. Tampoco aspiramos construir una epistemología. Pero nos cuidamos de "seguir formando frases grandilocuentes sobre revoluciones científicas" (Bunge, 1981a). Pensamos que este trabajo puede ser de utilidad en el marco de nuestros niveles relativos de reflexión epistemológica, aunque sólo se limite a la enseñanza. Como quiera que el concepto de epistemología posee interpretaciones controversiales, nos referiremos a ella como la teoría de la producción de conceptos y de la formación de teorías de cada ciencia, en particular, de la física. Similarmente, existen concepciones divergentes sobre los géneros de Historias, sobre el carácter recurrente o teleológico de la Historia de las Ciencias, sobre la naturaleza de una teoría de la Historia de la Ciencia o de las Ciencias. Entenderemos que la Historia de una ciencia, de la Física en concreto, es el establecimiento y la descripción de las condiciones reales de la producción de sus conceptos y la formación de sus teorías.

Analizaremos como la evolución del concepto de entropía, en sus versiones termodinámica, combinatoria y estadística, jugó un papel importante en el camino hacia la hipótesis del cuanta y cómo pivotaron, alrededor de concepciones filosóficas atomísticas y continuistas, las distintas propuestas teóricas sobre el problema de la radiación negra. Sin embargo, por razones de contribución didáctica, y con propósitos desmistificadores, algunas líneas demostrativas son explicitadas. Ensayaremos revelar dimensiones epistemológicas e históricas

del problema de la radiación negra, en especial aquellas que dan una perspectiva del cambio permanente en la interrelación entre descubrimiento y el conocimiento científico de una parte, y el universo de lo real por la otra, con sus prácticas científicas y las no-científicas siempre presentes.

Evolución de las teorías clásicas de la radiación del cuerpo negro.

El proceso de transformación constante del conocimiento científico, el paso a la obsolescencia de teorías e interpretaciones teóricas, su remplazo por nuevas, más precisas y estructurales, hacen que la perfectibilidad de la Ciencia sea usada como un argumento en contra de la necesidad de hacer cualquier tipo de Historia de la Ciencia. Este criterio de algunos círculos científicos no tiene justificación en la actualidad. Bastaría citar el desarrollo que hace A. Koyree (Koyree, 1982) de las premisas (como la gravedad específica y la relación entre potencia y resistencia para la velocidad de los cuerpos en caída) que J.B. Benedetti, precursor de Galileo, aporta al descubrimiento de la ley de caída libre. Además, es notable el uso de "viejas" teorías en problemas actuales (por ejemplo, la teoría del monopolio magnético de Dirac en el problema actual de la inflación del universo).

El inicio de teorización sobre el problema de la radiación del denominado cuerpo negro lo marcó el planteamiento (1849) de G. Kirchhoff: para una radiación monocromática de longitud de onda dada λ y a una temperatura fija T , el cociente $I_{\lambda T}$, entre la energía emitida y absorbida por un elemento cualquiera de superficie interior perfectamente reflectora de una cavidad, es el mismo, independientemente del tamaño, forma o material de ésta. Medio siglo de reflexión ocuparía este problema. Luego que el carácter cualitativo de la función universal de radiación fuese establecido (1886) por el astrónomo S.P. Langley (Kuhn, 1980b), el cuerpo negro sirvió de modelo para traducir la elaboración teórica en términos de la experimentación.

Entre los intentos más notables de establecer la relación $I_{\lambda T}$ por la vía de la consistencia teórica, está el uso (1886) de los métodos de la naciente física cinética por V.A. Michelson (Spasski, 1964a). Su modelo consistía de cuerpos formados por estructuras atómicas esféricas que experimentan un movimiento caótico por los choques elásticos. Este movimiento, Michelson lo aproxima a un movimiento armónico, generando cada átomo una onda monocromática de idéntico período. La distribución de velocidades de Maxwell, la relación de Stephan-Boltzmann y la hipótesis de que la intensidad de radiación posee una forma $I_{\lambda T} = \phi(T) \tau^{-Y}$ con Y constante y τ el período, llevan a la relación $I_{\lambda T} = bT^{3/2} \lambda^{-6} \exp. (-a/T\lambda^2)$ a y b son constantes. El ajuste de esta expresión a los resultados experimentales resultó satisfactorio, pero prontamente la investigación teórica mostraría su imperfección. Posteriormente (1896) W. Wien usó un modelo cinético similar y en el cual introdujo un conjunto de moléculas osciladores no-ligados, inmersos en una cavidad negra con velocidades distribuidas según la función de Maxwell y Boltzmann. Con algunas hipótesis adicionales, encontró $I_{\lambda T} = b\lambda^{-Y} \exp. (-\frac{a}{\lambda T})$, a, b constantes. Este tipo de enfoque lleva implícito la aceptación del carácter atomístico de la materia radiante aunque para algunos, la subdivisión de la materia en esferas rígidas colisionantes, sólo era un recurso para el cálculo sin que por ello tuviesen realidad física.

Bajo el prisma macroscópico de la termodinámica el mismo Wien (1893), estudiando la radiación de un émbolo cerrado y basándose en el efecto Doppler y la radiación de Stephan-Boltzmann, había establecido la funcionalidad a una sola variable de la distribución espectral $I_{\lambda T}$.

Los recursos metodológicos de la época dieron lugar a construcciones teóricas basadas en diversas técnicas de la experimentación. Los estudios de medidas del espectro de emisión de bujías de filamento de carbono realizados (1888) por W.F. Weber, el perfecciona-

miento (1896) de las técnicas de medición en el infrarrojo por F. Pashen, permitieron establecer relaciones interesantes para λ_T . Importantes fueron los resultados de los experimentalistas Otto Lummer y Ernst Pringsheim quienes utilizaron (1889) por primera vez una cavidad negra, comprobando los resultados de Wien, considerados los más consistentes.

Para 1900 J. Rayleigh introdujo una arista distinta, en la que se utilizaba con fuerza la teoría ondulatoria de Maxwell y que, al combinarla con el principio de equipartición, obtuvo mejores resultados para las bajas frecuencias que la teoría de Wien.

La variedad y fuerza de las argumentaciones hacían más bien relucir limitaciones de orden fundamental en la concepción de la naturaleza física del problema y los afinamientos de las técnicas experimentales de la medición espectral no hacían más que enfatizarlas. Sin embargo, no parecía evidente la inminencia de una ruptura epistemológica (paradigma o salto dialéctico). Los niveles de intervención teórica se arraigaban firmemente a los principios de Hamilton-Lagrange y al sistema de ecuaciones de Maxwell, lo cual iba de la coherencia y unidad de los principios fundamentales de la física.

Entropía y combinatoria en el problema de la radiación negra.

La noción de entropía, la medida del desorden (molecular), transita por varias vías. En 1824, Sadi Carnot, derivó un conjunto de teoremas sobre máquinas térmicas, basándose en la realización de trabajo por flujo calórico de un termostato caliente a uno frío, en los cuales aparecía en forma implícita la noción de entropía y el segundo principio de la termodinámica. Estos teoremas fueron obtenidos (1850-54) por R. Clausius quien concluye que "el calor no puede pasar por sí solo de un cuerpo más frío a otro más caliente, permaneciendo inalterable el resto del universo". Contemporáneamente, W. Thomson enunciaría el nuevo principio en forma equivalente: "es im-

posible construir una máquina que levante un peso con sólo enfriar un depósito de calor" (Zemansky y Dittmann, 1984). La formulación de Planck (1879) se expresa como $S_f - S_i \geq 0$, S —la entropía, una versión clara del crecimiento de la entropía, diferente a aquélla que enuncia-se Clausius, 1854, según la cual el calor reducido $\oint dQ/T \leq 0$ para ciclos con segmentos irreversibles. Ninguna de ellas se vincula a las elaboraciones cinético-moleculares de Boltzmann, menos aún a su Teorema H. No es casual entonces, que el planteamiento inicial del programa de investigación de Planck se redujese a un problema termodinámico. Este consistía en encontrar la entropía en función de las variables de campo de la distribución de la energía radiante que se establece en una cavidad aislada. Pero este problema supone el conocimiento de la interacción radiación-materia. Descartando la visión estadística de las propiedades de la materia establecidas por Maxwell y Boltzmann, Planck fundamentaba el equilibrio con la materia isotrópica en el conocimiento de las fuerzas internas de ésta, que deben depender de las velocidades y de la temperatura. Además, rechazó cualquier supuesto sobre la constitución atómica de la materia, vaticinando inclusive que la teoría atómica, con todos sus logros, sería abandonada. Estas convicciones sólo podían llevar a postular un modelo para los constituyentes del sistema, el modelo del resonador. Los resonadores consisten en una estructura sin rozamiento o sin resistencia que pueden ser excitados al absorber energía de vibración que incide sobre él y que se amortigua al radiar energía. Ellos reducen los procesos irreversibles a efectos conservativos y permiten examinar la interacción materia-radiación. Aunque el resonador resultaría un modelo imperfecto, el estudio de su comportamiento permitió un enriquecimiento de los métodos físico-matemáticos de la teoría de las ondas electromagnéticas. Su comportamiento físico se describe como fenómeno ondulatorio tal como lo establecieron Hügüens, Fresnel y esencialmente Maxwell.

Algunas líneas de la primera deducción de Planck nos permiten mostrar el carácter continuista de su planteamiento (modelo del resonador) y su rechazo al atomismo (enfoque termodinámico). Resalta, sin embargo, la naturaleza no-axiomática de su construcción teórica. Introduzcamos (Kastler, 1983) la densidad espectral de energía y de entropía, $U_\nu = dU/d\nu$ y $S_\nu = dS/d\nu$, U -la energía interna y ν -la frecuencia de radiación. Al relacionar estas variables con el comportamiento de los resonadores, que se asumen de energía media U_0 y de entropía media S_0 , se puede mostrar la independencia de los modos de vibración, si se admite la aditividad de la entropía. Esto conduce a las relaciones $U_\nu = N_\nu U_0$, $S_\nu = N_\nu S_0$, con N_ν -número de Jeans o sea el número de osciladores de frecuencias entre ν y $\nu + d\nu$. Admitamos la relación espectral de Wien como válida para U_ν . La integración de la conocida relación $dS_0/dU_0 = 1/T$ permite encontrar la entropía. Usemos la relación $R = (-d^2S_0/dU_0^2)^{-1}$ para clarificar el análisis. El cálculo muestra que es igual a $\beta \nu U_0$, β -constante. Einstein demostraría que R es la fluctuación de la radiación lumínica (debido a la estructura corpuscular y a la radiación propiamente). Ahora bien, los experimentos muestran la validez del principio de equipartición para bajas frecuencias o sea $U_0 = kT$, k -constante de Boltzmann. En este caso el cálculo de R resulta diferente, $(1/k)U_0^2$. Este es el punto clave del dilema teórico: ¿cuáles son las hipótesis y el modelo que hay que introducir para obtener ambas teorías al límite (y por ende ambas expresiones para R)?. Planck no dió respuesta a este problema. Sin embargo propuso un *anzatz* que sí permitió el cálculo de la distribución espectral de energía del cuerpo negro. Simplemente exigió que R fuese la suma de las dos expresiones que, al integrarla, conduce la expresión correcta, en acorde con los resultados experimentales: $1/\nu T = 8 h\nu^3 c^{-2} [\exp(h\nu/kT) - 1]^{-1}$. La constante h aparecía como un recurso de cálculo y no está claro cómo se distribuye la energía $h\nu$ entre los resonadores. Es asombroso observar como la

síntesis de dos teorías pasó por un recurso de cálculo tan trivial como el propuesto. No existió ninguna premisa teórica para introducir este *anzatz*. Tampoco hay hipótesis de cuanta. La magnífica concordancia con el experimento y, simultáneamente, las debilidades teóricas de esta construcción ad-hoc trascienden los supuestos físicos que ella pretende extrapolar.

Utilizando las técnicas estadísticas de Boltzmann (y no su atomismo), Planck reformula su teoría, en la busca de un sentido para $h\nu$. La energía de campo electromagnético es continua y se plantea el problema de como repartirla entre los N_ν resonadores por unidad de volumen. Este problema es similar al de dividir el espacio continuo de velocidades en células finitas para obtener la distribución de Boltzmann. Al integrar el *anzatz* dos veces se obtiene la entropía de Boltzmann: $S = k [(1 + U_0/h\nu) \ln(1 + U_0/h\nu) - U_0/h\nu \ln(U_0/h\nu)]$. Supongamos cierta, como hace Boltzmann, la división discreta del espacio de energías. Entonces, para N resonadores independientes de frecuencia ν , en equilibrio con su campo de radiación, la entropía y la energía total deben ser respectivamente $S = NS_0$, $E = NU_0$. Para introducir la combinatoria, la energía E se divide en G elementos de igual valor \mathcal{E} (que no es una cantidad promedio). Con este criterio se encuentra el valor de $U_0 = G\mathcal{E}/N$ que permite establecer la conocida relación combinatoria de Boltzmann para la entropía $S = k \ln W$ con $W = (N + G)^{N+G} / N^N G^G \cong (N + G - 1)! / (N - 1)! G!$, el número de compleciones según la denominación de Planck. Esta relación se obtiene sólo si se hace $\mathcal{E} = h\nu$, denominada cuanta de acción y cuya interpretación aún no es clara. Ella sugiere que la acción sólo puede tomar valores discretos y parece indicar que aparte del atomismo de la materia, tiene realidad física el atomismo de la acción, una interpretación externa a la coherencia de los principios de la física clásica. Para aceptar esta externalidad se requiere mayor universalidad en la construcción teórica y en la práctica experimental.

Enfoque atómico-estadístico

El modelo del resonador de Planck y sus mecanismos de interacción contenían incongruencias que no se acoplaban con el comportamiento físico de los sistemas radiantes. Paul Ehrenfest enunció (1905) el carácter incompleto del mecanismo equilibrador de los resonadores. Demostró que los resonadores lineales fijos no pueden alterar la distribución de frecuencias de la energía del campo de radiación del entorno (Kuhn, 1980c). Sin embargo, no logra descifrar el significado de la constante h . Argumentó que un punto de ataque de la combinatoria sería colocar una condición adicional que restrinja el valor de \mathcal{E} , a múltiplos enteros de $h\nu$ "igual que si para cada frecuencia la energía de vibración consistiera en átomos de energía". Utilizó para la radiación en una cavidad vacía, el modelo de osciladores no-amortiguados de energía correspondiente a cada modo diferente de vibración $\mathcal{E}(\nu) = 1/2(\alpha Q^2 + \beta P^2)$ con $P = \partial\mathcal{E}/\partial\dot{Q}$ donde Q es el momento del oscilador y P su conjugado. Introduce, entonces, una generalización de la definición de entropía de Boltzmann, colocando

$$S = -k \int_0^\infty N(\nu) d\nu \int_{-\infty}^{\infty} F(\nu, Q, P) \log$$

$F(\nu, Q, P) dQ dP$, $N(\nu) d\nu$ — número de osciladores con frecuencias en el intervalo, $(\nu - d\nu, \nu + d\nu)$. $F(Q, P)$ —la función de distribución que representa la fracción de osciladores de frecuencia con coordenadas de valores $(Q, Q + dQ, P, P + dP)$. Hay que agregar las restricciones sobre la energía total y la norma de F :

$$\int \int_{-\infty}^{\infty} F(\nu, Q, P) dQ dP = 1,$$

$$E_t = \int_0^\infty N(\nu) d\nu \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{E}_\nu F(\nu, Q, P) dQ dP \quad \text{y} \quad \int \int_{-\infty}^{\infty} F(\nu, Q, P) dQ dP = 1$$

El espectro de energía se representa por: $E(\nu) d\nu = N(\nu) d\nu \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{E}_\nu F(\nu, Q, P) dQ dP$. La expresión que puede obtenerse para la densidad espectral se fundamenta en las restricciones sobre el continuo clásico de los estados del resonador. Si el espacio de fase se extiende con elipses $\mathcal{E}_\nu = m h \nu$, m -entero, se obtiene la distribución de Planck. De lo contrario, se obtiene

la de Rayleigh y Jeans. Inversamente, se puede demostrar que los resonadores satisfacen la relación de Boltzmann entre entropía y probabilidad solo si satisfacen la condición invariante-adiabática o sea $\int \int dQ dP$ —múltiplo entero de $h\nu$. La introducción del teorema H de Boltzmann en el análisis teórico permitió un nuevo enfoque, más general, del problema.

Le corresponde a A. Einstein la interpretación hipótesis de los cuantos de Planck (De Broglie, 1957, 1965). En su primer trabajo sobre el efecto fotoeléctrico afirmó (Einstein, 1905) que "la energía de un resonador elemental sólo puede tomar valores que son múltiplos de $h\nu$ ($h = R\beta/N$, en su notación) y durante la absorción y emisión, la energía de un resonador cambia discontinuamente en múltiplo entero de h ". Su construcción de aspectos fundamentales de la física estadística, independiente de Gibbs, le permitió abordar el problema con mayor precisión y coherencia.

Partamos (Einstein, 1903a) de un sistema gobernado por el conjunto de n ecuaciones $dp_i/dt = \phi_i(p_1, p_2, \dots, p_n)$ ó $dX/dt = \phi(X)$, $X = (p_i)$ —las variables dinámicas, con la energía como sola integral de movimiento. Sea Γ un dominio de valores de X para N sistemas idénticos que satisfacen estas ecuaciones. Si la energía de ellos están en el rango g de valores $(E, E + dE)$, se puede introducir el concepto probabilístico que defina a uno de estos sistemas al momento t dentro del dominio Γ con probabilidad dada por el límite finito $\lim_{T \rightarrow \infty} \tau/T$ o sea la fracción del tiempo en que el sistema permanece dentro del dominio Γ . Esta definición introductoria es una versión del teorema de Poincaré-Cermelo (Terletsky, 1966a) y permite la traducción de la media temporal a la media estadística, dada la independencia del tiempo. Es decir, en vez de describir la evolución de un sistema durante una larga secuencia discreta de tiempo, se analiza un conjunto de muchos sistemas idénticos a este en un instante dado. La probabilidad de que los valores de las variables X del estado del sistema, escogido al azar de los N -sistemas idénticos, se encuentre en la pequeña

región g del espacio de fase es entonces $dW = dN/N = \text{const} \int_g dp_1 dp_2 \dots dp_n$. La variante de esta expresión $\Delta\Gamma = \omega(E)dE = \int_E^{E+dE} dX$, $\{X\} = (p_i)$ es suficiente para ver su aplicación, por ejemplo, deducir la ley de desplazamiento de Wien (Einstein, 1903b). Ella representa un volumen físico de una capa de espesor dE . La entropía se escribe como $k \log \Delta\Gamma$, la cual lleva a la expresión propia del formalismo microcanónico $k \log \Gamma$ para los casos cuando $N \rightarrow \infty$ (Terletsky, 1966b). Esta construcción se diferencia de aquella de Planck en que si bien es cierto el estado del sistema viene especificado por la celda g , ella se define ahora en términos probabilísticos. No tiene pues sentido asignarle una dimensión finita definida a la celda ya que la continuidad de las trayectorias de fase se violaría. Mucho menos buscar algún mecanismo físico que la induzca, como el de algún tipo de funcionamiento del resonador. Aquí se observa un error fundamental en el razonamiento de Planck. Aunque el continuo puede subdividirse discretamente, las celdas deben ser lo suficientemente pequeñas para que al variar de estado los resonadores, no se produzcan cambios que repercutan en el estado físico del sistema. Pero esto exige que la energía de estos sea pequeña lo cual no es cierto en todos los intervalos de frecuencia. Esta situación se supera si se introduce un nuevo modelo, el del ión-oscilador no-ligado, puntualmente localizado y de energía ϵ_j . Ahora se puede definir $\Delta\Gamma = \int_E^{E+dE} dE_1 dE_2 \dots dE_n$, con E en la vecindad de la media. Ella asegura la distribución microcanónica (solo faltaría llevarla a la forma de una delta de Dirac) si se escoge dE adecuadamente y lleva a la solución correcta si se admite que la energía del ión-oscilador toma solo valores múltiplos de $h\nu$. El uso eurístico de este supuesto en la teoría del efecto fotoeléctrico y la elaboración de los principios de la mecánica estadística (independiente de Gibbs), nos lleva a la conclusión de que la autoría del fotón se debe a la concepción atómica de Einstein.

Emergencia de la discontinuidad.

El concepto de discontinuidad, producto de una ruptura epistemológica, se presenta ahora en forma explícita. Va adquiriendo forma y contenido, como una insospechada emergencia, cuyo sentido está relacionado a la extensión de la concepción atómica.

El proceso de asimilación y de conformación de la nueva concepción de la radiación, por parte de la Institución de las Ciencias Físicas, se realizó paulatinamente. Para 1903 (Kuhn, 1980d), H.A. Lorentz había avanzado la idea de la cuantización de la carga. Ehrenfest sugería la posición de Lorentz en el sentido de que si e^2/c tiene unidades de acción, bien podría darse la existencia del cuanto elemental. Por su parte, Paul Drude propuso (1906) que las energías individuales de los resonadores estuviese compuesta por "una especie de elementos atómicos de energía". Jeans afirmaría que $h\nu$ es "una cantidad pequeña, una especie de átomo indivisible de energía, introducido para simplificar los cálculos". Aferrado al principio de equipartición como válido para las altas frecuencias, éste opinaba que al hacer $h \rightarrow 0$ se obtiene la distribución obtenida por él, sin violar de este modo los principios de la estadística. Es significativa una aguda deducción (1908) de la fórmula de la radiación negra realizada por Lorentz en la que incluyó su poderosa nueva teoría del electrón. Sus resultados fueron contundentes: partiendo de principios clásicos no se puede llegar a la ley de Planck.

Es bastante desconocida la aguda hipótesis que hiciese (1903) J.J. Thomson (Spasski, 1964b), un experimentalista distanciado del círculo berlinés. Examinando el flujo de rayos X a través de un gas, se percató que los fenómenos observados se explican fácilmente si se asume, en vez de la estructura de ondas electromagnéticas de los rayos, una estructura corpuscular de éstos, vistos como puntos luminosos separados por puntos débilmente brillantes y con un comportamiento similar al de los rayos catódicos. Propuesta interesante, sin prejuicios anti-atómicos, pero sin repercusiones.

Si los resultados del enfoque estadístico no persuadieron a la comunidad científica a percibir la existencia de una ruptura epistemológica se debió, sin duda, a la persistencia del pensamiento filosófico empirista imperante y a la cerradura de las líneas de investigación de la institución de la Ciencia. La apertura hacia otros círculos hubiese posibilitado una discusión epistemológica más vasta del problema. En las universidades como la de Berlín se daba, a fines del siglo pasado, una actividad intelectual libre, producto del reforzamiento del marco nacionalista que éstas daban al Estado Absolutista que se defendía de la influencia napoleónica (Ben-David y Zloczwer, 1972). Sin embargo, éstas se mostraban cautelosas con las influencias intelectuales externas a ellas y negaban reconocimiento a todo rol de enseñanza o investigación que no viniese del colegio de sus profesores. Esto se reflejó en el reducido número de especialistas que aceptaban la necesidad de la discontinuidad en el problema de la radiación negra.

La elaboración teórica del problema de la capacidad calorífica efectuados de 1907 a 1912 por Einstein, Nernst, Debye y otros, en los cuales se usó la hipótesis de Planck, apuntaban a comprobar experimentalmente la cuantización de la energía. Aunado a esto, el estudio de las aplicaciones del efecto fotoeléctrico, la fluorescencia y la nueva teoría atómica de Bohr le fueron dando consistencia a la nueva teoría y reconocimiento en el seno de la comunidad científica. La deducción que hiciese Einstein de la fórmula de la radiación de Planck (Einstein, 1917), usando su hipótesis de intercambio radiativo de energía (considerado el primer trabajo sobre el laser), resulta una prueba de la debilidad conceptual del modelo del cuerpo negro que deviene lentamente específico. El efecto Compton, establecido en 1923, en donde se comprueba la existencia del fotón individual en interacción, fué de definitiva contundencia para retirar de circulación todo intento polemizante de mantener un criterio continuista en el problema de la radiación del cuerpo negro. La atomística de la materia, la acción y

la energía, encontraban ahora sólidas anclas para imponerse.

CONCLUSIONES

CONCEPCION FILOSOFICA. La concepción filosófica que se adopta en el desarrollo de un programa de investigación representa una internalidad a éste. Hemos mostrado que "una filosofía errónea puede impedir una comprensión correcta de la teoría física y el experimento. Puede incluso retrasar el progreso en la investigación proscribiendo programas enteros de investigación incompatibles con esa filosofía o fomentando programas superficiales e incluso estériles" (Bunge, 1981a). Por eso no tuvieron perspectivas, las propuestas de generalizar el Principio de Mínima Acción de la mecánica clásica a los casos de procesos discontinuos. De allí también que, al final del largo camino de su programa de investigación, Planck sentenciara que (Spasski, 1964c), "la falta de éxito de todos los intentos de atravesar el puente sobre el abismo no daba lugar a dudas: o la cantidad elemental de acción es ficticia en cuyo caso toda deducción de la ley de radiación es en principio ilusoria, o bien en la base de la deducción de la ley se encuentra una idea física concreta. Entonces ella introduce un pensamiento completamente nuevo, desconocido hasta entonces. Esta idea está llamada a transformar todas nuestras concepciones físicas, las cuales están completamente fundamentadas en el supuesto de la continuidad de cualquier efecto causal". Esto fué para 1925, cuando un conjunto de resultados experimentales y discursos teóricos daban respuesta a esta interrogante.

ESPACIO DE FASE Y DISCONTINUIDAD. Hemos visto como la construcción de una teoría y de sus métodos, la física estadística, resultó fundamental para la formulación de otra, la cuantización de la energía radiativa. En el espacio de fase, las energías se distribuyen en forma discreta entre los osciladores. Asignarle un carácter de espacio de eventos a las celdas

del espacio de fase y un carácter probabilístico a la presencia de los puntos de fase en ella, permite la interpretación casual de las trayectorias continuas de fase (idea que desarrollaría R Feynmann en su formulación de la mecánica cuántica). La introducción de la función de distribución de probabilidades $\Delta \Gamma$ dependiente de una sola integral de movimiento, la energía, lleva a la fórmula de Planck (sólo a través de la discontinuidad de ésta. La relación combinatoria W se puede interpretar, vía la indistinguibilidad de los resonadores (osciladores) de energía $h\nu$, y generar la denominada estadística de Bose-Einstein.

EVOLUCION Y RUPTURA. En el siglo que abarcó de Copérnico a Newton tuvo lugar la denominada Revolución Copernicana. Análogamente, en el camino que hemos recorrido aquí (1849-1925), observamos la emergencia de la ruptura planckiana. Existe un desarrollo acumulativo de cambios en el proceso cognoscitivo de una formación material que, por la calidad de las contradicciones internas del mismo, genera la necesidad de una ruptura en la conciencia objetiva que tenemos sobre dicha formación o sea en el grado de isomorfismo de nuestra representación de esta. Nuestra posición diverge de aquellas como la de P. Duhem, quien afirma que la aceleración del curso de la historia no implica discontinuidad o la de I. Lakatos, quien sólo admite fases regresivas o progresivas en un programa de investigación. Es necesario tomar en consideración que "las revoluciones científicas deben ser preparadas y que ellas suceden a una maduración y descomposición de determinada situación epistemológica. No hay en ellas ninguna decisión arbitraria, sino una necesidad que llama y funde lo nuevo" (Fichant y Pécheux, 1974).

INSTITUCION CIENTIFICA Y UNIVERSALIDAD. Cuando se dió la primera conferencia Solvay, en 1911, en donde se reunieron los más connotados físicos de la época, ya la autoridad de Nernst y de Poincaré estaba en vías de lograr un amplio reconocimiento de la hipótesis del cuanta. En la universalización de la teoría de los cuantos, como ha sucedido con la mayoría

de las teorías, hubo diversas influencias subjetivas: el carácter cerrado de las universidades alemanas, el impacto de las teorías oficiales de la Institución científica (la radioactividad, la teoría de los electrones, las teorías moleculares, la electrodinámica), el dominio de corrientes filosóficas que forzaban un empirismo en la práctica teórica.

PEDAGOGIA Y ENFOQUE HISTORICO-EPISTEMOLOGICO Hemos presentado como la construcción de la termodinámica de equilibrio de un sistema de ondas electromagnéticas se transformó la teoría estadística de un gas equilibrado de fotones. Más que la explicación del fenómeno en sí, han privado los modelos, las hipótesis, las premisas filosóficas y el entorno extra-científico. La historia de la reorganización de la explicación del conjunto de supuestos y resultados de una teoría (que hoy adquirimos bajo ciertas formas bien definidas), determina su reformulación bajo nuevas modalidades. Ello guarda relación con la existencia de las obras "clásicas", con los temas estándares, con las paradojas universales, es decir, con un cuerpo de conocimientos mínimos común a toda la Institución científica. Paralelo a ello, hay reformulaciones que repiten falsas simplificaciones, mitos, elementos extra-científicos particularizados. Es por ello que, en el desarrollo de la cultura científica (como es el caso en nuestro país), la presentación, didáctica o como problemática, de una teoría, bajo el enfoque histórico-epistemológico, permite examinar facetas axiológicas, semánticas, gnoseológicas, socio-históricas, etc. que dan una visión sistémica de ella, desmistificada y más fidedigna.

ESENCIA Y PARA-PROGRAMA. Después de una ruptura epistemológica en el conocimiento de una formación material se da un proceso de recurrencia cognoscitiva que va precisando en forma y esencia nuestra representación objetiva de esta. El fenómeno, bajo la nueva concepción de su esencia, trasluce nuevas contradicciones, ya sea en el marco de las premisas que se dan para la formulación de las leyes que rigen su funcionamiento o fuera de ellas. No

mencionaremos aquellas que surgieron inmediatamente a raíz del descubrimiento de la mecánica cuántica. Sin embargo, dentro de las restricciones físicas de la teoría expuesta aquí, se abrió un nuevo horizonte cuando Planck establece (1911) la energía adicional $h\nu/2$ al cero absoluto para todos los osciladores. Un primer resultado importante en esta nueva vía es la deducción (Einstein y Stern, 1913) de la ley de la radiación negra, partiendo de la hipótesis de la energía al cero absoluto, sin necesidad de introducir un postulado independiente de la cuantización. Hoy, para explicar la estocicidad del movimiento de los electrones y la existencia de las transiciones espontáneas radiativas, hay círculos de científicos que aceptan que el campo de radiación correspondiente al vacío (cero fotones) es real y fluctuante, con energía de modo normal $h\nu/2$ (De la Peña, 1980). Recientes cuestionamientos (Galgani, 1983) establecen en 40% el margen de error en las curvas más precisas obtenidas experimentalmente. Dentro de dicho margen, se encuentran teorías como la basada en la hipótesis del crecimiento, con la frecuencia, del tiempo de relajamiento de los osciladores (que una vez Jeans enunciase, sin éxito) y en las que se establecen ciertas bases de estocicidad $\xi(\nu)$ características por cada frecuencia cuando se pasa bruscamente de órbitas ordenadas a órbitas caóticas en el espacio de fase. Estos son aspectos que están por dilucidar e incluyen la posibilidad de construir teorías de la radiación sin cuantización. Así pues, las fisuras en una teoría, en el marco de otras más generales, pueden originar nuevos programas como en este caso, aunque aún no tenga una relevancia reconocida por la Institución de la Ciencia. Parece que aún privan los valores de la racionalidad institucionalizada tan fustigados por P. Feyerabend.

SUMMARY

The Quanta Theory heading guidelines and the construction of its concepts are analyzed through the different theoretical and

experimental approaches of the black body radiation models. By the evolution of entropy concept, the emergence of the discontinuous structure of the radiation energy and its atomistic nature are showed. It is pointed out, the universality of the theory is not only coming out of the stricted developing acknowledge of the phenomenon.

REFERENCIAS

- BEN-DAVID J. y ZLOCZWER A. 1972. El desarrollo de la ciencia institucionalizada en Alemania. En *Estudios sobre sociología de la Ciencia*. Ed. por Barry Barnes. Alianza Editorial. Madrid. págs. 46-59.
- BUNGE M. 1981a. *Epistemología*. Ed. Ariel. Barcelona. págs. 13-27.
- BUNGE M. 1981b. *Filosofía de la Física*. Ed. Ariel. Barcelona. págs. 13-27.
- DE BROGLIE L. 1957. *Continuidad y Discontinuidad en Física Moderna*. Ed. Epasa-Calpe S.A. Madrid. Cap. I.
- DE BROGLIE L. 1965. *La Física Nueva y los Cuantos*. Ed. Losada S.A. Buenos Aires. Cap. V.
- DE LA PEÑA L. 1980. *Introducción a la Mecánica Cuántica*. Ed. C.E.C.S.A.. México. págs. 684-692.
- EINSTEIN A. 1903a. Teoría de los fundamentos de la termodinámica. *Ann. Phys.* 11, 170-187. reproducido en *Colección de Trabajos Científicos*. Tomo III. Ed. Nauka (en ruso). Moscú. 1966. págs. 50-56.
- EINSTEIN A. 1903b. Sobre la teoría molecular general del calor. *Ann. Phys.* 11, 170-180. reproducido en *Opus Cit.* págs. 67-74.
- EINSTEIN A. 1905. Sobre un punto de vista eurístico relativo a la generación y transformación de la luz. *Ann. Phys.* 17, 132-148. reproducido en *Opus Cit.* págs. 92-107.
- EINSTEIN A. 1917. Sobre la teoría cuántica de la radiación. *Phys. Zeit.* 18, 47-62 reproducido en *Opus Cit.* págs. 393-406.
- EINSTEIN A. y STERN O. 1913. Algunos argumentos a favor de la hipótesis sobre la agitación molecular al cero absoluto. *Ann. Phys.* 40, 551-560. reproducido en *Opus Cit.* págs. 314-322.

- EHRENFEST P. 1916. Adiabatic invariants and the theory of Quanta. reproducido en *Sources of Quantum Mechanics*. Editado por B.L. Van DerWaerden. págs. 70-83. New York. Dover Publications, Inc. 1968.
- FICHANT M. y PECHEUX M. 1974. *Sur l'Histoire des Sciences*. Ed. François Maspero. Paris. págs. 72-74.
- GALGANI L. 1983. Problèmes théoriques et expérimentaux actuels de la loi du rayonnement de Planck. *Annales de la Fondation Louis De Broglie*. 8(1), 19-64. Paris.
- HEIMENDAHL E. 1983. *Física y Filosofía*. Ed. Guadamarra. Madrid. págs. 90, 141, 170.
- KASTLER A. 1983. Max Planck et le concept de quantum d'énergie lumineuse $E=h\nu$. *Annales de la Fondation Louis De Broglie*. 8(4), 287-304.
- KOYREE A. 1982. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo XXI. México. págs. 130-132, 232-242.
- KUHN S.T. 1980a. *Teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica. 1894-1912*. Alianza Editorial, Madrid.
- KUHN T.S. 1980b. *Opus Cit.* págs. 23-30.
- KUHN T.S. 1980c. *Opus Cit.* págs. 190-200.
- KUHN T.S. 1980d. *Opus Cit.* Cap. 8.
- LAKATOS I. 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Editorial. Madrid. págs. 119-123.
- SPASSKI B.I. 1964a. *Istoria Fiziki*. Ed. Moskovskii Universitet. Moscova. págs. 201-205.
- SPASSKI B. 1964b. *Opus Cit.* pág. 216.
- SPASSKI B. 1964c. *Opus Cit.* págs. 119-123.
- TERLETZKY Y.P. 1966a. *Statisticheskaja Fizika*. Ed. Moskovskii Universitet. Moscú. págs. 39-41.
- TERLETZKY Y. 1966b. *Opus Cit.* 141-143.
- ZEMANSKY M. y DITTMANN R. 1984. *Calor y Termodinámica*. Ed. Mc.Graw-Hill. México.

CARACTERISTICAS HIDRICAS DE LOS SUELOS DEL SECTOR DE LOS PLAYONES (CUENCA DEL RIO GATUNCILLO)

DELSA S. DE CERRUD

Dep. de Geografía (Escuela de Geógrafo Profesional)
Fac. de Humanidades, Universidad de Panamá

(2 de diciembre de 1988)

RESUMEN

El comportamiento del agua en el suelo y su disponibilidad en una determinada época del año, así como la influencia del factor meteorológico en el suministro de agua al suelo y la influencia de algunos factores intrínsecos del suelo tales como: el pH, la textura, porosidad, materia orgánica, etc. son entre otros, los principales objetivos que se persigue en esta investigación.

Utilizando técnicas de laboratorio y de trabajo de campo, se logró determinar los perfiles de humedad, los cuales son características de una unidad o unidades morfopedológicas diferentes.

El perfil representa una determinada época del año; con ayuda de una computadora resultaron tres tablas de humedad a diferentes profundidades (10cm, 30cm, 60cm), los que nos muestran, en un momento determinado, cuál es la humedad del suelo en gr/cm^3 .

PALABRAS CLAVES: Dispensor de neutrones, unidades morfopedológicas, contexto climático.

INTRODUCCION

La realización de trabajos de investigación sobre los suelos es difícil, ya que no se cuenta con información suficiente y son pocos los trabajos de esta índole realizados en Panamá.

Entre los campos de la geografía, es éste uno de los temas más difíciles de realizar por lo costoso de las técnicas y el tiempo que se debe dedicar a ello.

En este trabajo, los principales objetivos lo constituyen el comportamiento del agua en el suelo así como la comparación del método

del balance hídrico, el método del dispensor de neutrones y el método de laboratorio. En el mismo se tratan aspectos como el contexto climático, las variaciones de agua en el suelo mediante el método del balance hídrico, los perfiles de humedad con el método del dispensor de neutrones y la evolución dinámica del agua en el suelo mediante el análisis de una serie de tablas obtenidas del consenso de los datos.

PARTE EXPERIMENTAL

Lo primero que se investigó, en una forma

general, fue el contexto climático y sus características generales. Se utilizaron las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio como son: la estación de Alajuela y la estación de Buena Vista.

Se analizaron períodos de registro pluviométrico de veinte años, pudiéndose comprobar la existencia de una estación húmeda con abundantes lluvias y una estación seca relativamente corta. Este régimen climático es típico de un clima tropical húmedo o Ami, según la clasificación climática de Koeppen.

En el campo, se midió una línea topográfica base que cruza el valle de Los Playones desde Sierra Maestra hasta el Filo de la Mina, en la cuenca del Río Gatuncillo.

Sobre la línea base se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades, a cada 500 metros. Dichas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelo de la Universidad Tecnológica de Panamá, aplicándoseles las pruebas de hidrometría y tamizado, posteriormente se trazaron las curvas granulométricas que nos sirvieron para la determinación de las unidades morfoedológicas.

En el sector de Los Playones predominan las acumulaciones aluviales (conos, terrazas); estos depósitos representan diferentes períodos morfoedodinámicos los cuales influyen actualmente en la formación y evolución de los suelos, así como también en el comportamiento hídrico de los mismos.

Las unidades morfoedológicas que se encuentran en este sector son: los Glacis Coluviales, Conos de Deyección, las Cubetas de Decantación e Inundación, Napa de Limo de Desbordamiento, y las Terrazas.

En el mismo sitio de la toma de muestras de suelo, se hizo un hoyo en el cual se colocó un tubo de prueba de aluminio de cuatro (4) centímetros de diámetro, el cual se utiliza para efectuar las mediciones de humedad con el dispersor de neutrones. Este es el método indirecto que probablemente sea el más usado, y fundamentado en el hecho de que los átomos de hidrógeno tienen una capacidad mucho mayor para frenar y dispersar neutrones más rápidos

que la mayoría de los demás átomos. De modo que contar neutrones rápidos proporciona un medio directo para calcular el contenido de hidrógeno.

En el suelo, la única fuente significativa de hidrógeno es el agua. Las mediciones de humedad se hicieron cada quince días durante los meses de mayo, junio y julio de la estación lluviosa y enero, febrero y marzo de la estación seca.

Con todos los datos obtenidos del dispersor de neutrones, se hicieron los perfiles de humedad.

Por otra parte, se recopilaron los datos meteorológicos necesarios para el balance hídrico de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio (estación Alajuela y estación Buena Vista). Se analizaron los registros pluviométricos de veinte (20) años, preparándose el cuadro del balance hídrico para las dos estaciones en el período de 1966 a 1985.

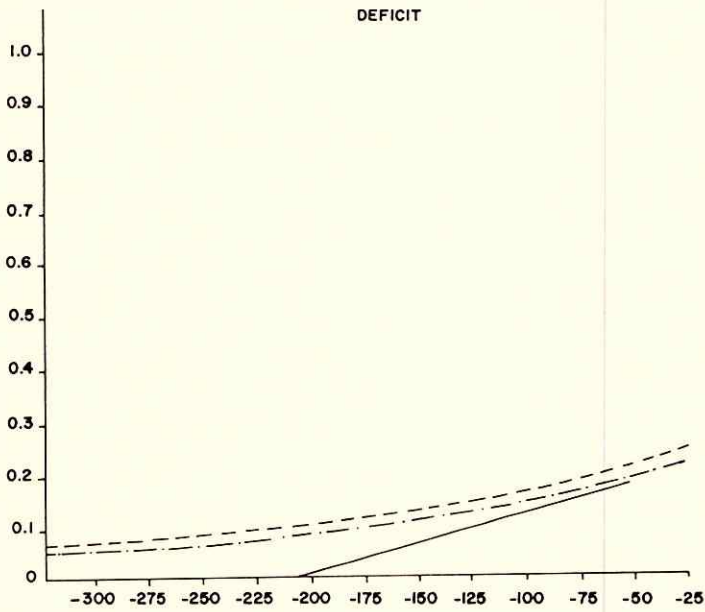
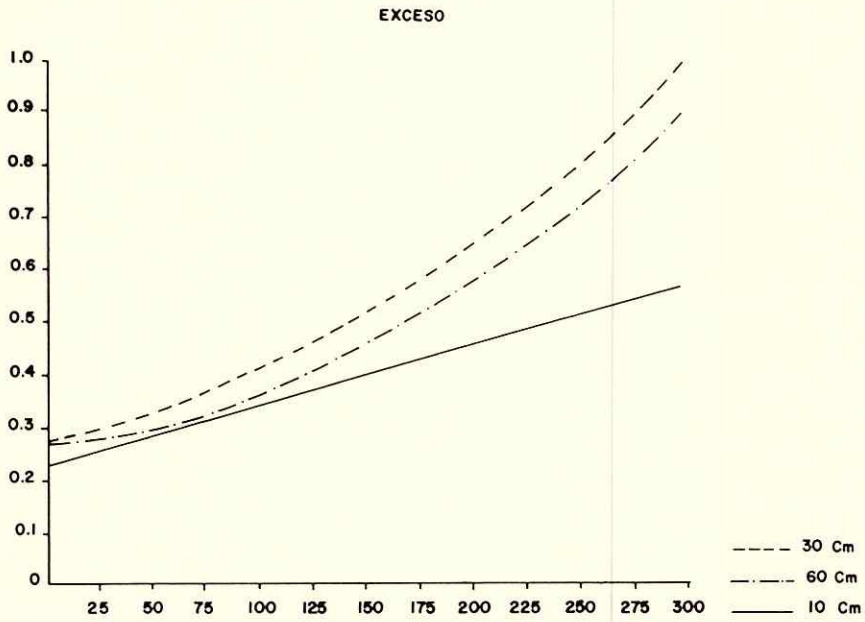
En la figura correspondiente a la estación Buena Vista, se aprecia el comportamiento hídrico durante todo el año observándose que el déficit hídrico se presenta en los meses de enero, febrero, marzo y abril. El excedente, en el sector de Los Playones, se presenta del mes de junio a noviembre, el mes de diciembre es de consumo de agua por el suelo. El período de reposición de agua se presenta de abril a marzo.

En la estación Alajuela el comportamiento hídrico es similar al de Buena Vista. Los excesos se dan desde mayo a noviembre y los déficits en los meses de febrero y marzo; durante el mes de abril se da la reposición de agua y de noviembre a diciembre se presenta el período de consumo.

Con todos los datos del dispersor de neutrones y del balance hídrico, aplicando la correlación múltiple, se logró con el auxilio de una computadora, elaborar tres fórmulas de base que permitieron preparar las tablas de humedad en base al exceso o déficit del balance hídrico para cada 10 días. La figura No. 4 nos resume el comportamiento del agua en el suelo partiendo de las tablas de humedad.

FIGURA N° 4

COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO



RESULTADOS

Perfiles de Humedad: De acuerdo a las formas de las curvas, la época del año y la unidad morfopedológica, se hizo la clasificación de los llamados perfiles de humedad.

Las figuras Nos. 5, 6, 7 nos muestran los diferentes perfiles que a continuación se detallan:

Perfil 1:

Característico de los Mantos de Desbordamiento y del Cono de Deyección. En los primeros centímetros los valores de humedad son bajos (0.05 a 0.15 gr/cm³). De los 30 centímetros en adelante, la humedad aumentó hasta 0.25 gr/cm³; a esta profundidad la textura del suelo es FA (Franco Arenosa). Estas mediciones corresponden a la estación seca.

Perfil 2:

Característico de las terrazas. Tiende a mantenerse nivelado en los primeros 30 centímetros de profundidad donde la humedad es de 0.15 a 0.20 gr/cm³; de allí en adelante se presenta un aumento hasta los 0.30 gr/cm³.

Perfil 3:

La característica típica de este perfil es el equilibrio que tiende a mantener de 9 de los 10 hasta los 30 centímetros de profundidad. La textura a esta profundidad es Fal (Franco Arcillo Limosa) y AL (Arcillo Limosa). A esta profundidad los valores son 0.25 a 0.30 gr/cm³ y a los 60 centímetros va de 0.36 a 0.45 gr/cm³.

Son representativos de este perfil las unidades morfopedológicas correspondientes al Glacis Coluvial y a las Cubetas de Inundación.

Perfil 4:

Es característico de los Glacis Coluvial y se presenta en los primeros meses de la estación lluviosa en los meses de junio.

En los primeros 10 centímetros de profundidad, tiende a aumentar hasta obtener 0.30 gr/cm³; de los 10cm a los 30cm de profundidad presenta una ligera baja de 0.30 a 0.25 gr/cm³; de allí en adelante mantiene un ritmo equilibrado; de los 60 centímetros en adelante

la curva de humedad aumenta a 0.35 gr/cm³ donde la textura es FA (Franco Arenosa) y FAL (Franco Arcillo Limosa).

Perfil 5:

Característico de los Mantos de Desbordamiento es que la curva tiende a elevarse en forma continua a medida que la profundidad aumenta pues la humedad aumenta verticalmente.

Entre los 10 y 30 centímetros de profundidad, los valores son bajos y oscilan entre 0.10 y 0.17 gr/cm³. La textura es FAa (Franco Arcillo arenosa); de 30 cm a 60 cm los valores van de 0.25 a 0.35gr/cm³ con una textura FA (Franco Arenosa).

CONCLUSION

Basándonos en el estudio del balance hídrico y en las mediciones de humedad del dispersor de neutrones, podemos señalar que estos suelos retienen agua en cantidad suficiente a pesar de que existen meses de déficit hídrico, tales como enero, febrero y marzo. Esta anomalía no afecta a las plantas que poseen la capacidad de absorber humedad más allá de los treinta centímetros de profundidad. Estos suelos conservan 0.25 gr/cm³ de agua a los 30 centímetros de profundidad en la época seca y este valor es mayor a medida que aumenta la profundidad.

Desde el punto de vista granulométrico, queda demostrado que en el sector de Los Playones predominan los materiales finos. En el sector del Filo de la Mina los materiales son finos. La textura de estos suelos son: FAL (Franco Arcillo Limosa), FA (Franco Arenosa) y FL (Franco Limosa), los cuales retienen gran humedad.

SUMMARY

The behavior of water in the ground and its availability in a definite season of the year, such as the influence of the meteorological factor in the water supply to ground and the

FIGURA N° 1

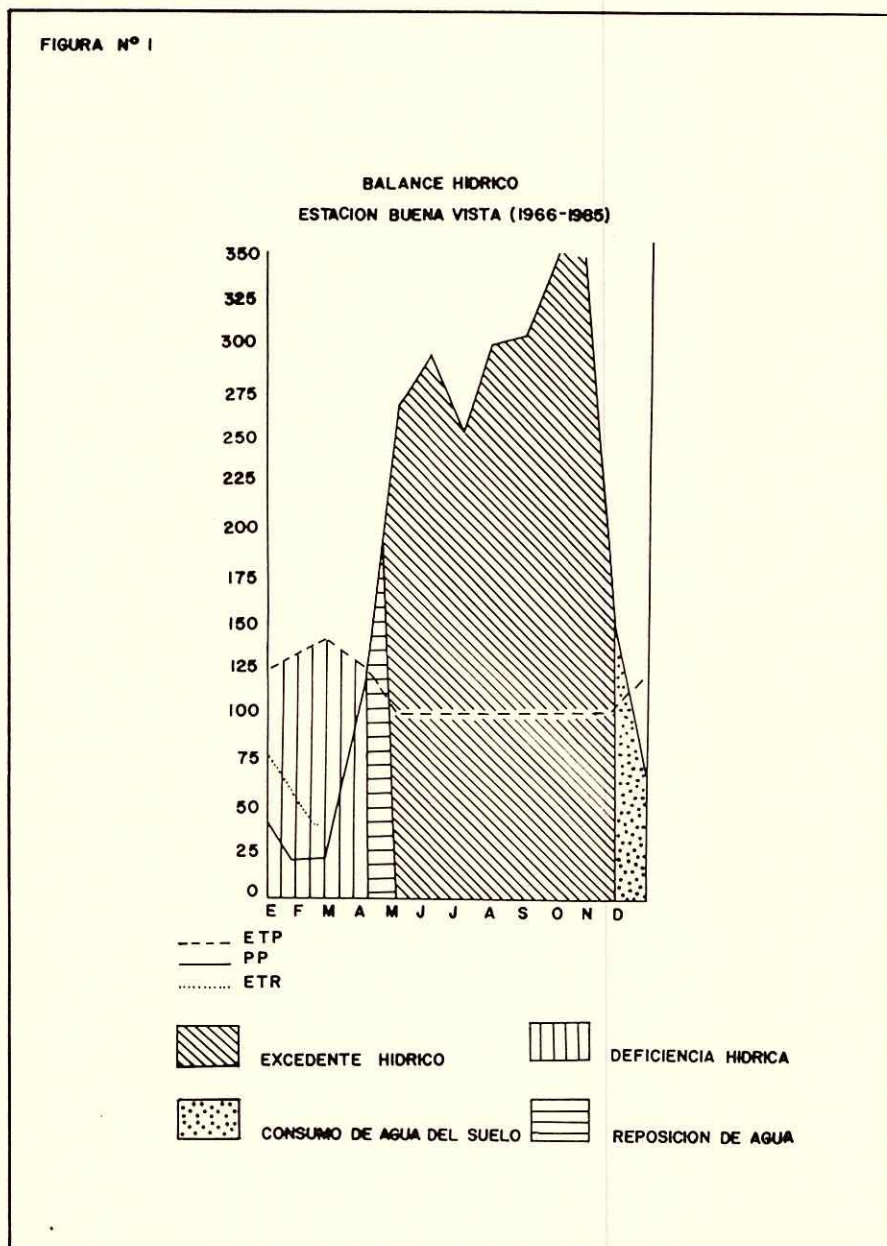
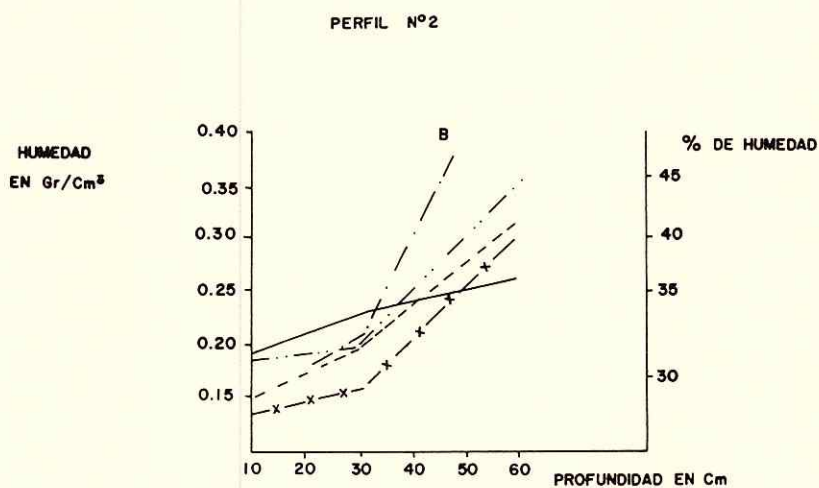
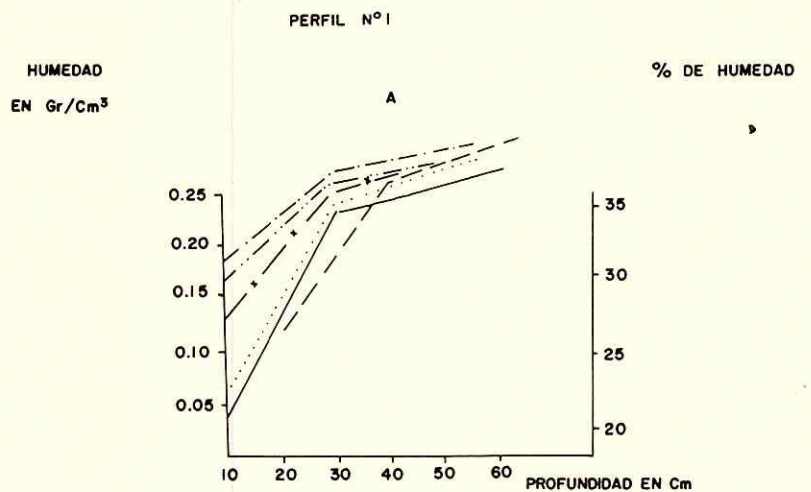


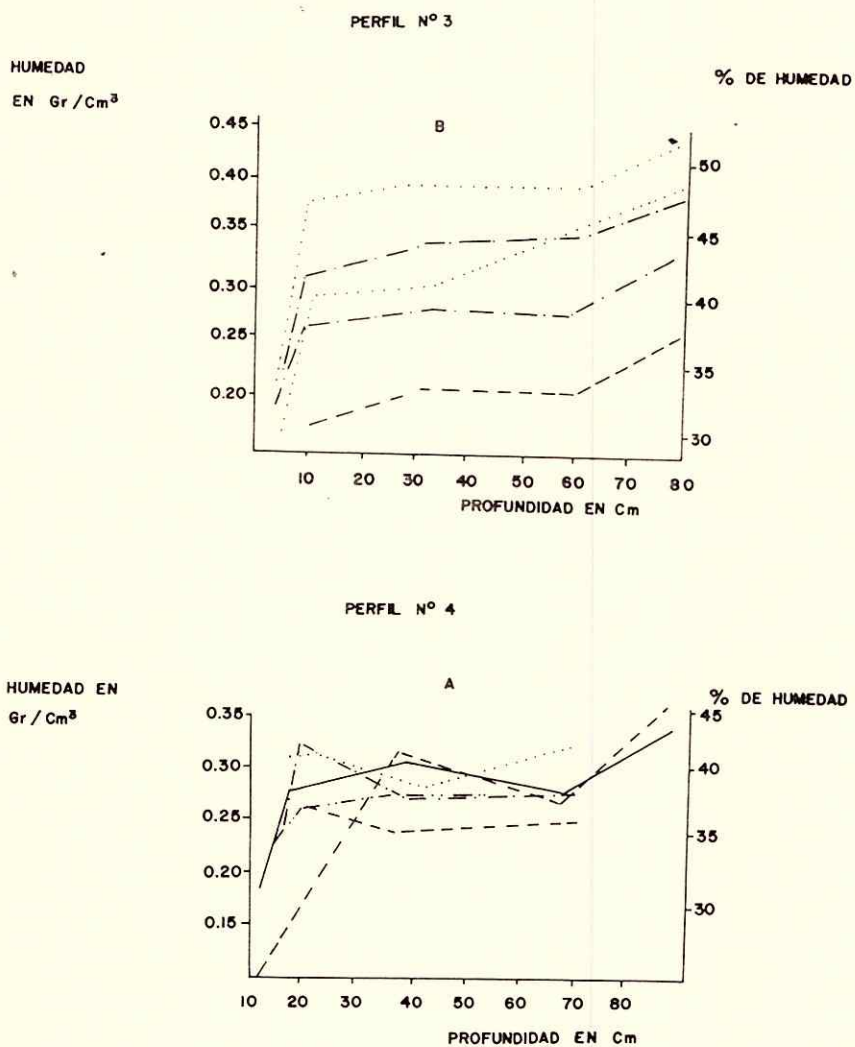
FIGURA N° 5

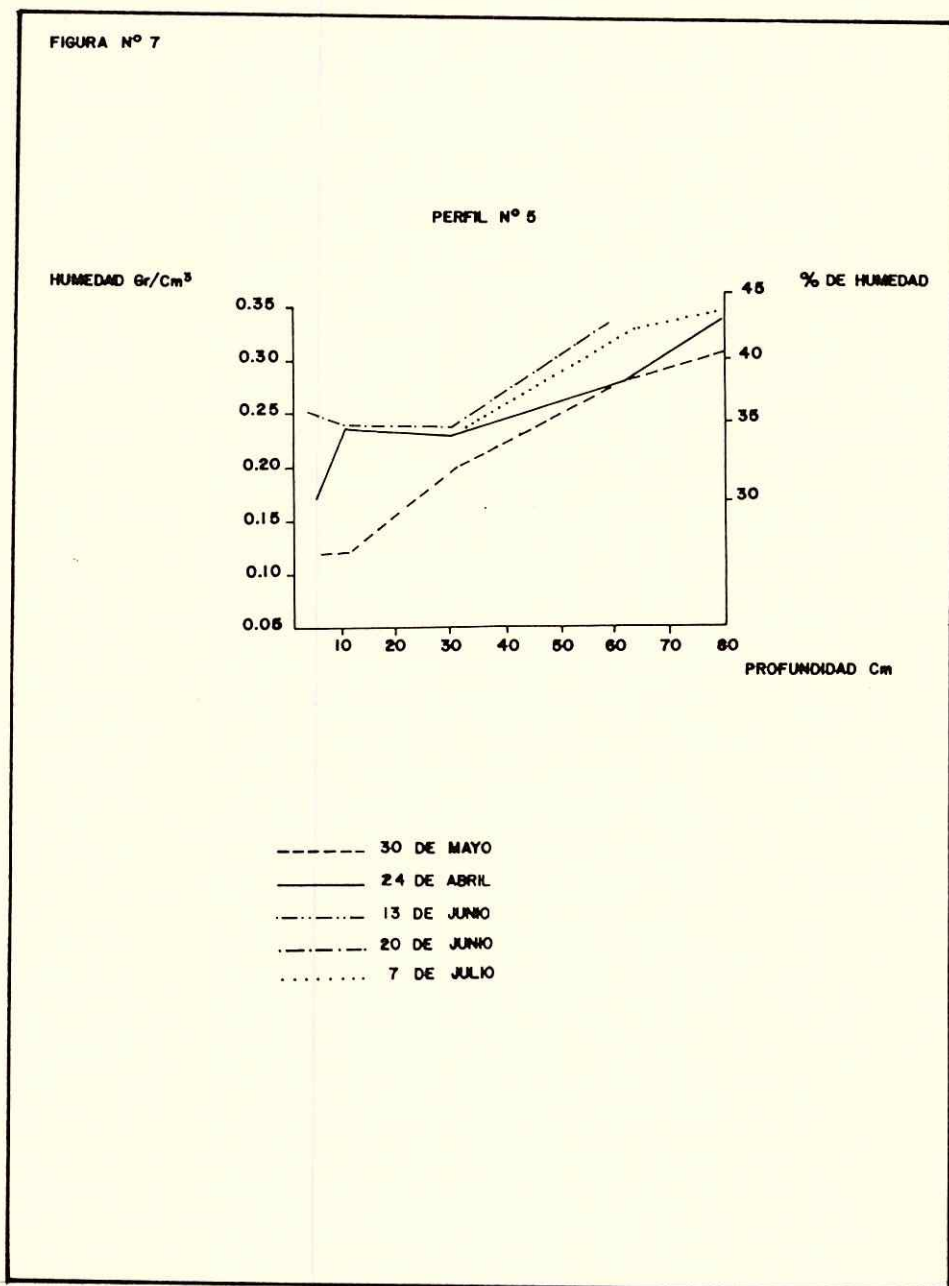


1987

- 23 DE ENERO
- - - 28 DE ENERO
- · - · - 4 DE FEBRERO
- · · · · 11 DE FEBRERO
- · - · - 28 DE FEBRERO
- x - 16 DE MARZO

FIGURA N° 6





CUADRO No. 1

BALANCE HIDRICO MENSUAL
PERIODO DE REGISTRO: 1966 - 1985

Estacion: BUENA VISTA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EVAPOTRANSPIRACION													
POTENCIAL (EP)	122	135	141	130	110	101	102	101	102	97	100	100	1350
PRECIPITACION (PP)	54.0	23.1	23.4	11.1	269.2	292.2	250.9	303.3	356.5	350.4	148.1	37	2219.2
PP - EP	-68	-111.9	-117.6	-18.6	159.2	191.2	148.9	2023.0	254.5	253.4	48.1	-72	869.2
(PP - EP)	-140	-151.9	-369.5	-384.4	0	0	0	0	0	0	0	-72	-1221.8
ALMACENAJE	52	27	12	11	150	150	150	150	150	150	150	92	1250.0
ALMACENAJE	-34	-31	-15	-1	139	0	0	0	0	0	0	-58	0
EVAPOTRANSPIRACION													
REAL (E/R)	88	54.1	38.4	112.1	110	101	102	101	102	97	100	95	1100.6
EXCESO	0	0	0	20.2	191.2	148.9	202.3	253.4	254.5	200	48.1	10	1118.6
DEFICIT	34	80.9	102.6	17.9	0	0	0	0	0	0	0	14	249.4
TEMPERATURA	25.0	24.8	25.2	25.7	26.0	26.2	26.3	25.6	26.0	25.9	25.7	25.6	
RADIACION	409	455	474	430	362	331	332	334	334	318	331	361	4471

CUADRO No. 2

BALANCE HIDRICO MENSUAL
PERIODO DE REGISTRO: 1966 - 1985

Estacion: ALAJUELA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EVAPOTRANSPIRACION													
POTENCIAL (EP)	126	142	149	137	113	102	102	103	101	95	99	110	1379
PRECIPITACION (PP)	41	8	31	85	232	289	256	283	310	333	242	91	2201
PP - EP	-85	-134	-118	-52	119	187	154	180	209	238	143	-19	822
(PP - EP)	-104	-238	-356	-408	0	0	0	0	0	0	0	-19	-1125
ALMACENAJE	74	30	13	9	128	150	150	150	150	150	150	132	1286
ALMACENAJE	-58	-44	-17	-4	119	22	0	0	0	0	0	-18	0
EVAPOTRANSPIRACION													
REAL (E/R)	99	52	48	89	113	102	102	103	101	95	99	109	1112
EXCESO	0	0	0	0	0	165	154	180	209	238	143	0	1089
DEFICIT	27	90		101	48	0	0	0	0	0	0	1	267
TEMPERATURA													
RADIACION	409	455	474	430	362	331	332	334	334	318	331	361	4471

influence of some of this ground intrinsic factors such as: pH, texture, porosity, organic material, etc., are among others, the main objectives we are concerned with in this investigation.

Using laboratory and field work techniques, we attained to determine the humidity profiles which are characteristics of one unit or different morfoopedologic units.

The profile represents a definite season of the year and, with the help of a computer, we developed 3 humidity charts at different depths. (10cm, 30cm and 60cm) that shows the ground humidity in gr/cm³ at a given moment.

BIBLIOGRAFIA

- BILLAUX, PAUL. 1978. Estimation du "Régime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie américaine des sols. París. Cahiers. O.R.S.T.O.M., Série Pédologie, vol. x, No. 3: 273-301.
- BLANK, J.P. 1979. Comportement de l'eau dans les sols de la vallée alluviale du RIO ORITUCO (Etat Guarico-Venezuela) au début de la saison des pluies. Recherches Géographiques a Strasbourg No. 10, pág. 5-34.
- BLANK, J.P. et A. GOBERT. 1982. "Un aspect du milieu naturel: le régime hydrique des sols" exemple de la région de Maradi, (Niger). Annales de Géographie. París, Mai-Juin No. 505:305-339.
- GARCIA D., FERNANDO. 1983. Edafología General. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo.
- HECKADON M., STANLEY y JAIME ESPINOSA. 1985. Agonía de la Naturaleza. Ensayo sobre el costo ambiental del desarrollo panameño. 327 páginas. Capítulo 2, págs. 138-139 (IDIAP) Smithsonian Tropical Research Institute.
- KRAMER, PAUL J. 1974. Relaciones hídricas de los suelos y plantas, una síntesis moderna. México: Edutex S.A., 538 páginas.
- MEYER, BERNAND, DONALD B. AMDER-SOM y otros. 1972. Introducción a la Fisiología Vegetal. Buenos Aires: Eudeba.
- PALMER, ROBERT G. 1979. Introducción a la ciencia del suelo. Manual de Laboratorio. 2a. ed. México D.F.: Libros Editoriales. 138 páginas.
- CHANG, ISAIAS. 1984. Sistemas de información geográfica para la planificación rural agrícola. Universidad de Panamá, 185 páginas (Trabajo de graduación).
- CABELLO. L. OSWALDO 1971. Algunos métodos sedimentológicos utilizados en el estudio de las formaciones aluviales del Río Motatán. Mérida: Universidad de Los Andes, (Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía). 202 páginas.
- CEDEÑO, HECTOR A. 1985 El medio físico del área de Sarigua: Base para una política de ordenamiento espacial. Panamá: Universidad de Panamá. 195 páginas (Trabajo de graduación).

UTILIZACION DE LOS PRODUCTOS DE DESECHO DE LAS INDUSTRIAS AGRICOLAS Y DE ALIMENTOS EN LA NUTRICION ANIMAL

JOHN P. ZIKAKIS

Escuela de Ciencias Agrícolas,
Estación Experimental Agrícola de Delaware,
Universidad de Delaware.

ABDIEL J. ADAMES¹ y CARLOS MORAN²

¹Departamento de Zoología y ²Departamento de Microbiología y
Parasitología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,
Universidad de Panamá.

MAHABIR P. GUPTA

Unidad de Investigaciones Farmacognósticas (FLORPAN)
Facultad de Farmacia e Instituto Especializado de Análisis,
Universidad de Panamá.

DAVID QUIROS

Ministerio de Desarrollo Agropecuario
COPFA, Divisa, Panamá.

(7 de diciembre de 1988)

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio preliminar para probar el valor nutritivo de los productos de desecho generados en Panamá. Las veinticinco (25) terneras Holstein rumiantes, de edades entre 14 y 22 semanas, fueron asignadas al azar, por peso, a uno de los siguientes cinco (5) tratamientos: 1) Ración estandar-maíz 25%, heno 33%, arroz pulidura 20%, y pulpa cítrica 20%; 2) Control doméstico-heno 100%; 3) Control de harina de cáscara de camarones-maíz 30%, heno 25%, pulpa cítrica 28%, y harina de cáscara de camarones 14%; 4) Control de suero de leche-heno 35%, pulidura de arroz 11%, pulpa cítrica 22%, suero de la leche desecado 35%; y 5) la ración experimental-heno 25%, pulpa cítrica 22%, suero de la leche desecado 35%, harina de cáscara de camarones 14%, y bagazo de caña de azúcar 6%. Las raciones 1, 3, 4 y 5 fueron formuladas para satisfacer el 75% de los requerimientos de nutrientes recomendados por el Consejo Nacional de Investigación (NCR). El estudio duró 33 días y los alimentos y el agua fueron suministrados ad libitum. La ganancia promedio de peso corporal para las raciones 1 a 5 fue de 0.070, 0.528, 0.749, 0.702 y 0.846 kg/día/ternera, respectivamente.

Los resultados demostraron que la ración experimental fue la mejor y produjo una ganancia promedio en el peso corporal de casi 45^o/o con respecto a la ración local No. 2. Las terneras, que recibieron el suero de la leche, presentaron diarrea, mientras que aquellas que recibieron la ración control con la harina de cáscara de camarones tuvieron estreñimiento. Por otro lado, las terneras que recibieron la ración experimental tenían heces normales. Se concluye que se puede formular una ración adecuada para animales, que contenga exclusivamente los sub-productos o productos de desecho existentes en Panamá.

PALABRAS CLAVES: Nutrición animal, suero de la leche, lactasa, productos de desecho, quitina.

INTRODUCCION

La República de Panamá importa virtualmente casi todos los alimentos para la nutrición animal. Este hecho afecta desfavorablemente a la balanza de pagos del país. Es más, esta dependencia de importar alimentos tiene efectos negativos, tales como el alto costo de producción alimenticia, escasez de ciertos alimentos, aumento de la contaminación ambiental debido a la disposición de los productos de desecho, y ausencia de incentivos económicos adecuados para las industrias locales generadoras de estos productos de desechos.

Entre los desechos y subproductos más importantes que se producen anualmente en el país, se registran 5,500,000 kilogramos de cáscaras de camarones, las cuales contienen hasta un 60^o/o de proteínas de alto valor biológico (Contraloría General de la República 1982), alrededor de 2,500,000 kilogramos del suero de la leche, más de 200,000 kilogramos de desechos de bananos, y la producción total de los sub-productos de cervecías, bagazo de caña de azúcar, y de industrias pesqueras (por ejemplo, el cartílago del tiburón). Si sólo una parte de estos productos locales se pudiera utilizar en la nutrición animal, ésto reduciría y eventualmente podría eliminar la necesidad que tiene el país de importar alimentos y granos.

El suero de la leche contiene el 55^o/o de los nutrientes y todas las vitaminas hidrosolubles presentes en la leche integral. El suero desecado contiene casi un 13^o/o de proteínas de alto valor biológico y entre 70 a 76^o/o de la lactosa. Este alto contenido de lactosa del

suero deshidratado es la razón de su subutilización como fuente alimenticia, puesto que la prevalencia de mala absorción e intolerancia de la lactosa varía de un 70 a 90^o/o en algunas poblaciones estudiadas de países de Africa, Asia, América Latina y los Estados Unidos de Norteamérica (Bolin 1970), (Cook 1967), (Elliot 1967), (Flatz 1969), (Paige 1979). Una incidencia similar de intolerancia existe en muchas especies animales en su estado adulto. Este problema de intolerancia empieza justamente después del destete, cuando el consumo de los alimentos ricos en lactosa es reducido. Este evento es seguido por una similar reducción en la síntesis de la lactasa en el tracto gastrointestinal. A diferencia de la mayoría de los microorganismos, la lactasa no es una enzima inducible en humanos y en la mayoría de los animales. Por lo tanto, para aliviar este problema, se debe aumentar la capacidad de un individuo (animal o humano) para digerir grandes cantidades de lactosa en la dieta.

Investigaciones biotecnológicas recientes en los Estados Unidos, han demostrado que es posible estimular el crecimiento de ciertas bacterias benéficas en el tracto gastrointestinal y así proveer la lactasa al individuo indirectamente. Zikakis et al (1982), Austin (1981), y Zikakis (1984, 1985, 1988), han encontrado que la adición de una pequeña cantidad de quitina (un constituyente principal de los desechos de crustáceos tales como camarones, cangrejos, langostas, etc.), a las dietas de los animales, permite aumentar la incorporación del suero de la leche en ellas. La quitina se hidroliza por las enzimas quitinolíticas pre-

sentes en el tracto gastrointestinal de ciertas especies de animales económicamente importantes y libera los glicósidos de N-acetil-D-glucosamina y oligosacáridos. Estos compuestos bioactivos estimulan el crecimiento de *Bifidobacterium bifidus* var. *pennsylvanicus* Gyorgy (1954, 1955). A medida que aumenta el crecimiento de bífido bacterias, también se aumenta la producción de la lactasa bacteriana, mejorando así la capacidad de metabolismo de lactosa en el individuo. Se debe hacer notar que sólo el β -anómero de los glicósidos GlcNAc y sus oligosacáridos son bioactivos. La estimulación de las bífidobacterias, en individuos cuyo tracto gastrointestinal no contiene enzimas quitinolíticas, sólo se puede lograr mediante el suministro del β -anómero del glicósidos GlcNAc en la dieta.

El objetivo de este estudio fue también probar en rumiantes, bajo condiciones tropicales, el valor nutritivo de varios subproductos o productos de desecho de las industrias locales. Parte de este trabajo fue presentado en el Tercer Congreso Científico Nacional, celebrado en la Universidad de Panamá (Zikakis et al 1986).

PARTE EXPERIMENTAL

Obtención y Preparación de los Subproductos

Las cáscaras de camarones (cabezas), fueron obtenidas de una planta procesadora en el Puerto de Vacamonte y transportadas a Divisa (instalaciones del IDIAP y MIDA, en donde se llevó a cabo el estudio), siendo desecadas al sol y pulverizadas para pasarlas a través de un tamiz de 0.5 cm. El suero de la leche, maíz, pulidura de arroz, pulpa cítrica y bagazo de caña de azúcar fueron adquiridos en forma seca y utilizados como tal. El heno fue pulverizado para pasar a través de un tamiz de 1.6 cm.

Diseño Experimental y Formulación de Raciones

Cada una de las cinco raciones, que se pre-

sentan en el Cuadro No. 1, fue suministrada a uno de los cinco corrales, cada uno de los cuales contenía 5 terneras Holstein rumiantes de edades entre 14 y 22 semanas. Todos los animales estaban sanos; además, fueron vacunados contra morriña negra y septicemia y tratados contra lombrices intestinales. Cada corral tenía un tamaño de 3.2 m. x 4 m., dejando un espacio de 2.5 m²/animal (Curtis 1981). Cada corral contó con un bebedero de agua y un alimentador de 0.5 m. de ancho por 0.5 m. de profundidad y 2m. de largo. Los animales fueron pesados y ordenados, según su peso, en cinco grupos. Dentro de cada grupo de pesos, las terneras fueron asignadas al azar a los cinco corrales.

Todos los ingredientes utilizados para preparar las raciones 1, 3, 4 y 5 (Cuadro 1), fueron mezclados y luego almacenados en sacos adecuados. Los animales con ración número 2 recibieron sólo el heno desmenuzado. Las raciones 1, 3, 4 y 5 fueron formuladas de suerte tal que contuvieran el 75% de los requerimientos de nutrientes recomendados por el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de América.

Procedimiento para la Alimentación

Las raciones fueron proporcionadas a los animales en forma gradual. El primer día, sus dietas normales incluyeron el 20% de sus raciones experimentales respectivas, el segundo día el 40%, el tercer día 60%, el cuarto día 80%, y desde el quinto día en adelante, las terneras se alimentaron con el 100% de sus raciones experimentales. Este ajuste inicial era necesario para condicionar a los animales a nuevas dietas y para prevenir cambios drásticos. La dieta y el agua se suministraron *ad libitum*. Se observó el consumo diario de pienso. Diariamente, se observó el aspecto de las heces, y éstas fueron evaluadas en una escala de 1 a 5, con 1 indicando diarrea y 5 heces secas. Los animales se pesaron semanalmente. El peso último de los animales a finales del experimento fue reportado como el promedio de dos mediciones (los animales pesados

Cuadro 1. INGREDIENTES Y EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LAS RACIONES PREPARADAS PARA UN EXPERIMENTO EN TERNERAS DE 5 TRATAMIENTOS.

Ingrediente (°/o)	Raciones ^{a, b}				
	1	2	3	3	5
Maíz	25	—	30	—	—
Heno local (D. decumbens)	33	100	25	35	25
Pulidura de arroz	20	—	—	11	—
Pulpa citrica	20	—	28	17	22
El suero de la leche desecado	—	—	—	35	35
Harina de camarones	—	—	14	—	14
X-P-4 ^c	0.2	—	1.6	0.1	1.4
	98.2	100.0	98.6	98.1	97.4
Contenido de Nutrientes:					
Proteína cruda (°/o)	12.55	10.50	12.98	12.61	14.11
Energía digerible (Mcal/kg)	2.82	2.05	2.66	2.82	2.58
Calcio (°/o)	0.655	0.530	1.779	0.913	2.018
Fósforo (°/o)	0.327	0.210	0.870	0.458	1.008

^aRaciones: 1= ración estandar, 2 = control doméstico heno 100°/o, 3 = control harina de cáscara de camarones, 4 = control suero de la leche, y 5 = ración experimental.

^bRaciones 1, 3, 4 y 5 fueron preparadas para contener el 75°/o del requerimiento de nutrientes, recomendado por el Consejo Nacional de Investigación.

^cSuplemento de monosodio-fosfato.

dos veces), con el fin de reducir la variación en el peso y obtener un peso último más exacto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los pesos corporales iniciales fueron similares para todos los tratamientos. La ganancia neta diaria promedio en el peso corporal para las raciones 1 a 5 fue 0.707, 0.528, 0.749, 0.702 y 0.846 kg/día/ternera, respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados demuestran que la ración experimental No. 5, (que contenía el heno local y subproductos de desecho), fue la mejor de todas, con una ganancia neta diaria promedio de 0.846 kg/ternera. Es más, las terneras que fueron alimentadas con la ración No. 2 de sólo heno, resultaron con una ganancia neta diaria promedio de aproximadamente 45% por debajo de las terneras con la ración No. 5. El consumo diario promedio de pienso para las raciones 1 a 5 fue 4.17, 3.35, 5.14, 4.85 y 5.40 kg/ternera, respectivamente. Las terneras alimentadas con la ración experimental No. 4 mostraron diarrea, mientras aquellas alimentadas con ración No. 3 de harina de cáscara de camarones tuvieron estreñimiento. En contraste, los animales con la ración experimental No. 5 tenían heces normales, observación que está de acuerdo con los hallazgos previos (Zikakis 1984, 1985; Moore 1986). Se observó que a los animales con raciones 4 y 5, que contenían el suero de la leche, les agradó las preparaciones y comieron con buen apetito.

En resumen, este estudio demuestra que es posible desarrollar raciones adecuadas para animales, utilizando los supproductos o productos de desecho de industrias locales en Panamá. Tales preparaciones son más nutritivas que utilizando sólo heno, lo que ayudaría a aumentar la producción de carne a más bajo costo, contribuyendo a eliminar, en parte, el problema de contaminación ambiental y, a la vez, disminuir la actual necesidad de importar alimentos prefabricados y granos.

ABSTRACT

A preliminary feeding experiment was

performed to test the nutritional value of waste products generated in Panama. The experiment used 25 young ruminating Holstein heifers between the ages of 14-22 weeks. Animal were assigned randomly by weight groups to one of five treatments: 1) Standard ration received 25% corn, 33% hay, 20% rice polishing and 20% citrus pulp; 2) Domestic control received 100% hay; 3) Shrimp meal control received 30% corn, 25% hay, 28% citrus pulp, and 14% shrimp meal; 4) Whey control received 35% hay, 11% rice polishing, 17% citrus pulp, and 35% dried whey; and 5) Experimental ration received 21% hay, 22% citrus pulp, 35% dried whey, 14% shrimp meal, and 6% sugar cane bagasse. Rations 1, 3, 4 and 5 were formulated to contain 75% of the nutrient requirements recommendend by National Research Council (NRC). The duration of the experiment was 33 days and feed and water were provided *et al.* The average net body weight gains for rations 1-5 were 0.707, 0.528, 0.749, 0.702 and 0.846 kg/day/heifer, respectively.

The results showed that heifers in the experimental ration out performed all other rations with an average daily weight gain of nearly 45% above the performance of heifers in ration No. 2. Heifers fed the whey control ration developed diarrhea while those receiving the shrimp control ration were constipated. On the other hand, heifers receiving the experimental ration had normal feces. It is concluded that a nutritious cattle ration can be developed for Panama which may contain entirely domestically generated by products/wastes.

AGRADECIMIENTO

Uno de los investigadores (JPZ), agradece al International Institute of Cultural Exchange por la beca Fulbright para permanecer en la Universidad de Panamá por un año como Profesor Visitante. Esta investigación fue financiada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado (Proyecto No.E-85-1) y por el Programa

Cuadro 2.

CONSUMO DE RACIONES ESTUDIADAS Y SU EFECTO EN GANANCIA DE PESO EN LOS CINCO GRUPOS DE TERNERAS.

Item	Ración				
	1	2	3	4	5
Peso inicial (kg) ^a	124.85	123.03	129.84	121.22	133.64
Peso final (kg) ^a	148.90	140.47	154.60	144.42	161.40
Ganancia neta (kg) ^a	3.534	2.638	3.748	3.512	4.228
Ganancia/día/animal (kg)	0.707	0.528	0.749	0.702	0.846
Consumo de alimentos (kg) ^a	155.29	110.70	169.64	160.00	178.11
Consumo de alimentos/día/ ternera (kg)	4.17	3.35	5.14	4.85	5.40

^a Los datos representan un promedio de 5 animales.

Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la Organización de los Estados Americanos a través del FLORPAN. Este artículo ha sido publicado como un artículo misceláneo No. 1242 de la Estación Experimental Agrícola Delaware.

REFERENCIAS

- Austin, P.R., Brine, C.J., Castle, E.J. and Zikakis, J.P. 1981. Chitin: New facets of research. *Science*. 212: 749-753.
- Austin, P.R., Zikakis, J.P. and Brine, C.J. 1982. Lactose-rich animal feed formulation and method of feeding animals. U.S. Patent 4,320,150, March 16.
- Bolin, T.D., Davis, A.E., Seah, C.S., Chua, K.L., Young, V., Kho, K.M., Siak, C.L. and Jacob E. 1970. Lactose intolerance in Singapore. *Gastroenterology* 59: 76.
- Contraloría General de la República. *Panamá en Cifras 1977-81*. Panamá, República de Panamá.
- Cook, G.C. 1987. Lactase activity in newborn and infant Baganda. *Brit. Med. J.* 1: 527.
- Curtis, S.E. 1981. Environmental Management in Animal Agriculture. Animal Environmental Services, Mahomet, IL. pp. 10-20.
- Elliot, R.B., Maxwell, G.M. and Vawser, N. 1967. Lactase, malabsorption in Australian aboriginal children. *Med. J. Aust.* 1: 46.
- Flatz, G., Saegundon, D. and Sanguonbkokai, T. 1969. Lactose intolerance in Thailand. *Nature*. 221: 758.
- Gyorgy, P., Norris, R.F. and Rose, E.S. 1954. Bifidus factor I. A variant of *Lactobacillus bifidus* requiring a special growth factor. *Arch. Biochem. Biophys.* 48: 193.
- Gyorgy, P. and Rose, E.S. 1955. Microbiological studies on growth factors for *L. bifidus* var. *pennsylvanicus*. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 90: 219.
- Moore, W.C. and Zikakis, J.P. 1986. Bioprocessing of cheese whey and crabmeal in young ruminating heifers. Book of *Chemical Abstracts*, 192nd American Chemical Society National meeting; Abstract No. 31.
- Paige, D.M., Bayless, T.M., Mellits, E.D. and Davis, L. 1977. Lactose malabsorption in preschool black children. *Am. J. Clin. Nutr.* 30: 1018.
- Zikakis, J.P. 1988. Chitinolytic enzymes and their application. In *Enzyme in Agriculture*. ACS books series, *In press*.
- Zikakis, J.P. 1985. Development of a whey-chitin system for animal nutrition. In *Proceedings of the 1984 Whey Products Conference*, Chicago, IL, ERRC publ. Agricultural Research Service, USDA. Philadelphia, PA. pp. 12-25.
- Zikakis, J.P., Editor. 1984. *Chitin, Chitosan, and Related Enzymes*. Academic Press, New York, Orlando, London. 423 pp.
- Zikakis, J.P., Gupta, M.P., Adames, A.J., Moran, C. and Quirós, D. 1986. Utilization of waste products of Panama's food and agricultural industries in animal nutrition. Presented at the 3rd. National Scientific Congress held Dec. 3-5, University of Panama, Republic of Panama.
- Zikakis, J.P., Saylor, W.W. and Austin, P.R. 1982. Utilization of chitinous products and whey in animal nutrition. In *Chitin and Chitosan*, Hirano, S. and Tokura, S. Editors. The Japanese Society of Chitin and Chitosan, Sapporo, Japan. pp. 233-238.

INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES

POLITICA

El propósito de la Revista es publicar resultados de investigación originales e inéditas. La Revista se reserva el derecho de aprobar o rechazar los trabajos presentados a su consideración. Los originales de los trabajos aprobados permanecerán en los archivos del Editor. Los trabajos aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado, o parte del mismo, no ha sido publicado previamente, ni tampoco esté siendo considerado para su publicación en otra revista, siendo los autores los únicos responsables por la exactitud y la veracidad de los datos y afirmaciones presentadas, y también por obtener, cuando el caso lo requiera, los permisos necesarios para la publicación de los datos extraídos de trabajos que ya estén en la literatura. Todos los manuscritos presentados a la consideración de esta Revista, serán evaluados por especialistas que asesoran al Editor, quienes juzgarán el contenido de los mismos, de acuerdo a su excelencia técnica y a las instrucciones editoriales vigentes.

Los nombres de los evaluadores serán mantenidos en estricta reserva; sin embargo, sus comentarios y recomendaciones serán enviados por el Editor a los autores para su debida consideración. Una vez evaluado el trabajo, le será devuelto a los autores junto con los informes del Editor y los Evaluadores. El Editor se reserva el derecho de introducir modificaciones, cuando lo juzgue conveniente.

La Revista publicará cada dos años un suplemento que contendrá los Indices de Materia y de Autores.

Las galeras serán enviadas a los autores, antes de la impresión final, para que se hagan las debidas correcciones.

Los artículos deben estar redactados en el idioma español. Los artículos en otros idiomas, deberán ser consultados al Editor de la Revista.

Para todas las unidades utilizadas en el trabajo se adoptará el Sistema Internacional de Unidades de acuerdo con el informe publicado por la Organización Mundial de la Salud; *Las Unidades SI para las Profesiones de la Salud*, 1980.

Se espera que los artículos presentados contengan información novedosa y que ésta represente una contribución substancial al avance de esa área del conocimiento. La Revista también podrá publicar Notas y Comunicaciones cortas como una vía rápida de divulgación de resultados recientes de marcada relevancia científica producto de investigación en curso o terminadas; en estos casos, los autores deben escribir sus resultados en forma de párrafos, manteniendo al mínimo el uso de figuras, cuadros y subtítulos, sin excederse de 1500 palabras o su equivalente. Su aceptación y publicación final quedan a criterio del Editor. Se recomienda reducir al máximo las notas de pie de páginas. Estas deben ser designadas con sobrescritos arábigos en el orden en que aparecen en el texto.

PRESENTACION DE LOS ARTICULOS

CORRESPONDENCIA

Los manuscritos y toda correspondencia deberá ser dirigida al Editor de la Revista *Scientia*, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, Estafeta Universitaria, Panamá, República de Panamá. Tel. 23-9985 y 64-4242.

TEXTO

El texto de los trabajos (incluyendo el resumen, las referencias bibliográficas y las notas, así como los cuadros e inscripciones de las figuras) debe ser presentado en triplicado (original y 2 copias), escritas a máquina a doble espacio, en tinta negra y en papel bond 22 x 28 cm (8 1/2" x 11"). El margen izquierdo debe ser de 4.0 cm (1/2") y el derecho de 2.5 cm (1") y el inferior de 2.5 cm (1"). Los autores deben indicar en el texto o mediante anotaciones al margen, la localización de las figuras, los cuadros, esquemas, etc.

En la primera página del artículo debe aparecer: el título en mayúsculas centrado, seguido del primer nombre, la inicial y el apellido del autor (o autores) debidamente espaciado del título y también centrado. Seguidamente del (los) autor (es) debe aparecer la dirección postal completa de la Unidad Académica o institución donde fue realizado el trabajo. De ser posible, suministre el teléfono del autor principal por separado. Si la dirección actual de alguno de los autores fuera diferente de la anterior, indíquese en esta página colocando un número sobrescrito sobre el nombre de ese autor y colocando la dirección en una nota de pie. Se entenderá que el primero de los autores mencionados será a quien se le enviará la correspondencia, a menos que se indique lo contrario. Inmediatamente después de la dirección postal debe aparecer el Resumen en español seguido de un mínimo de palabras o frases-claves para el Índice de Materia.

Los subtítulos principales en el texto (v.g. RESUMEN, INTRODUCCION, etc.) se colocarán en el margen izquierdo en mayúsculas y subrayados. Cualquier otro subtítulo debe colocarse también en el margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra en mayúscula y subrayado.

Cada página, debe ser enumerada e identificada escribiendo el apellido del autor principal seguido del número, en la esquina superior derecha (v.g. Villarreal, 2 de 10).

Las referencias que se mencionen en el

texto deben ir entre paréntesis con el apellido del autor (es) y el año: (D'CrOz, 1980); (Torres, Paredes y Averza, 1984); (Díaz y colaboradores, 1986).

ESTRUCTURACION DEL MANUSCRITO

El manuscrito debe estructurarse de la siguiente manera: RESUMEN, PALABRAS O FRASES CLAVES, INTRODUCCION, PARTE EXPERIMENTAL, RESULTADOS Y DISCUSION, CONCLUSION, SUMMARY (resumen en inglés), REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y AGRADECIMIENTO.

TITULO

La selección del título del trabajo conlleva una gran responsabilidad ya que debe reflejar en pocas palabras la esencia del trabajo y debe facilitar la recuperación de la información pertinente a través de sistemas computarizados.

RESUMEN

Todo artículo debe contener un resumen de no más de 200 palabras y debe describir en forma concisa y precisa, el objetivo de la investigación, así como los principales logros y conclusiones. Debe poder leerse y entenderse en forma independiente del texto principal pero podrán citarse figuras, cuadros, etc., del texto. Se debe tener presente que el resumen será la parte más leída de su trabajo.

INTRODUCCION

La introducción debe dejar claro el propósito de la investigación, los antecedentes y su relación con otros trabajos en el mismo campo, sin caer en una revisión exhaustiva de la literatura pertinente.

PARTE EXPERIMENTAL

Esta sección debe contener todos los procedimientos con el detalle suficiente de los pasos

críticos que permita que el trabajo pueda ser reproducido por un personal idóneo. Los procedimientos que ya estén en la literatura sólo deben ser citados y descritos, a menos que se hayan modificado substancialmente. Se debe incluir también el detalle de las condiciones experimentales bajo las cuales fueron obtenidos los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados pueden presentarse en forma de figuras, esquemas o cuadros; sin embargo, los resultados simples se pueden presentar directamente en el texto. La discusión debe ser concisa y debe orientarse hacia la interpretación de los resultados.

CONCLUSION

Esta sección debe incluir solamente un resumen de las principales conclusiones del trabajo y no debe contener la misma información ya presentada en el texto o en el resumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Se debe utilizar el sistema de Harvard para las referencias bibliográficas, con el (los) apellido (s) del (de los) autor (es) y la fecha de publicación en el texto, y el listado de las referencias debe estar ordenado alfabéticamente, considerando solamente el apellido del primer autor citado para cada referencia.

El título de las revistas debe ser abreviado de acuerdo con algunas de las siguientes referencias: *World List of Scientific Periodicals* (4a. ed.), *World Medical Periodical* (UNESCO 2da. ed.) o *Bibliographic Guide for Editors and Authors*. The American Chemical Society (disponible en el Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). Si la abreviatura de la revista no está listada en ninguna de estas publicaciones, se debe escribir el título completo.

La exactitud de las referencias bibliográficas citadas es la entera responsabilidad del

autor. Los trabajos no publicados pero formalmente aceptados para su publicación deben citarse "en prensa"; de otra forma, cítelos como "resultados no-publicados". Las "comunicaciones personales" deben indicarse en el texto mediante nota de pie y debe incluir fecha de comunicación y dirección de la persona.

Las referencias bibliográficas deberán aparecer ordenadas de la siguiente forma:

Revista

AGUIRRE, R.L., MARTINEZ, I.S. y CALVO, C. 1986. Mecanismo de la acción antiespasmódica intestinal de las flores de *Matricaria chamonilla* L. *Rev. Biol. Trop.*, 27 (2), 189-201.

Libros

BUNGE, M. 1984. *La investigación científica. Su estrategia y filosofía*. Colección "Convivium" No. 8. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.

COLMES, W. N. y DONALSON, E.M. 1969. The body compartments and the distribution of electrolytes. En: *Fish & Physiology*. Eds: W.S. Hoar y D. Randall, vol. 1, p. 1 - 89 New York: Academic Press.

FARMACOPEA INTERNACIONAL 1980. 3a. edición, vol. I Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

HARRIS, J. y DUNCAN, I. S. (eds). 1982. *Constantes de disociación de ácidos orgánicos en solución acuosa*. Londres: Butterworth; págs. 243 y 296.

Tesis

LEON, A. J. 1986. Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, Londres.

Symposium/Seminario/Conferencia

MARINO, I. C. 1984. La problemática de la

economía panameña. II Congreso Científico Nacional, 2 - 4 diciembre. Universidad de Panamá, Panamá. Resumen No. 28.

Manuscrito en preparación o presentado para su publicación

NAVARRO, G.S., VEGA, J. y SERRANO, I.
Resultados no-publicados.

AGRADECIMIENTO

Seguido de las referencias puede incluir un párrafo breve de agradecimiento por apoyo económico, técnico o de cualquier otra índole.

ILUSTRACIONES

Las figuras (un original y dos copias) deben presentarse en su forma final para su reproducción; es decir en tinta china y en papel especial de dibujo de tamaño 22 x 28 cm (8 1/2" x 11"). Cada figura debe estar acompañada de un título y una inscripción explicativa. **No escriba ni el título ni la inscripción sobre la figura.**

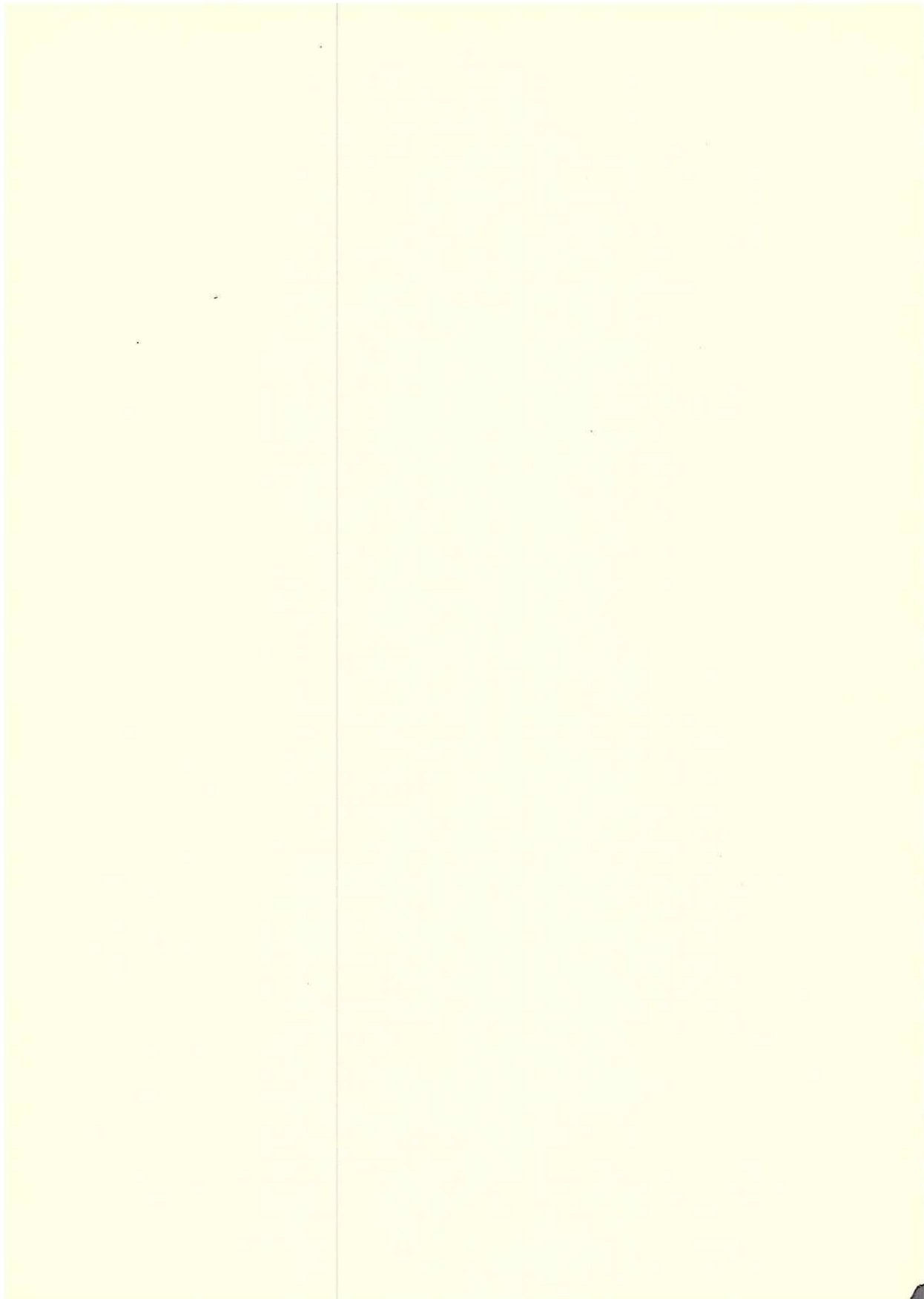
Los títulos y las respectivas inscripciones de cada figura deben ser escritos a máquina a doble espacio en hojas separadas en forma de

listado. Detrás de cada figura debe aparecer el nombre de los autores, el título del manuscrito, el número y una seña que indique la parte superior de la figura, todo esto escrito tenuemente con lápiz. Las ilustraciones pueden también presentarse en papel brillante de fotografía en blanco y negro. Las fotografías no deben ser menores de 10 x 12 cm (6" x 4"). Cada ilustración (con su título e inscripción) debe ser inteligible en forma independiente del texto principal.

CUADROS

Los cuadros (un original y 2 copias) deben ser utilizados solamente para presentar información en forma más efectiva que en el texto. Deben poseer un título bien descriptivo, el cual, junto con los encabezados de las columnas, deben describir su contenido en forma inteligible sin necesidad de hacer referencias al texto principal. La misma información no debe ser reproducida en los cuadros y en las figuras. Se deben numerar en forma consecutiva (usando números arábigos) en el orden en que se citan en el texto. Las notas de pie en los cuadros se deben entrar en letra minúscula y se deben citar en el cuadro como sobrescrito.

*Este libro se terminó de imprimir
en los talleres de la Imprenta
Universitaria en Marzo
de 1989*



INDICE

SCIENTIA (Panamá)
Revista de Investigación de
la Universidad de Panamá

Nota Editorial	5
PEÑALBA T., R. M.— Efectos de los extractos liofilizados de <i>Momordica charantia</i> sobre preparaciones caninas anestesiadas y cons- cientes.	7
ALEMAN, N. M. de, — Estudio electroforético de las proteínas de la hemolinfa <i>R. pro-</i> <i>lixus</i>	17
WILLIAMS, M., MARTIN, M. C. de, y QUIN- ZADA, H. O. de — La población microbiana del bagazo en los ingenios azucareros de la República de Panamá.	23
COLORADO DE LA GUARDIA, I. A. — Sobre la naturaleza de la ley en las ciencias forma- les y fácticas.	31
JAEN, J. A. y TAPIA, S. B. — Preparación y estructura de aleaciones electro-depositadas de Sn — Zn.	41
GARRIDO, C. — Un enfoque histórico — epis- temológico de la teoría de los Cuanta	49
CERRUD, D. S. de, — Características hídricas de los suelos del sector de los playones (cuencas del río Gatuncillo).	61
ZIKAKIS, J.P., ADAMES, A.J., MORAN, C. GUPTA, M.P. QUIROS, D.— y Utilización de los productos de desecho en la nutrición animal.	71
Instrucciones para los colaboradores	79

