ISSN 0258-9702

REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

SCIENTIA

Vol. 20 Nº. 2 – Diciembre de 2005

Vol. 20 Nº. 2 SCIENTIA Diciembre de 2005

Diagramación: Editorial Universitaria Carlos Manuel Gasteazoro
Universidad de Panamá

Impreso en Panamá
200 ejemplares

SCIENTIA

Revista de Investigación de la Universidad de Panamá

Publicación de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Dr. Gustavo García de Paredes
Rector

Dr. Justo Medrano
Vicerrector Académico

Dra. Betty Ann Rowe de Catsambanis
Vicerrectora de Investigación y Postgrado

Dr. Carlos Brandariz Zúñiga
Vicerrector Administrativo

Dr. Eldis Barnes
Vicerrector de Asuntos Estudiantiles

Dra. María del Carmen Terrientes de Benavides
Vicerrector de Extensión

Dr. Miguel Ángel Candanedo
Secretario General

Mgter. Luis Posso
Director General de los Centros Regionales Universitarios

NOTA EDITORIAL

En este número de **Scientia** se publican cinco contribuciones debidas a científicos panameños y europeos.

El primer artículo, de física de la atmósfera, se dedica el examen de la elaboración de los mapas de irradiación global y de heliofanía relativa en la República de Panamá.

El aporte tecnológico asoma en el segundo artículo, debido al esfuerzo de investigadores europeos y un colaborador panameño, en torno a aproximaciones analíticas y numéricas en técnicas de rendiciones ópticas y generalizaciones en el estudio de polvos y en la ecología.

Seguidamente, dos textos matemáticos asedian la historia de la matemática superior en Panamá a lo largo del siglo veinte y describen unas estrategias del programa de entrenamiento a jóvenes que participan en las olimpíadas de matemáticas.

Por último, en el área de la Neuropsicología, figura un artículo colectivo a propósito de un modelo experimental de consolidación de la memoria basado en redes neurales.

Se invita a los investigadores de la Universidad de Panamá a colaborar en próximos números de esta revista con sus trabajos inéditos que versen sobre aspectos de las ciencias naturales, exactas, biomédicas y temas de tecnología.

Scientia (Panamá), 2005, Vol. 20, N° 2, 7-38

1

ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE IRRADIACIÓN GLOBAL Y DE HELIOFANÍA RELATIVA EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

PINO, ALFONSO[1]; EBERHARDT, JOSUÉ[1]; SÁNCHEZ, NÉSTOR[1]; GUERRA, SERGIO[1]; CASTILLO, DIONEL[1]; MATURELL, ÁLVARO[1]; ESPINOSA, JORGE[2]; SAMUDIO, HOODMY[1]; JORDÁN, LUIS[1]

(1) Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá; Teléfono: (011 - 507) 523 5309, Fax: (011 - 507) 523 5309; E- mail: atmosfer@ancon.up.ac.pa

(2) Autoridad del Canal de Panamá - Departamento de Hidrometeorología; Teléfono: (00507) 276 1729, Fax: (00507) 276 1729, E-mail: jaespinosa@pancanal.com

RESUMEN

La utilización de la energía solar, en un país, requiere como información básica, el conocimiento de la disponibilidad de este recurso energético, el cual puede ser obtenido mediante los mapas de heliofanía y de irradiación solar global.

En este trabajo se presentarán los mapas de las isolíneas de heliofanía relativa y de irradiación global media diaria correspondientes a la República de Panamá. Para la obtención de dichos mapas, se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas de la empresa ETESA, de la Autoridad del Canal de Panamá y del Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá. La interpolación se efectuó mediante el método de krigaje.

PALABRAS CLAVES:

Isolíneas, heliofanía, irradiación, interpolación, krigaje

INTRODUCCIÓN

Las diferentes aplicaciones de la energía solar requieren como información básica la disponibilidad del recurso solar, que se puede conocer a través de mapas de isolíneas de heliofanía y de irradiación solar global.

La República de Panamá, como país vulnerable a los impactos adversos del cambio climático, ha realizado grandes esfuerzos para mejorar su capacidad nacional en el campo de la investigación y la observación sistemática del clima. Desde hace aproximadamente 6 años, el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá, ha estado monitoreando los niveles de radiación ultravioleta B, la columna total de ozono, radiación solar global, temperatura ambiente y otros parámetros atmosféricos. En la actualidad dicho Laboratorio ha establecido una Red Radiométrica Nacional, con tres sitios de medición de radiación UV-B.

La República de Panamá se encuentra localizada en el Hemisferio Norte, en la zona intertropical cercana al Ecuador. Su variación latitudinal se encuentra comprendida entre los 7°12′07′′N y los 9°38′46′′N y su variación longitudinal entre los 77°09′24′′O y 83°03′07′′O. Panamá posee un territorio continental e insular de 75 517 km cuadrados. Su forma es similar a una S (Fig. 1) mayúscula acostada y presenta una dirección de este a oeste, a diferencia del resto de los países centroamericanos, cuya orientación es de norte a sur (Atlas Nacional de la República de Panamá, 1988).

Como un primer paso en el estudio de la disponibilidad de energía solar para la República de Panamá, los investigadores que integran el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá, determinaron, en el año 1997, los valores de los coeficientes de regresión del modelo de Angström modificado por Page, correspondientes a las zonas climáticas **Awi** (Clasificación de Köppen) del litoral Pacífico (Pino *et al*, 1997). Conociendo dichos coeficientes y la heliofanía relativa, es factible calcular la irradiación solar global en las citadas zonas climáticas. El presente trabajo constituye un segundo paso, en el proceso de establecer, con una mayor precisión, la disponibilidad del recurso energético solar en la República de Panamá.

La irradiación global y la heliofanía son parámetros meteorológicos de gran utilidad en casi todas las formas de actividad y empresas humanas. Sectores tales como el agrícola, forestal, turismo, construcción, deportes y energía, planifican sus actividades futuras sobre la perspectiva de disponer de una adecuada heliofanía o insolación. Mediante los mapas de heliofanía relativa es factible la estimación de la irradiación global y la cobertura nubosa, de manera tal que se pueda obtener una primera aproximación en relación a la disponibilidad de energía solar en una región (Dogniaux, R., 1994). La evaluación precisa de la disponibilidad del recurso solar y de las regiones en el país que presentan mayores potenciales energéticos solares, representa grandes ventajas tanto en sus aplicaciones industriales (por ejemplo, energía solar para calentamiento térmico y electricidad) como en sus aplicaciones ambientales. Por otro lado, esta información es imprescindible para dimensionar los sistemas fotovoltaicos que pudiesen ser instalados en regiones de difícil acceso.

ZONAS CLIMÁTICAS DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Panamá posee un clima propio de la región intertropical con una marcada diferencia entre las dos estaciones existentes: la estación lluviosa y la estación seca. Dentro de su ubicación, Panamá posee características propias de la Zona Ecuatorial, durante el solsticio de verano (estación lluviosa) las cuales se manifiestan por la presencia de vientos convectivos, zonas de bajas presiones y alta cobertura nubosa. También posee características propias de la Zona Tropical durante el solsticio de invierno (estación seca) las cuales se manifiestan por la presencia de vientos alisios del NE, zonas de alta presión y escasa cobertura nubosa.

La característica más sobresaliente de la región donde se encuentra ubicado el Istmo de Panamá es la pequeña variabilidad de la temperatura anual (de 2 ° C a 3° C solamente) entre la temperatura del mes más caliente y la del mes más fresco. Es más significativa la diferencia de temperatura entre el día y la noche (de 6 ° C a 10° C). Ello implica que existe una gran uniformidad térmica entre los diversos meses del año y entre un lugar y otro.

La elevada humedad relativa que se registra en la República de Panamá, particularmente durante la estación lluviosa, se encuentra determinada por la presencia de las dos grandes masas oceánicas del Atlántico y del Pacífico. Debido a la proximidad de ambos océanos, las características climáticas se encuentran fuertemente moduladas por la influencia marítima. El estudio de las características climáticas de las diversas regiones de la geografía panameña se efectuó mediante la clasificación de Köppen (Ahrens, D., 1982).

De acuerdo al Atlas Nacional de la República de Panamá, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, este país posee cinco zonas climáticas (clasificación de Köppen), a saber: **Afi** (clima tropical muy húmedo; lluvia copiosa todo el año), **Ami** (clima tropical húmedo; precipitación anual mayor que 2 500 mm), **Awi** (clima tropical de sabana; precipitación anual menor a 2 500 mm), **Cfh** (clima templado húmedo de altura; lluvia copiosa todo el año), **Cwh** (clima templado húmedo de altura; algunos meses se caracterizan por tener precipitaciones menores a 60 mm).

PARÁMETROS RADIOMÉTRICOS Y ASTRONÓMICOS UTILIZADOS

Duración Astronómica del Día

La duración astronómica del día, que se define como el intervalo de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol, se encuentra dada por la siguiente ecuación:

$$N_d = \frac{2}{15}\omega_{ss} = \left(\frac{2}{15}\right)\cos^{-1}\left(-\tan\delta\tan\phi\right) \qquad (1)$$

donde:

ω_{35} = ángulo con que se oculta el sol
δ = declinación solar
ϕ = latitud del sitio de observación

La declinación solar, δ, es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste (proyección del ecuador terrestre). El valor de δ varía a lo largo del año, de + 23,5° (21 de junio) a - 23,5° (21 de diciembre), pasando por cero en los equinoccios de primavera y otoño.

Definición de Irradiación

La irradiación se define como la cantidad total de energía radiante que incide durante cierto intervalo de tiempo sobre una superficie de área unitaria (Kreith, K., 1978). Si la energía radiante estuviese llegando a la superficie terrestre, a una tasa constante, la irradiación se definiría del modo siguiente:

Irradiación = Irradiancia x Tiempo transcurrido

$$\Delta H = I\,\Delta t \qquad (2)$$

Formalmente, la irradiación es la integral de la irradiancia con respecto al tiempo. Es decir:

$$\Delta H = \int_{t_0}^{t} I(t)\, dt \tag{3}$$

La unidad de irradiación en el Sistema Internacional (SI) es el Joule/m^2. La irradiación puede ser expresada también en otras unidades tales como Wh/m^2.

Definición de Heliofanía o Insolación

La heliofanía o insolación, n, se define como el número de horas durante las cuales el sol se encuentre sobre el horizonte y su energía es capaz de quemar la cinta de un heliógrafo. Con el objeto de uniformar la definición de heliofanía, la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación de la Organización Meteorológica Mundial durante su VIII Sesión, celebrada en octubre de 1981, estableció como estándar para la definición de heliofanía o insolación, al intervalo de tiempo durante el cual, la irradiancia global excede un umbral de 120 W m-2 cuando se utilizan las fajas diseñadas para tal efecto, que son empleadas por los heliógrafos (Iqbal, M., 1983.).

La heliofanía relativa o insolación es el cociente entre la heliofanía, n, y la duración astronómica del día, Nd. Si se le llama S a la heliofanía relativa, se tiene que:

$$S = \frac{n}{N_d} \tag{4}$$

INSTRUMENTACIÓN Y DATOS

Para el presente trabajo, se colectaron datos meteorológicos y radiométricos, registrados por un instrumental variado perteneciente a instituciones tales como: Departamento de Hidrometeorología y Estudios de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA), Autoridad del Canal de Panamá (ACP), Dirección de Aeronáutica Civil (DAC) y Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá. Estos datos fueron posteriormente procesados y analizados mediante las aplicaciones **Sigma Plot 2000 y Surfer 8.0.**

El equipamiento utilizado por las instituciones y entidades mencionadas en el párrafo precedente, para obtener los datos heliofanía e irradiación global, se presentará por entidad.

Laboratorio de Física de la Atmósfera

La medición de irradiación solar global se efectúa mediante 1 piranómetro Eppley, modelo PSP (ubicado en el Campus Central de la Universidad de Panamá) y un piranómetro Eppley, modelo BWP (ubicado en el sitio de medición de la ciudad de David). En adición a la medición de radiación solar global, se mide la irradiancia UV-B, la columna de ozono total y los demás parámetros atmosféricos mediante estaciones meteorológicas automatizadas.

La Tabla N° 1 muestra las coordenadas de las estaciones que maneja el Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá.

TABLA N° 1
Estaciones Meteorológicas del Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá

Nombre de la Estación	Provincia	Latitud N	Longitud O	Elevación (msnm)	Tipo
Sitio 1	Panamá	8° 59'	79° 32'	50	MET
Sitio 2	David	8° 24'	82° 25'	27	MET
Sitio 3	Santiago	8° 6'	80° 25'	140	MET

Estaciones del Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá.
El tipo de estaciones es: MET - Lluvia, Temperatura, Radiación Solar.

Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

La Autoridad del Canal de Panamá mantiene una red de 46 estaciones meteorológicas automatizadas, en diversos puntos de la cuenca del Canal de Panamá. Dichas estaciones miden todos los parámetros atmosféricos, incluyendo los radiométricos (radiación solar global). Para la medición de la irradiación global se utilizan Piranómetros Matrix, modelo N° 100507. Los datos correspondientes a los parámetros atmosféricos son almacenados cada minuto. Esta información es colectada, procesada y analizada por la sección de Meteorología e Hidrología de la citada institución.

Para el presente trabajo se utilizaron los datos de irradiación solar global correspondientes a cinco estaciones de la red en mención, las cuales se encuentran ubicadas en los siguientes puntos de la Cuenca del Canal de Panamá: Balboa, Gamboa, Gatún, Limon Bay (Colón) y Vistamares (Cerro Azul). Según la clasificación climática de Köppen (Critchfield, H., 1974), la estación de Balboa se encuentra ubicada en una zona **Awi**, mientras que las estaciones de Gamboa, Gatún, Limon Bay y Vistamares pertenecen a una zona climática **Ami**.

La Tabla N° 2 muestra las coordenadas de las estaciones de la Autoridad del Canal de Panamá, cuyos datos fueron utilizados en el presente estudio.

TABLA N° 2

Estaciones de la ACP (Autoridad del Canal de Panamá)

Nombre de la Estación	**Provincia**	**Latitud N**	**Longitud O**	**Elevación (msnm)**	**Tipo**
Balboa	Panamá	8° 58'	79° 32'	12	MET
Gamboa	Panamá	9° 07'	79° 42'	34	MET
Gatún	Colón	9° 16'	79° 55'	25	MET, LK
Vistamares	Panamá	9° 14'	79° 24'	30	MET
Limon Bay	Colón	9° 21'	79° 54'	15	MET

Estaciones de ACP. Los tipos de estaciones son: MET - Lluvia, Temperatura, Presión, Velocidad del Viento, Dirección del Viento, Radiación Solar y LK - Elevación del lago.

Estaciones Meteorológicas de ETESA

En Panamá el Departamento de Hidrometeorología y Estudios que se encuentra ubicado en la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA), ha asumido, por ley, la función de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, hasta la fecha. Las estaciones meteorológicas de ETESA constituyen la red más extensa del país. Un 15% de las estaciones fueron instaladas entre 1953 a 1960 y un 60% entre 1966 a 1980. En adición a la medición de los parámetros atmosféricos más representativos (temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, etc.), las estaciones de ETESA miden heliofanía e irradiación solar global. La medición de heliofanía se efectúa mediante Heliógrafos Campbell Stokes. Para la medición de irradiación solar global se utilizan Piranómetros Eppley. Los datos de heliofanía son almacenados en intervalos de una hora mientras que los datos de radiación solar global son almacenados cada dos minutos.

De la red meteorológica de ETESA se utilizaron los datos correspondientes a 18 estaciones que miden heliofanía, de las cuales, 6 miden también irradiación global.

TABLA N°3
Estaciones de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.)

Número	Nombre de la Estación	Provincia	Latitud N	Longitud W	Elevación (msnm)	Tipo
093-002	A. Bocas del Toro	Bocas del Toro	09° 20'	82° 15'	2	B
108-023	David	Chiriquí	08° 24'	82° 25'	27	A
120-002	Santiago	Veraguas	08° 05'	80° 58'	88	B
128-001	Los Santos	Los Santos	07° 57'	80° 25'	16	A
136-002	Antón	Coclé	08° 23'	80° 16'	33	B
144-002	Tocumen	Panamá	09° 03' 53"	79° 23' 32"	14	A
097-001	Calovébora	Veraguas	08° 47'	81° 13'	20	B
100-135	El Jazmín	Chiriquí	08° 21'	82° 53'	10	B
100-136	Burica Centro	Chiriquí	08° 23'	82° 54'	30	B
102-009	Bajo Grande	Chiriquí	08° 51'	82° 33'	2 300	A
108-043	Gualaca	Chiriquí	08° 31'	82° 18'	700	B
113-001	Icacal	Colón	09° 12'	80° 09'	11	A
114-011	Llano Ñopo	Chiriquí	08° 25'	81° 37'	360	B
116-001	Coiba	Veraguas	07° 29'	81° 43'	8	A
132-035	Ing. Santa Rosa	Coclé	08° 11'	80° 40'	26	B
132-037	Ing. La Victoria	Coclé	08° 12'	80° 48'	30	B
134-027	Ing. Enrique Enseñat	Coclé	08° 14'	80° 30'	10	B
142-002	Albrook	Panamá	08° 59' 01"	79° 33' 38"	66	B

Estaciones de ETESA. Los tipos de estaciones son: A - Radiación Solar, Heliofanía, únicamente y B - Heliofanía, Temperatura, Precipitación.

Como primer paso para la construcción de los mapas que muestran el comportamiento espacial de la irradiación global y de la heliofanía, se colectaron los datos de los citados parámetros atmosféricos, registrados en las Estaciones Meteorológicas de ETESA, UP y ACP, distribuidas a lo largo del territorio panameño. Sobre los datos en mención se efectuó un análisis de consistencia con el objeto de identificar errores sistemáticos causados por los instrumentos, así como también errores de lectura. Dicho análisis incluyó el estudio de la evolución de los parámetros atmosféricos a lo largo del período de registro histórico correspondiente a cada una de las estaciones, a fin de detectar aquellos datos cuyos valores fuesen inconsistentes. El análisis en referencia permitió eliminar los datos que reflejasen una inconsistencia, tomando en consideración el comportamiento histórico de los parámetros, en cada una de las estaciones. Posteriormente, se efectuó un procesamiento geoestadístico de los datos, mediante el cual se obtuvo una interpolación adecuada de los valores de estos parámetros, en las zonas de la República de Panamá en donde no existen estaciones meteorológicas.

La Tabla N° 4 muestra los valores medios históricos de heliofanía relativa correspondientes a aquellas estaciones en las cuales este parámetro ha sido medido.

TABLA N° 4
Valores Medios Históricos de la Heliofanía Relativa Registrada en las Estaciones

Estación	Período	Zona climática	Elevación (msnmm)	Heliofanía relativa (%)
David	1971/2002	Awi	27	51
Los Santos	1972/2002	Awi	16	51
Tocumen	1970/2002	Awi	14	46
Burica Centro	1982/1998	Awi	30	48
Antón	1970/2002	Awi	33	47
Ingenio Santa Rosa	1992/2000	Awi	26	47
Ingenio La Victoria	1977/1998	Awi	30	47
Ingenio Enseñat	1885/1993	Awi	10	46
El Jazmín	1982/2001	Ami	10	44
Santiago	1971/2002	Ami	88	44
Coiba	1971/2002	Ami	8	45
Llano Ñopo	1979/1996	Ami	360	41
Gualaca	1996/2000	Ami	700	44
Bocas del Toro	1972/2002	Afi	2	36
Icacal	197372002	Afi	11	36
Calovébora	1979/2001	Afi	20	31
Bajo Grande	1971/2001	Cfh	2300	32

En las zonas climáticas **Awi** (clima tropical de sabana; precipitación anual inferior a 2500 mm) el promedio histórico de la heliofanía relativa osciló entre 46 % y 51 %. En las zonas climáticas **Ami** (clima tropical húmedo; precipitación anual superior a 2500 mm) el promedio histórico de la heliofanía relativa fluctuó entre 41 % y 45 %. En las zonas climáticas **Afi** (clima tropical muy húmedo; lluvia copiosa todo el año) el promedio histórico de la heliofanía relativa osciló entre 31 % y 36 %. La única estación perteneciente a una zona climática **Cfh** (clima templado muy húmedo de altura; lluvia copiosa todo el año) en la que se registró heliofanía es la de Bajo Grande. El promedio histórico de la heliofanía relativa en la citada estación ascendió a 32 %. La heliofanía relativa en la estación de Coiba (45 %) mostró un comportamiento muy parecido al registrado en las estaciones ubicadas en la zona climática **Awi**, a pesar de encontrarse en una zona climática **Ami**. Esta característica podría tener su explicación en factores topográficos que se presentan en esta isla ubicada en el Océano Pacífico. En Coiba predominan las llanuras costeras con elevaciones inferiores a los cien metros, particularmente en el norte y en el sudeste de la isla.

La Tabla N° 5 muestra los valores medios históricos de la irradiación global diaria correspondientes a aquellas estaciones en las cuales este parámetro ha sido medido.

TABLA N° 5
Valores Medios Históricos de la Irradiación Global Diaria en las estaciones

Estación	Período	Elevación (msnmm)	Irradiación Media KWh/m^2	Irradiación Media MJ m^{-2}
David	1971/1985	27	4.52	16.27
Los Santos	1972/1985	16	4.20	15.11
Panamá	1999/2004	50	4.21	15.16
Balboa	1985/2004	20	4.66	16.77
Tocumen	1971/1994	14	4.27	15.38
Coiba	1971/1988	8	3.65	13.13
Gamboa	1985/2002	34	3.76	13.47
Gatún	1985/2002	25	3.76	13.52
Vistamares	2000/2004	600	2.79	10.05
Limon Bay	2000/2004	15	4.07	14.67
Bajo Grande	1971/1986	2300	4.18	15.04
Icacal	1972/1990	11	2.98	10.70

Como puede observarse, el valor medio histórico de la irradiación global diaria registrado en las estaciones pertenecientes a la zona climática **Awi**, ascendió a 15,74 MJ m-2. El valor medio histórico de la irradiación global diaria registrado en las estaciones pertenecientes a la zona climática **Ami**, ascendió a 12,97 MJ m-2. El valor medio histórico de la irradiación global diaria registrado en la estación de Bajo Grande (zona climática **Cfh**) ascendió a 15,04 MJ m-2. En Icacal, la única estación ubicada en una zona climática **Afi**, el valor medio histórico de la irradiación global diaria ascendió a 10,70 MJ m-2.

La **Fig. N° 2** muestra la correlación existente entre los valores medios históricos de irradiación global diaria y los de heliofanía relativa (expresada porcentualmente) correspondientes a aquellas estaciones en las que se han medido ambos parámetros, durante un período de catorce años, como mínimo. De acuerdo con el análisis de regresión lineal efectuado, el coeficiente de correlación entre ambos parámetros es **r^2 = 0,85.**

MÉTODO

Procesamiento geostadístico de los datos mediante el método de krigaje

Para la interpolación de los datos en referencia, se utilizó el Método de krigaje con semivariograma de tipo lineal, incorporado en el **Software Surfer** versión 8.0. La elección del método óptimo para la interpolación climática sigue siendo objeto de controversia. Se utilizó el método de interpolación citado anteriormente, debido a que para este tipo de análisis, es el que provee resultados con un menor margen de error, de acuerdo con numerosos estudios geoestadísticos que han sido efectuados en diversas regiones del planeta. En Argentina se han construido los mapas de irradiación global diaria mediante el método de krigaje (Grossi, H., Righini, R., 2002).

Las variables aleatorias que se manejan en Geoestadística son variables regionalizadas. Esto significa que a cada valor de la variable, ya sea medido o estimado, se le asocia una posición en el espacio El método de krigaje tiene como objetivo, encontrar el mejor estimador lineal insesgado, a partir de los datos registrados de los que se dispone. Dicho método consiste en un conjunto de rutinas de regresión lineal que minimizan la varianza de estimación (Chauvet, 1994).

Algunos autores atribuyen más confianza a la estimación del valor interpolado utilizando el método de krigaje, con respecto a la estimación de valores realizada por métodos más recientes (Oliver y Webster, 1990). El krigaje es también el método que se asocia con las siglas B. L. U. E. (Best Linear Unbiased Estimator, cuyo significado es "Mejor Estimador Lineal Insesgado). Es un estimador lineal por cuanto que los valores estimados son combinaciones lineales ponderadas, de los datos disponibles.

Para la interpolación mediante el método de krigaje, se parte de la hipótesis de que **R** es una región bidimensional de la superficie terrestre en la que existe un campo correspondiente a una variable aleatoria o estocástica. En esta región, **Z(xi)** denota el valor del campo en la localización **xi**, mientras que xi representa una posición en el dominio **R**. De igual manera, **Z(xj)** corresponde al valor del campo de la variable aleatoria en la localización xj, perteneciente al dominio **R**. Se considerará que la distancia entre el punto correspondiente a la localización **xi** y el correspondiente a la localización **xj** es **h**. El primer paso en el proceso de interpolación por el método de krigaje consiste en construir el semivariograma experimental. Para tal efecto, se obtiene la varianza del valor del parámetro en estudio, correspondiente a un determinado punto del conjunto **R** con respecto a los valores de dicho parámetro en los otros puntos del conjunto. Luego se construye la gráfica de las varianzas en función de la distancia **h** entre puntos. Una vez construido el semivariograma experimental, se procede a definir un semivariograma teórico. Este semivariograma es una simple función matemática que modela la tendencia observada en el semivariograma experimental. El semivariograma obtenido mediante el modelo matemático permite calcular las ponderaciones que se utilizarán en el krigaje, para la estimación de los valores intermedios del parámetro en estudio.

El variograma se define como la media aritmética de todos los cuadrados de las diferencias entre pares de valores experimentales separados una distancia **h** (Journel y Huijbregts, 1978). Esto significa que el variograma es la varianza de los incrementos de la variable regionalizada en las localizaciones separadas una distancia **h**.

$$\operatorname{var}\left(Z(x_i) - Z(x_j)\right) = 2\gamma(x_i - x_j) = \frac{\sum \left(Z(x_i) - Z(x_j)\right)^2}{N(h)} \qquad (5)$$

La función γ **(h)** se denomina **semivariograma**. Éste se encuentra definido por la siguiente expresión:

$$\gamma(x_i - x_j) = \frac{\sum\left[Z(x_i) - Z(x_j)\right]^2}{2N(h)} \qquad (6)$$

Para la localización de los sitios de medición, en el mapa Geo referenciado de la República de Panamá (Fig. N°3) se utilizaron coordenadas UTM (Proyección de Mercator), de las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones de la Red. Las coordenadas geográficas, en grados, fueron transformadas a coordenadas UTM, en metros. La longitud de la malla utilizada, en coordenadas angulares, se encuentra comprendida desde **7° N a 9° 60' N y 77° W a 83° W**. Para el procesamiento de los datos, el área de la zona Geo referenciada fue dividida en celdas de 3,5 km a lo largo del eje X por 2,5 km a lo largo del eje Y. La distancia máxima de separación entre estaciones corresponde, aproximadamente, a 403 km. Se consideró un error de 5 %, como error instrumental. El origen de la malla se tomó en el punto cuyas coordenadas geográficas son: latitud = 7° 0' 38,959" N; longitud = 83° 10' 56,0009" O. Las coordenadas UTM del origen son las siguientes: Este = x = 258917, 1465; Norte = y = 775456,6802.

El valor estimado **Z*(x)** de la variable aleatoria, para un determinado punto de la región **R**, se obtiene mediante una **combinación lineal** de las **ponderaciones asociadas a cada localización** donde fue muestreado un valor **Z(xi) (i = 1,...n)** del parámetro en estudio.

De lo expresado anteriormente se deduce que el estimador del krigaje ordinario correspondiente a la variable aleatoria, para un determinado punto de la región **R** puede ser obtenido del modo siguiente:

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \qquad (7)$$

Donde los coeficientes **μ i** son las ponderaciones o pesos asociadas a cada punto de la región **R**. Para la obtención de los coeficientes de ponderación **μi** se requiere resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \gamma\left(x_i - x_j\right) + \mu = \gamma\left(x_0 - x_i\right) \quad i = 1,......, n \qquad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1 \qquad (9)$$

En el sistema de ecuaciones citado anteriormente, el parámetro **μ** es una variable adicional que es necesario agregar. Esta variable se designa como parámetro de Lagrange. Si no se agregase el parámetro de Lagrange, **μ**, el sistema tendría (n + 1) ecuaciones pero sólo tendría n incógnitas. Por tal razón, la solución de este sistema de ecuaciones sería muy difícil. Para evitar este problema, se introduce otra incógnita, dada por el parámetro de Lagrange, **μ**.

La obtención del estimador, mediante el método de krigaje, se efectúa mediante una ponderación estadística que utiliza una combinación lineal de los valores conocidos de la muestra, alrededor del punto en donde se procederá a efectuar la estimación. Aplicado apropiadamente, el método de krigaje permite que el usuario derive pesos que tienen como resultado las estimaciones óptimas e imparciales. Una característica sumamente útil del método en mención consiste en que proporciona una estimación del error en cada punto de interpolación, de forma tal que provee una medida de la confianza en la superficie modelada (Aguiar, 1996).

En el caso de la irradiación global, si **HI** es el valor medio registrado en una localidad y **Hj** el registrado en otra, separada por una distancia **h**, el variograma se encuentra dado por la siguiente función:

$$\operatorname{var}(H_I - H_j) = 2\gamma(h) = \frac{\sum (H_I - H_j)^2}{N(h)} \qquad (10)$$

donde la sumatoria está calculada sobre todos los **N (h)** pares de puntos distanciados en **h**.

La objetividad de este método en el trazado de isolíneas ofrece un campo de aplicación amplio, en llanuras extensas, donde la baja densidad de las redes de medición (o su inexistencia en algunos casos) obliga a emplear métodos de interpolación para la obtención de los mapas de irradiación solar. En el presente estudio, el krigaje ordinario se llevó a cabo mediante un variograma lineal.

De igual forma, el método de krigaje es sumamente útil en el manejo de datos de irradiación global que han sido obtenidos mediante la aplicación de modelos físicos a la información recabada por vía satelital, en virtud de que permite el trazado de isolíneas que representan el campo de irradiación global media, con un mínimo de error y de manera no arbitraria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La heliofanía sobre la República de Panamá muestra una gran variabilidad. Los valores más altos del citado parámetro se registran a lo largo del litoral Pacífico. La intensidad máxima desplegada por el campo de isolíneas de heliofanía se observa en las siguientes regiones: península de Azuero, provincia de Coclé, costa de la provincia de Chiriquí, costa este de la provincia de Panamá y provincia de Veraguas. A lo largo de esta zona, la heliofanía media anual posee un valor aproximado de 1 600 horas. Sobre la cordillera central, así como también sobre la mayor parte del área del Caribe, como por ejemplo, Bocas del Toro, Portobelo y la Comarca Kuna Yala, la heliofanía media anual se encuentra por debajo de las 1 500 horas. Un factor que ejerce influencia sobre este parámetro es el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), en el mes de octubre, lo cual genera nubarrones que disminuyen las horas efectivas de heliofanía en estas regiones.

Las lluvias en Panamá se caracterizan por ser muy intensas y, generalmente, de corta duración. No obstante, en la vertiente del Pacífico, durante los meses de junio o julio, pueden ocurrir períodos con escasa precipitación. A estos eventos se les conoce popularmente como canículas o veranillos. Los veranillos constituyen un período de disminución de la precipitación en el litoral Pacífico, cuya duración fluctúa entre una a dos semanas. Por lo general, dichos eventos se observan en el mes de julio. En ocasiones, el proceso se adelanta, de forma tal que se presenta a fines del mes de junio. Los mapas de heliofanía muestran que, en promedio, el parámetro en mención pasa por valores mínimos durante los meses de junio y julio. Esta tendencia se observa, particularmente, a lo largo del litoral Pacífico. Ello implica que, en la República de Panamá, la cobertura nubosa, en la vertiente del Pacífico, experimenta valores máximos durante los citados meses. Una de las zonas del planeta en la que se presenta una variación anual significativa en la cobertura nubosa es la que corresponde a una latitud de 10° N. En el cinturón asociado a dicha latitud, la máxima cobertura nubosa suele ocurrir en el mes de julio, de acuerdo con las bases de datos, tanto satelitales como las obtenidas mediante modelos matemáticos (Karner, O., Keevallik, S., 1993). Este hecho guarda relación con el desplazamiento de la ZCIT hacia el norte, durante los meses de junio y julio. Sin embargo, aun cuando los valores máximos de cobertura nubosa se presentan en los meses de junio y julio, el período de máxima precipitación pluvial en la vertiente del Pacífico, se observa en los meses de octubre y noviembre.

Otro factor importante que incide en el comportamiento de la heliofanía, en la vertiente del Pacífico, es la existencia de una estación lluviosa prolongada, que se inicia a finales de abril y persiste hasta finales de diciembre. En algunas áreas de la cordillera central, la estación lluviosa posee una mayor duración. Durante dicha estación, en la República de Panamá, la ZCIT se desplaza en sentido septentrional durante el mes de junio y en sentido meridional durante el mes de octubre siguiendo la trayectoria de la declinación solar anual.

La Tabla N° 6 muestra la heliofanía efectiva, en horas, registrada en los sitios de monitoreo ubicados en el litoral Pacífico, en el litoral Caribe y en el centro del país.

TABLA N° 6
HELIOFANÍA DIARIA (horas)

Sitio	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
David	8.8	9.3	8.6	7.2	5.3	4.1	4.5	4.7	4.4	4.5	5.2	6.7
Los Santos	8.6	8.8	8.7	7.7	5.4	4.1	4.3	4.3	4.1	4.4	5.3	6.9
Tocumen	7.7	7.9	7.1	6.5	4.6	4.2	4.2	4.0	4.2	4.3	4.7	6.8
Burica Centro	7.8	8.2	7.5	6.3	5.0	4.6	4.7	4.7	4.4	4.4	5.0	6.6
Antón	8.1	8.7	8.2	7.0	5.0	3.4	4.0	4.0	3.9	3.8	4.5	6.5
Ingenio St.Rosa	8.0	9.3	8.0	6.7	3.8	4.0	4.2	4.7	3.5	4.3	4.4	6.0
Ing. La Victoria	8.0	9.3	8.0	6.7	3.8	4.0	4.2	4.7	3.5	4.3	4.4	6.0
Ing. Enseñat	6.5	8.3	7.2	6.3	5.4	3.7	3.6	4.6	4.6	4.0	4.2	6.9
El Jazmín	7.9	8.0	7.4	5.8	4.4	4.3	4.2	3.5	4.6	3.5	4.0	5.0
Santiago	6.8	8.1	7.7	6.6	4.9	4.0	4.2	4.3	3.9	4.0	4.3	4.9
Coiba	8.1	9.0	7.9	7.1	4.6	3.8	4.2	3.6	3.2	3.0	3.9	5.9
Llano Ñopo	6.8	7.9	6.8	6.0	4.1	3.5	3.9	3.5	3.4	3.2	4.0	5.7
Gualaca	5.6	7.5	8.8	7.1	4.8	4.2	3.0	3.2	4.5	3.7	4.4	6.4
Bocas del Toro	4.4	5.0	5.4	4.9	4.7	3.9	3.2	3.8	4.3	4.5	4.0	3.7
Icacal	5.7	6.5	6.7	5.9	4.4	2.8	3.2	3.4	3.5	3.2	3.2	3.8
Calovébora	3.5	3.8	4.6	4.1	4.0	3.4	3.1	3.6	4.1	3.9	3.6	2.7
Bajo Grande	5.3	5.8	5.6	4.5	2.9	2.5	2.7	2.8	2.7	2.9	3.2	4.2

En la Tabla N° 7 se observa la heliofanía relativa registrada en los sitios de monitoreo ubicados en el litoral Pacífico, durante los meses de estación lluviosa. Mediante el análisis de la Tabla N° 7 se puede deducir que, durante la estación lluviosa, el valor medio de la heliofanía relativa correspondiente al conjunto de sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico es de 0,38, es decir, 38 %.

Entre finales de diciembre y finales de abril se establece la estación seca con ausencia casi total de lluvia. En algunas ocasiones, durante este período, se suscitan lluvias copiosas ocasionadas por la influencia de frentes fríos intensos que logran alcanzar las latitudes entre las cuales se encuentra el istmo de Panamá. Dichos frentes son empujados por avances vigorosos de masas enormes de aire polar, procedentes de las regiones árticas.

TABLA N° 7
HELIOFANÍA RELATIVA REGISTRADA EN L0S SITIOS DEL LITORAL PACÍFICO
ESTACIÓN LLUVIOSA

Sitios	mayo	junio	julio	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
David	0.43	0.33	0.36	0.38	0.37	0.38	0.45	0.58
Los Santos	0.44	0.33	0.34	0.35	0.34	0.38	0.45	0.60
Tocumen	0.37	0.33	0.34	0.33	0.34	0.36	0.41	0.59
Antón	0.40	0.27	0.32	0.32	0.32	0.33	0.39	0.56
Santa Rosa	0.31	0.32	0.34	0.38	0.29	0.36	0.38	0.52
La Victoria	0.39	0.29	0.35	0.36	0.37	0.36	0.39	0.54
El Jazmín	0.35	0.34	0.34	0.29	0.38	0.29	0.35	0.44
Coiba	0.37	0.30	0.34	0.29	0.26	0.25	0.33	0.51
Burica Centro	0.40	0.37	0.38	0.38	0.37	0.37	0.43	0.57

En la Tabla N° 8 se observa la heliofanía relativa registrada en las estaciones ubicadas en el litoral Pacífico, durante los meses de estación seca.

TABLA N° 8
HELIOFANÍA RELATIVA REGISTRADA EN LOS SITIOS
DEL LITORAL PACÍFICO ESTACIÓN SECA

Sitios	enero	febrero	marzo	abril
David	0.76	0.79	0.72	0.59
Los Santos	0.74	0.74	0.73	0.63
Tocumen	0.67	0.67	0.59	0.53
Antón	0.70	0.74	0.69	0.58
Santa Rosa	0.69	0.79	0.67	0.55
La Victoria	0.66	0.71	0.65	0.52
El Jazmín	0.68	0.68	0.62	0.47
Coiba	0.69	0.76	0.66	0.58
Burica Centro	0.68	0.70	0.63	0.52

Si se comparan los niveles de heliofanía relativa para los meses de diciembre hasta abril, el comportamiento global indica que los valores más altos de este parámetro se presentan durante los meses de enero, febrero y marzo. Del análisis de la Tabla N° 8 se deduce que, durante la estación seca, el valor medio de la heliofanía relativa correspondiente al conjunto de sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico es de 0,66, es decir, 66 %. Esto significa que durante la estación lluviosa, la heliofanía relativa en la vertiente del Pacífico sufre una disminución del orden del 28 %.

Como ya ha sido señalado, la climatología dominante en la vertiente del Caribe es la que corresponde a una zona **Afi** (clima tropical muy húmedo; lluvias copiosas durante todo el año). Por tal razón, en la vertiente del Caribe se registran valores medios de heliofanía relativa significativamente menores que los que se observan en las regiones del litoral Pacífico. Este comportamiento se presenta a lo largo de todo el año.

La Tabla N° 9 muestra el comportamiento de los valores medios de la heliofanía relativa correspondiente a la vertiente del Caribe, durante los meses de estación lluviosa.

TABLA N° 9
HELIOFANÍA RELATIVA REGISTRADA EN LOS SITIOS DEL LITORAL CARIBE
ESTACIÓN LLUVIOSA

Sitios	mayo	junio	julio	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
Bocas del Toro	0.38	0.31	0.26	0.31	0.36	0.38	0.35	0.32
Icacal	0.35	0.23	0.26	0.27	0.29	0.27	0.28	0.33
Calovébora	0.32	0.27	0.25	0.30	0.34	0.33	0.31	0.23

Del análisis de la Tabla anterior se deduce que, durante la estación lluviosa, el valor medio de la heliofanía relativa correspondiente a los tres sitios de medición ubicados en la vertiente del Caribe es de 0,30, es decir, 30 %.

En la Tabla N° 10 se observa el comportamiento de los valores medios de la heliofanía relativa correspondiente a la vertiente del Caribe, durante los meses de estación seca.

TABLA N° 10
HELIOFANÍA RELATIVA REGISTRADA EN L0S SITIOS DEL LITORAL CARIBE
ESTACIÓN SECA

Sitios	enero	febrero	marzo	abril
Bocas del Toro	0.38	0.43	0.45	0.40
Icacal	0.50	0.56	0.56	0.48
Calovébora	0.30	0.32	0.39	0.34

Se deduce que, durante la estación seca, el valor medio de la heliofanía relativa correspondiente a los tres sitios de medición ubicados en la vertiente del Caribe es de 0,43, es decir, 43 %. Se observa que a lo largo de todo el año, la heliofanía relativa en las zonas del litoral Caribe es inferior al 50 %. Por otro lado, en la citada vertiente, el valor medio de este parámetro durante la estación seca es muy cercano al que corresponde a la vertiente del Pacífico durante la estación lluviosa. Cabe señalar que los niveles más bajos de heliofanía, a lo largo del año, se registran en el sitio de monitoreo ubicado en Bocas del Toro.

Mediante el análisis de los mapas de isolíneas de heliofanía y de irradiación global diaria, se pudo determinar que los valores medios de ambos parámetros tienen un comportamiento muy parecido a lo largo de todo el año.

La Tabla N° 11 muestra el comportamiento de los valores medios diarios de la irradiación diaria correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico, durante los meses de estación lluviosa.

TABLA N° 11
IRRADIACIÓN REGISTRADA EN LOS SITIOS DEL LITORAL PACÍFICO
ESTACIÓN LLUVIOSA (MJ m-2)

Sitios	mayo	junio	julio	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
David	16.1	14.9	15.8	15.4	15.3	13.8	13.4	15.1
Los Santos	.15.8	13.3	13.6	13.7	13.1	12.6	12.6	14.3
Panamá	15.6	14.9	13.7	14.6	17.3	12.6	12.8	13.4
Tocumen	15.5	14.7	15.0	14.8	15.1	13.8	13.5	14.5
Balboa	16.5	14.9	14.8	15.7	16.9	15.0	14.9	15.1
Coiba	12.9	11.8	12.3	12.0	11.6	9.9	10.5	12.9

Durante la estación lluviosa, el valor medio de la irradiación global diaria, correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico, es de 14,13 MJ m-2. Los valores medios más bajos de la serie se registran durante los meses de octubre y noviembre (12,94 y 14,13 MJ m-2) mientras que los valores medios más altos se registran durante los meses de mayo y diciembre (15,39 MJ m-2 y 14,22 MJ m-2). De los seis sitios de monitoreo del litoral Pacífico, los niveles más bajos de irradiación global media se registran en Coiba. Esta observación es consistente con el hecho de que dicho sitio de monitoreo pertenece a una zona climática de mayor pluviosidad y cobertura nubosa que las cinco restantes.

La Tabla N° 12 muestra el comportamiento de los valores medios diarios de la irradiación global correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico, durante los meses de estación seca.

TABLA N° 12
IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA DIARIA REGISTRADA EN L0S SITIOS DEL LITORAL PACÍFICO ESTACIÓN SECA (MJ m-2)

Sitios	enero	febrero	marzo	abril
David	17.1	19.4	20.2	18.7
Los Santos	16.6	18.3	18.9	18.6
Panamá	13.5	16.3	18.4	18.8
Tocumen	15.8	17.0	17.5	17.5
Balboa	18.3	19.8	20.5	18.9
Coiba	14.6	16.5	16.4	16.2

De acuerdo con la Tabla anterior, durante la estación seca, los niveles más altos de irradiación global media diaria se registran también en los sitios de monitoreo ubicados en David (18,87MJm-2), Los Santos (18,10 MJ m-2) y Balboa (19,35 MJ m-2). Durante la estación seca, el valor medio diario de la irradiación global correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico asciende a 17,66 MJ m-2.

La Tabla N° 13 muestra el comportamiento de los valores medios diarios de la irradiación global correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en las zonas pertenecientes a la cuenca del Canal de Panamá y en algunos puntos próximos a la vertiente del Caribe, durante los meses de estación lluviosa.

TABLA N° 13
IRRADIACIÓN REGISTRADA EN LOS SITIOS DE LA CUENCA DEL CANAL Y DEL CARIBE
ESTACIÓN LLUVIOSA (MJ m-2)

Sitios	mayo	junio	julio	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
Vistamares	8.5	9.0	8.8	8.3	9.7	9.0	6.6	10.2
Gamboa	13.5	12.0	11.9	12.2	13.0	12.4	11.6	12.7
Gatún	12.8	11.5	12.3	12.8	13.6	12.7	11.8	12.8
Icacal	11.2	9.3	10.0	10.1	11.2	9.5	8.8	9.8
Limon Bay	12.4	12.1	13.1	14.7	16.1	13.9	10.7	14.6

Durante la estación lluviosa, el valor medio diario de la irradiación global correspondientes a los sitios de monitoreo ubicados en las zonas de la cuenca del Canal de Panamá y de la vertiente del Caribe es de 11,43 MJ m-2. Este valor representa el 80,9 % del que se registra en los sitios de la vertiente del Pacífico durante la misma estación. En esta zona, el valor mínimo de la irradiación global media diaria se registra durante el mes de noviembre (9,91 MJ m-2).

La Tabla N° 14 muestra el comportamiento de los valores medios diarios de la irradiación global correspondiente a los sitios de monitoreo ubicados en las zonas de la cuenca del Canal de Panamá y de la vertiente del Caribe, durante los meses de estación seca.

TABLA N° 14
IRRADIACIÓN REGISTRADA EN LOS SITIOS DE LA CUENCA DEL CANAL Y DEL CARIBE ESTACIÓN SECA (MJ m-2)

Sitios	enero	febrero	marzo	abril
Vistamares	12.1	14.7	12.5	11.3
Gambòa	14.9	15.9	16.3	15.4
Gatún	14.6	15.6	16.4	15.4
Icacal	10.6	12.2	13.2	12.6
Limon Bay	17.3	18.9	17.1	15.0

Durante la estación seca, el valor medio diario de la irradiación global correspondientes a los sitios de monitoreo ubicados en las zonas en mención, asciende a 14,59 MJ m-2. Este valor representa el 82,6 % del que se registra en los sitios de la vertiente del Pacífico durante la misma estación. En esta zona, la máxima irradiación global media diaria se registra durante el mes de febrero (15,45 MJ m-2). El sitio de monitoreo de esta zona en el que se registran los niveles mínimos de irradiación global media diaria es Icacal (12,16 MJ m-2).

De los mapas de isolíneas de irradiación global diaria, se puede observar que el valor medio de este parámetro, en todo el país, alcanza su máximo entre los meses de febrero, marzo y abril. Luego, dicho parámetro evoluciona de manera tal que disminuye hasta llegar a su mínimo entre junio y mediados de octubre.

La zonas del planeta con los niveles más altos de radiación solar son los cinturones comprendidos de las latitudes **15° N a 35° N**, en el hemisferio Norte y **15° S a 35° S**, en el hemisferio Sur. En estas zonas se encuentran las regiones del globo que poseen las condiciones más favorables en lo concerniente a las aplicaciones de la energía solar. La mayoría de los desiertos y de las regiones semi-áridas se encuentran ubicadas en estos cinturones. Más del 90 % de la radiación solar que reciben estas fajas, incide sobre la superficie, como radiación directa. Esta singular característica, ideal para la instalación de sistemas fotovoltaicos u otras aplicaciones de la energía solar, tiene su causa en la escasa cobertura nubosa y muy limitada precipitación que se produce entre las citadas latitudes. La heliofanía anual media que se registra en las zonas en mención es superior a las 3000 horas al año.

Arabia Saudita, que pertenece a uno de los cinturones citado en el párrafo precedente, es uno de los países con las condiciones más favorables en cuanto a las aplicaciones de la energía solar. El territorio de este reino se extiende desde la latitud de **17° N** hasta la latitud **32° N** y desde la longitud **35° E** hasta la longitud **50° E.** Sobre este vasto territorio se ha desplegado una red radiométrica constituida por 12 estaciones equipadas con piranómetros, pirheliómetros, radiómetros UV y estaciones meteorológicas. El análisis de los datos registrados por la red en mención han permitido establecer que el valor medio de la irradiación global diaria asciende, aproximadamente, a 6,03 kW h/m2, mientras que la irradiación global diaria máxima alcanza un valor de 6,8 kW h/m2 (Al - Athel, 1997). Esta cifra promedio es válida para todo el territorio de la península arábiga y su variabilidad es pequeña a lo largo del año. Los datos registrados por la red radiométrica de Arabia Saudita indican que este país recibe uno de los más altos niveles de radiación solar en todo el planeta. Si se comparan los valores de irradiación global media diaria registrados en cuatro de las cinco estaciones panameñas ubicadas en la vertiente del Pacífico (David, Los Santos, Panamá, Tocumen, Balboa) con la irradiación global media diaria correspondiente a Arabia Saudita, se observan condiciones relativamente favorables en lo concerniente a la disponibilidad de energía solar:

• *David:* se registra una irradiación global media diaria de 4,52 kW h/m2. En comparación con el valor de referencia de Arabia Saudita, la irradiación global media diaria registrada en David constituye un 75 % de disponibilidad de energía solar. A lo largo del año, la disponibilidad de energía solar en el sitio de David, oscila entre un 62 % y un 93 %.

• *Los Santos:* se registra una irradiación global media diaria de 4,20 kW h/m2. En comparación con el valor de referencia de Arabia Saudita, la irradiación global media diaria registrada en Los Santos constituye un 70 % de disponibilidad de energía solar. A lo largo del año, la disponibilidad de energía solar, en el sitio de Los Santos, oscila entre un 58 % y un 87 %.

• *Panamá:* se registra una irradiación global media diaria de 4,21 kW h/m2. En comparación con el valor de referencia de Arabia Saudita, la irradiación global media diaria registrada en el sitio de Panamá (Campus Central de la Universidad de Panamá), constituye un 70 % de disponibilidad de energía solar. A lo largo del año, la disponibilidad de energía solar, en el sitio de Panamá, oscila entre un 58% y un 86 %.

• *Tocumen:* se registra una irradiación global media diaria de 4,27 kW h/m2. En comparación con el valor de referencia de Arabia Saudita, la irradiación global media diaria registrada en Tocumen constituye un 71 % de disponibilidad de energía solar. A lo largo del año, la disponibilidad de energía solar en el sitio de Tocumen, oscila entre un 62 % y un 81 %.

• *Balboa:* se registra una irradiación global media diaria de 4,66 kW h/m2. En comparación con el valor de referencia de Arabia Saudita, la irradiación global media diaria registrada en Balboa constituye un 77 % de disponibilidad de energía solar. A lo largo del año, la disponibilidad de energía solar en el sitio de Balboa, oscila entre un 68 % y un 94 %.

El análisis de la serie de tiempo utilizada permite establecer que, en la vertiente del Pacífico de la República de Panamá, se observan los valores máximos de la irradiación global media diaria. El mapa de irradiación global media diaria muestra valores más altos en las siguientes zonas: David y Puerto Armuelles (provincia de Chiriquí), Panamá, Tocumen, Balboa (provincia de Panamá), península de Azuero (provincias de Herrera y Los Santos).

Los cinturones comprendidos entre el ecuador y las latitudes **15° N,** o bien, **15° S,** son regiones del planeta, moderadamente favorables en lo concerniente a las aplicaciones de la energía solar. Sin embargo, en estas fajas del globo, un gran porcentaje de la radiación solar que incide sobre la superficie, llega en forma de radiación difusa. Ello se debe a los altos niveles de humedad y a la elevada cobertura nubosa que se mantiene a lo largo de la prolongada estación lluviosa (cerca de 9 meses). En estos cinturones, la heliofanía anual media asciende, aproximadamente, a 2500 horas anuales. Panamá pertenece, precisamente, a uno de los cinturones antes mencionados.

En la **Fig. N° 4** se observa la gráfica que describe la evolución de la irradiación global media diaria para toda la República de Panamá.

Dada la extensión del presente trabajo, sólo se presentarán los mapas de heliofanía relativa correspondiente a los valores máximos que se observan durante los meses de enero, febrero y marzo: **Fig. N°5, N° 6 y N° 7**, respectivamente, así como también, los mapas de heliofanía relativa correspondientes a los valores mínimos que se registran en los meses de junio, julio, octubre: **Fig. N° 8, N° 9 y N° 10**, respectivamente. De igual manera sólo se presentarán los mapas de irradiación global media diaria correspondientes a los valores máximos que se registran durante los meses de febrero, marzo y abril: **Fig. N° 11, N° 12 y N° 13**, respectivamente, así como también, los mapas de irradiación global diaria correspondientes a los valores mínimos que se registran durante los meses de junio, julio y octubre: **Fig. N° 14, N° 15 y N° 16**, respectivamente.

CONCLUSIONES

El istmo de Panamá está ubicado en la segunda zona latitudinal más favorable en lo que concierne a la disponibilidad de energía solar. Como consecuencia de este hecho, la República de Panamá posee un gran potencial de energía solar, con vastas aplicaciones, como recurso alterno, en diversas regiones del país. No obstante, como ya ha sido planteado en el presente trabajo, las zonas con un mejor perfil son las ubicadas en la vertiente del Pacífico.

Las isolíneas de heliofanía relativa, correspondientes a la República de Panamá, muestran que los valores de este parámetro presentan algunas diferencias en su distribución, tanto espacial como temporal. A lo largo del litoral Pacífico se registran los valores más altos del parámetro en mención, particularmente en los siguientes sitios: David, Los Santos, Burica Centro, Antón y Tocumen. El valor medio de la heliofanía relativa diaria en la vertiente del Pacífico asciende a 0,474 (47,4 %) mientras que en la vertiente del Caribe es de 0,337 (33,7 %). En los sitios ubicados en la zona central del país, el valor medio de la heliofanía relativa diaria es de 0,433 (43,3 %). Los valores medios más bajos de la heliofanía relativa se registran en los sitios ubicados en el litoral Caribe: Bocas del Toro (0,360), Icacal (0,365) y Calovébora (0,309). La heliofanía media diaria correspondiente a los sitios en mención asciende a los valores siguientes: 4,30 horas, 4,40 horas, 3,71 horas, respectivamente.

En la mayoría de las zonas pertenecientes a la vertiente del Caribe, el valor medio de la heliofanía diaria es inferior a 4,1 horas. Un factor que ejerce influencia sobre la heliofanía registrada en los diversos sitios de medición, es el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), como consecuencia de lo cual se genera una alta cobertura nubosa que incide en la disminución de la duración efectiva de luz solar, en particular, durante gran parte de la estación lluviosa.

Las zonas de más alta irradiación solar global se encuentran en el litoral Pacífico de la República de Panamá. Las isolíneas de irradiación global media diaria muestran que los sitios en donde se registran los niveles más altos son los siguientes : David (provincia de Chiriquí), Los Santos (península de Azuero), Ciudad de Panamá, Balboa y Tocumen (provincia de Panamá). De acuerdo con los mapas de irradiación global media diaria, los valores más bajos de este parámetro, en el país, se presentan en las zonas del litoral Caribe.

El presente estudio demuestra que la República de Panamá posee una gran disponibilidad del recurso energético solar. Como ya ha sido expuesto, al comparar los valores medios de irradiación global diaria correspondientes a los sitios de monitoreo ubicados en la vertiente del Pacífico con la que se registra en la península arábiga, se ha podido establecer que la disponibilidad, en los sitios en mención, es de alrededor del 73 % del valor de referencia (Arabia Saudita).

SUMMARY

ELABORATION OF MAPS OF GLOBAL SUNSHINE AND OF RELATIVE SUNSHINE IN THE REPUBLIC OF PANAMA.

The use of solar energy in a country requires as basic information the knowledge of the availability of this energetic resource which can be obtained by means of the maps of relative sunshine and mean values of daily global irradiation.

In this paper, mean values of daily relative sunshine isolines and mean values of daily global irradiation isolines, corresponding to the Republic of Panama are presented. In the making of these maps, the data was collected from meteorological stations belonging to Electrical Transmission Enterprise (ETESA), the Panama Canal Authority and the Laboratory of Atmospheric Physics of the University of Panama. The method of interpolation was kriging and the software used was Surfer 8.0.

KEY WORDS

Isolines, sunshine, irradiation, interpolation, kriging.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a los meteorólogos y técnicos del Departamento de Hidrometeorología y Estudios de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA), así como también al personal técnico de la Sección de Meteorología de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), por el valioso apoyo brindado a los investigadores del Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Panamá, en lo concerniente al suministro de los datos que permitieron culminar el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R., 1996. **IV Curso de Energía Solar Estatística da Radiaçao Solar.** 96 pp. Departamento de Energías Renováveis. INETI. Portugal.

AL-ATHEL, S., 1997. Solar energy in the Kingdom of Saudi Arabia. **International Journal of Global Energy Issues,** Vol. N° 1, 53-67.

AHRENS, D., 1982. **Meteorology Today.** West Publishing Company, Minneapolis, 592 p.

ATLAS NACIONAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ, 1988. Panamá, Tercera Edición, Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia".

CHAUVET, P., 1994. **Aide-Mémoire de Géostatistique Minière.** École de mines de Paris, France, 112 p.

CRITCHFIELD, H., 1974. **General Climatology.** Prentice Hall International, Inc. London, Third Edition, 446 p.

DOGNIAUX, R., 1994. **Prediction of Solar Radiation in Areas with a Specific Microclimate.** Editorial Klumer, Academic Publishers, Holanda, 107 p.

GROSSI, H., RIGHINI, R., 2002. Alternativas para una Evaluación Preliminar del Recurso Solar en Zonas Aisladas de Latinoamérica. **Energías Renovables y Medio Ambiente,** Vol. 10, p. 9 - 14.

IQBAL, M., 1983. **An Introduction to Solar Radiation.** Academic Press, Ontario, Canada, 389 p.

JOURNEL, A. G., HUIJBREGTS, C. J., 1978, **Mining Geostatistics,** Academic Press, New York, 600 p.

KARNER, O., KEEVALLIK, S., 1993. **Effective Cloud Cover Variations.** A. Deepak Publishing. Hampton, Virginia, USA, 212 p.

KREITH, F., KREIDER, J., 1978. **Principles of Solar Radiation.** Mc Graw-Hill, Book Company, New York, p 778.

OLIVER, M.; WEBSTER, R., 1990. A method of interpolation for geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems** 4(3): 313-332

PINO, A., GUERRA, S., SÁNCHEZ, N., ESPINOSA, J., 1997. Determinación de los Coeficientes de Regresión del Modelo de Ångström-Page para la Provincia de Panamá. Revista **Tecnociencia,** Universidad de Panamá, Vol. 1, N° 1, 117-36.

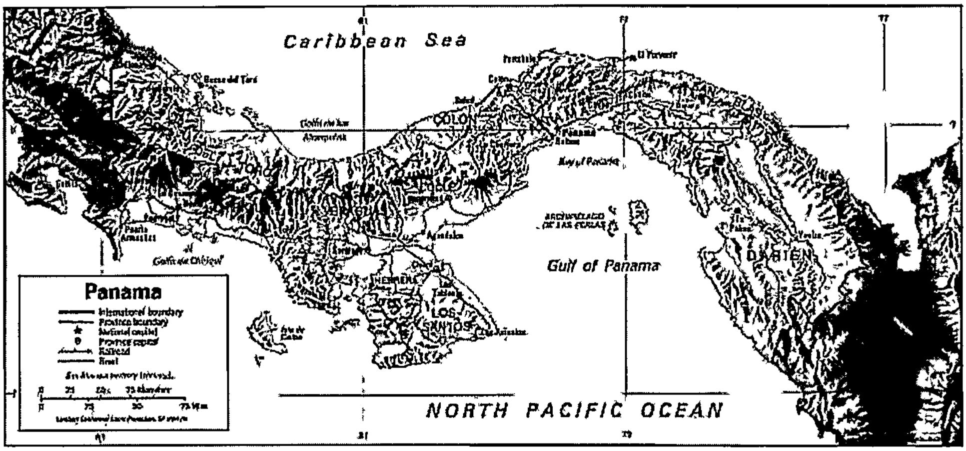


FIG. N° 1. Mapa de la República de Panamá

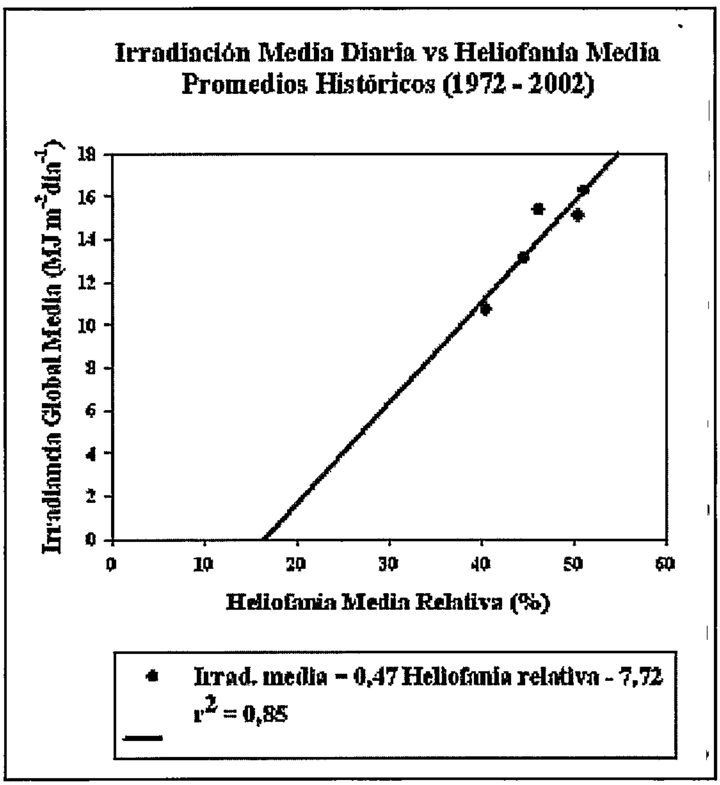


FIG. N° 2. Correlación entre los promedios históricos de Irradiancia global media y Heliofanía media

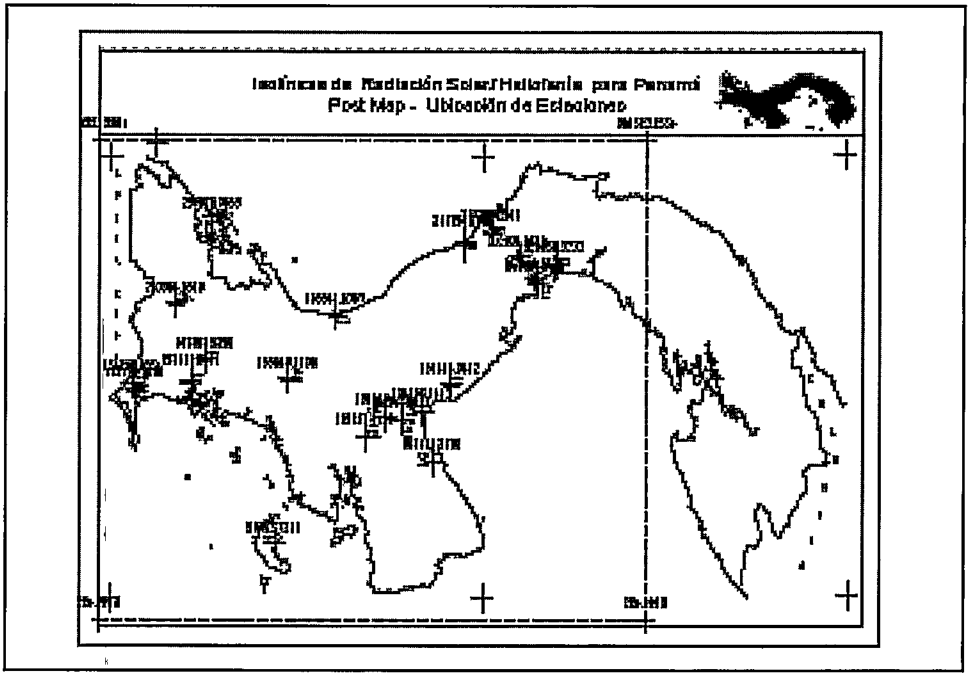


FIG. N° 3. Mapa Geo referenciado de la República de Panamá
Ubicación de la Figura: Pág. 16, tercer párrafo, línea 2

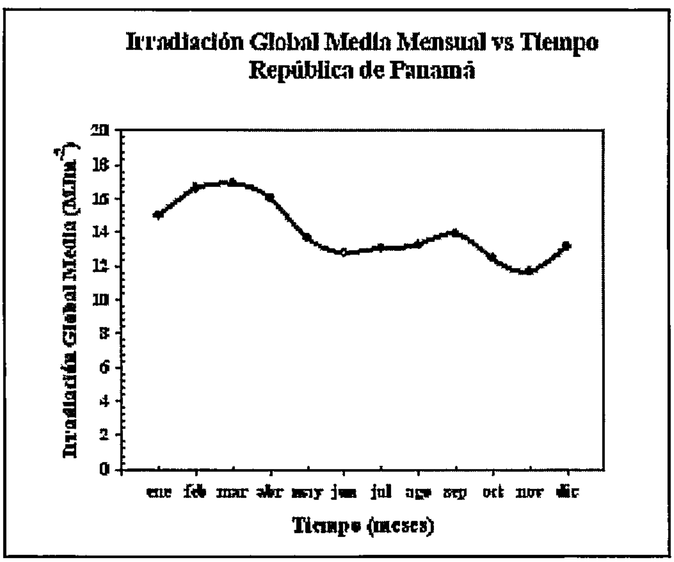


FIG. N° 4. Gráfica de la Irradiación Solar Global Media correspondiente a la vertiente del Pacífico de la República de Panamá.

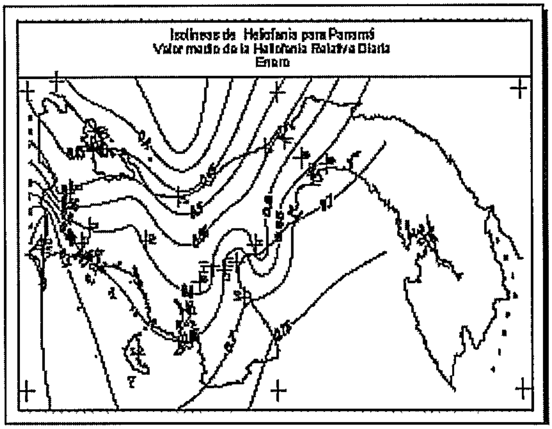


FIG. N° 5. Heliofanía relativa: mes de enero

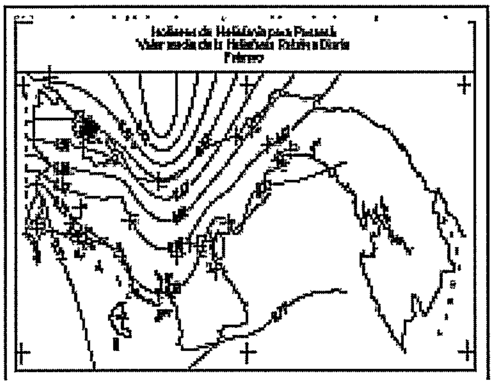


FIG. N° 6. Heliofanía relativa: mes de febrero

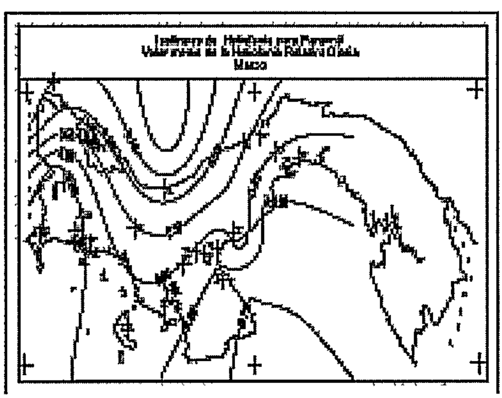


FIG. N° 7. Heliofanía relativa: mes de marzo

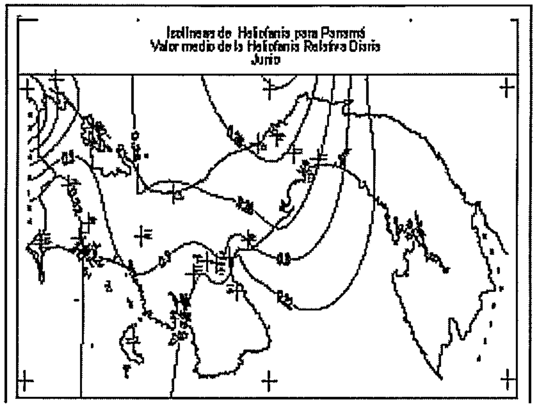


FIG. N° 8. Heliofanía relativa: mes de junio

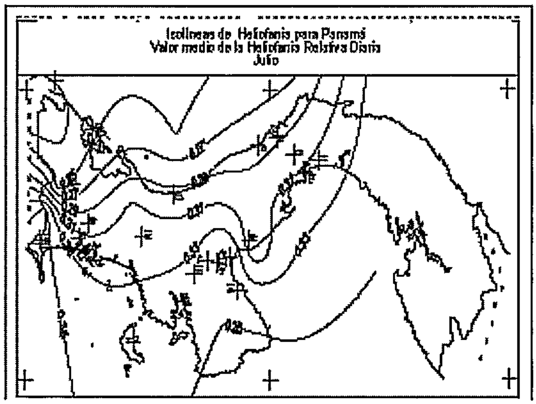


FIG. N° 9. Heliofanía relativa: mes de julio

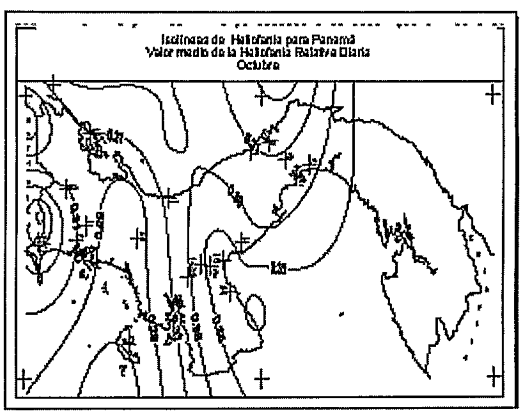


FIG. N° 10. Heliofanía relativa: mes de octubre

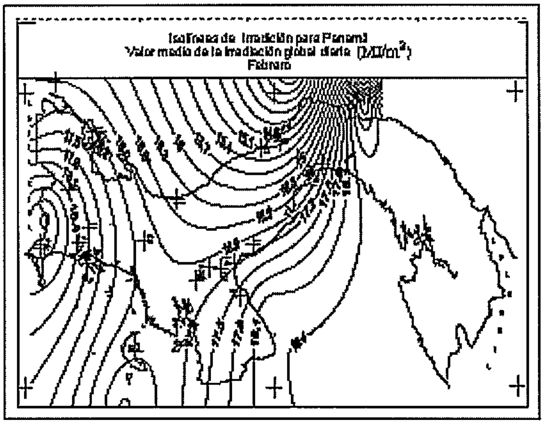


FIG. N° 11. Irradiación media diaria: mes de febrero

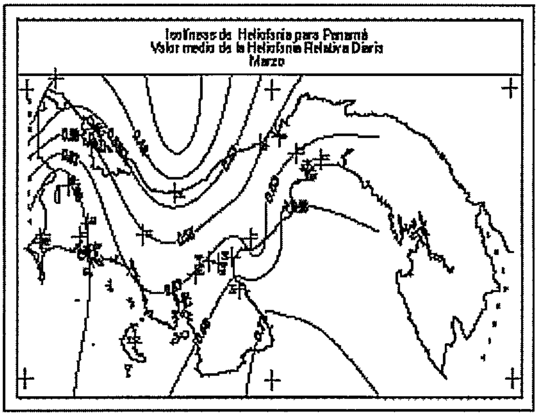


FIG. N° 12. Irradiación media diaria: mes de marzo

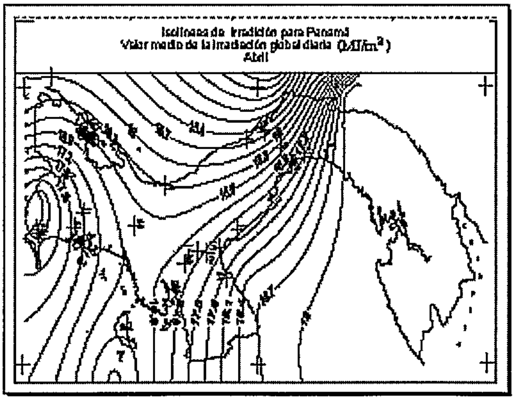


FIG. N° 13. Irradiación media diaria: mes de abril

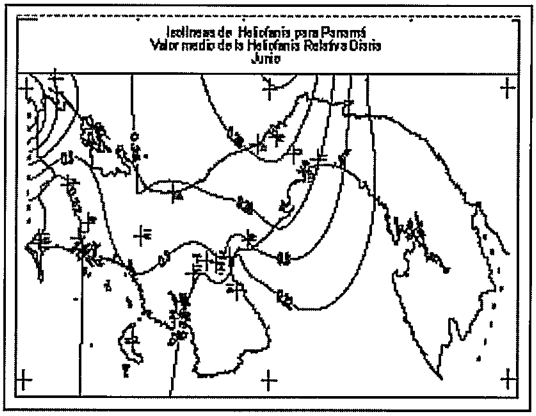


FIG. N° 14. Irradiación media diaria: mes de junio

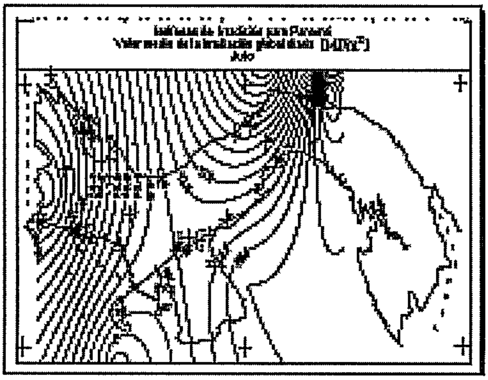


FIG. N° 15. Irradiación media diaria: mes de julio

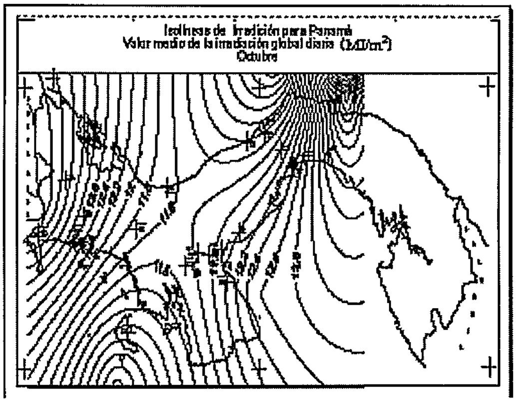


FIG. N° 16. Irradiación media diaria: mes de octubre

Scientia (Panamá), 2005, Vol. 20, N° 2, 39-57

2

APROXIMACIONES ANALÍTICAS Y NUMÉRICAS EN TÉCNICAS DE MEDICIONES ÓPTICAS Y OTRAS, Y GENERALIZACIONES EN EL ESTUDIO DE POLVOS Y EN LA ECOLOGÍA

STANKO OSTOJIO [1], MILESA SREÓKOVIC [2], ZELJKA TOMIC [3], HERRERA NAGELY [4] PREDRAG JOVANIC [5], y LJUBOMIR VULICEVIC [6]

[1] Facultad de Tecnologías y Metalúrgica, Belgrado, Karnegijeva 4, stankos@afrodita.rcub.bg.ac.yu.
[2] Facultad de Ingeniería Eléctrica, Kralja Alekandra 73, Belgrado.
[3] IRITEL A.D., Belgrade.
[4] Empresa de Servicios Comunales, Nova Varos.
[5] ITNMS, Franse d' Ejerea 86, Belgrado.
[6] Facultad Técnica de, •a•ak, Serbia et Monte Negro.

RESUMEN

Las partículas microscópicas, ante todo los polvos, que son de importancia en muchas actividades, representan un severo campo de investigaciones en lo teórico, la metrología y especialmente en la práctica. La exactitud de las suposiciones y de la adquisición de datos son de gran importancia en los campos de la ecología, medicina, utilidades, en usos comerciales, industriales, etc. En este material se presentan ciertos delineamientos sobre la distribución de polvos, ciertos puntos de vista analíticos y numéricos que brindan los métodos modernos de elaboración de datos y, algunas soluciones prácticas.

PALABRAS CLAVES

Polvos, tamaños de las partículas, ecología, control remoto, métodos de detección LIDAR, metrología.

INTRODUCCIÓN

Hace varias décadas que la humanidad ha tomado la preocupación por el medio ambiente y por las condiciones de la vivencia cotidiana, incluyendo las condiciones laborales. Lo que significa que hay un mayor control ante las contaminaciones de aire, agua, alimentos y suelos, y contra los peligros de sustancias tóxicas, radioactivas, inflamables, al igual que de aquellos materiales y productos de algunas tecnologías que son considerados como indeseables. En los medios de comunicación e informaciones se presentan muchos y diversos textos acerca de «finos peligrosos polvos metálicos», aerosoles, huecos en la capa del ozono, etc. Toda una gama de profesionales se dedica al control y verificaciones de los valores de concentración permitidos, haciendo uso de procedimientos estándar. Como complemento hay quienes se dedican a problemáticas concretas y tratan la medición de determinado parámetro valiéndose de procedimientos más rápidos y sofisticados. Por tanto, tenemos diferentes intervalos de valores permisibles para ciertos parámetros, lo que puede representar perjuicios en algunos países, continentes o grupos de aquellos. No hay que olvidar el dinamismo en la composición ecológica y metrológica en la atmósfera y que, dependiendo del grado de industrialización del lugar, existen diferentes datos macroscópicos. Esperamos que desde 2005 se introduzca en Europa un sistema de monitor global de partículas suspendidas, aerosoles y polvos finos, los cuales pueden contener muchos elementos tóxicos-incluyendo metales pesados. Existe toda una serie de métodos (cuya aplicación se investiga y experimenta en diversos laboratorios), para el control de constituyentes particulares, siendo estos elementos o compuestos. Se aplican métodos basados en la física, física química o en la química física, generalmente relacionados a la detección y elaboración de señales eléctricas. La tendencia moderna se inclina hacia complejos sistemas de determinación de datos a distancia (LIDAR y otros). Sus bases son los métodos de dispersión y absorción de la radiación coherente[1,2] existiendo ya aplicaciones montadas en observatorios, y diversos objetos voladores, representando ello una posibilidad de monitoría permanente. Toda una serie de artefactos basados en la espectroscopia y sus métodos lineales o no lineales, son capaces de medir valores muy pequeños o rastros. Los límites han bajado de ppm a ppb, y menos. Sin embargo, los costos de estos instrumentos son indudablemente enormes y, por tanto, fuera del alcance de muchas localidades. Además, para determinados controles existen técnicas de medición prescritas. Hágase aquí la observación de que, para la introducción del metro en la metrología estándar, con el uso del láser pasaron varias décadas aunque hubo muchas sugerencias al tiempo de las primeras obtenciones de efectos estimulados y de los láseres como generadores cuánticos [3-7].

Las partículas son peligrosas no sólo por su naturaleza química sino por sus dimensiones, sin existir en la bibliografía un unísono sobre la relación peligros-tamaño de partículas.[8]. Algunos señalan que, para las partículas mayores a los 30μm, el organismo humano posee un sistema de defensa natural. Todas las partículas menores a los 10μm son peligrosas porque penetran hasta los alvéolos pulmonares. Los mineros, los trabajadores en excavaciones, en las fábricas de cemento y otras instalaciones industriales con presencia de altas polvorientas, están especialmente expuestos a peligros. Las formas de miniaturización modernas y las técnicas de componentes microelectrónicos tienen también su clasificación identificando partículas en márgenes hasta los 5 μm.

En el aire a menudo se muestra que, en las regiones industriales, la contaminación con metales pesados y arsénico es diez y más veces superior a lo permisible. Son frecuentes las contaminaciones del agua con el arsénico. En la construcción urbana, de carreteras, represas, en las centrales hidráulicas y térmicas, en el mantenimiento de pozos, acueductos y alcantarillados, pueden estar presentes gotas y polvos de naturaleza tóxica o de tal tamaño que sean un peligro para los empleados. Lo mismo se podría aludir en torno a la construcción de altas edificaciones.

Se tienen referencias de serias investigaciones acerca de los peligros de ingerir partículas de diferentes tamaños, respirando por la boca o la nariz, atendiendo procesos de sedimentación y difusión en el organismo, considerando diversos indicadores, como, por ejemplo, la velocidad de inspiración por segundo, o la capacidad pulmonar, [8]. Este autor muestra que las partículas difunden apenas al ser menores de 1μm. El proceso de difusión aumenta casi en forma lineal al disminuir el tamaño.

Sería lo ideal que la industria desarrollada, siendo ella un contaminador del medio ambiente actualmente, no esté en contra de los mayores productores de alimentos.

En este material se hace un bosquejo de los métodos existentes para el control de las micro partículas elegidas. Se hace un repaso de los problemas durante la elaboración estadística, combinando con el aparato matemático. En algunos casos debe subrayarse la técnica de medición, mientras que en otros debe hacerse uso del mayor número de generalizaciones. La interpretación y el modelo con funciones matemáticas se hacen comúnmente con estadísticas conocidas, como, por ejemplo, la de Gauss con muestras grandes, la cual se ha utilizado para el análisis de ciertos polvos específicos.

Técnicas de medición para la descripción de partículas.

Los métodos de dispersión de la luz (estáticos y dinámicos) existen desde hace años en diversas modalidades, ya sea como mediciones integrales, angulares, como mediciones a bajos ángulos, mediciones controlando la polarización, o mediciones basadas en la interpretación de datos de masa o coeficientes de difusión.

La interpretación de datos obtenidos con mediciones de dispersión de la luz coherente es un campo muy complejo porque los casos en la naturaleza son muy diversos.

Otras técnicas paralelas modernas que arrojan ciertos parámetros estándar de definición de partículas, describen e identifican partículas con métodos físicos y químicos, entre ellos la prueba y el microanálisis de (Auger), la EELS – espectroscopia de la pérdida de energía del electrón, la SEM – (scanning electrone) microscopia de detección del electrón, la AEM – microscopia analítica del electrón, la SIMS – espectroscopia de la masa del ion secundaria ó microanálisis del ion, la MRS – espectroscopia micro de Raman, el EPMA – microanálisis del electrón, el LAMMA – análisis con láseres de la masa de una micromuestra, o el análisis con la fluorescencia de los rayos X – XRF. [8]

Dependiendo, como se ha dicho, del lugar y las actividades, existe toda una serie de normativas vinculadas a técnicas de medición y control estrictamente definidas, como lo es en el control del medio laboral en la industria, las minas, las mayores instalaciones, y en el control del medio ambiente.

Toda una serie de técnicas estándar de medición de las características de aerosoles y de partículas se basan en la toma de muestras y no en las técnicas de distanciamiento.

Por ejemplo, la precipitación termal, la precipitación electrostática con su geometría de punto-superficie, los métodos con filtrados, las separaciones por gravitación y fuerzas inerciales (la centrífuga y la elutracia). También, es común la medición de partículas electrizadas mediante selección cumulativa o de forma discreta o por componentes de difusión o por autoradiografía y similares de ésta (métodos traces,. ..).

Finalmente, los parámetros ópticos de los aerosoles, polvos y materiales en general ofrecen posibilidades de control óptico y de a distancia, como los LIDAR

(DIAL, COLIDAR, LADAR, etc.), existiendo muchas subdivisiones de los tipos de métodos ópticos esencialmente semejantes en que determinando constantes ópticas obtienen lo buscado [7-14].

La problemática de la elaboración de las señales

Aquí hay muchas formas de acceder a la elaboración de los datos – señales – obtenidos en las mediciones pero, aunque siendo de importancia para muchas ciencias, como es el caso de los objetos micro, todo recae en algunas cuantas distribuciones, dándole a la metrología-física cuántica un papel especial [15,16]. En el caso de englobar un mayor número de distribuciones, se presentan las siguientes tareas:

a) darle generalizaciones a ciertas de las conclusiones,
b) en ciertos casos valerse de accesos sofisticados, como, por ejemplo, la experimentación con un número pequeño de muestras, o tomar en consideración neregulares formas de partículas–formas esféricas o cilíndricas, perturbaciones de diferentes campos físicos, la influencia del equipo (que en sí tiene cierta generación de soluciones técnicas), la influencia de cómo seleccionar las muestras, la tecnología, etc.

La identificación de procesos químicos con intercambios de calor o masa, o la identificación de procesos térmicos heterogéneos se efectúan con el uso de materiales sólidos en estado de polvos. Todos los años, en la química y otros ramos de la industria, cientos de millones de toneladas de materiales obtenidos como “partículas” gruesas se dan a tratamientos de elaboración mecánica. El molido representa el estado básico de tal elaboración, lo que consume 5 a 7% de energía en los países de alto desarrollo electroenergético. Además, después de la molienda, en los polvos obtenidos hay partículas que están lejos de corresponder a las exigencias del flujo efectivo en diversos procesos. Por estas razones y, ante los aumentos de pérdidas de energía, en todas las líneas de materiales en polvo se establecen aparatos especiales-los clasificadores, que tiene la finalidad de dividir el polvo de entrada en al menos dos partes-una con partículas mayores y la otra de polvo fino, ello tomando en cuenta las dimensiones de las fracciones en la distribución de las partículas [17].

La importancia de los generadores de partículas, artefactos para la obtención de vapores, de gases de desecho, aumenta en las tareas generales de la optimización de un proceso de medición, o de un proceso controlado. Aquí entran las tareas de aerodinámica, de la dinámica de fluídos, de las técnicas de análisis no destructivos de flujos (como la LDA-anemometría Laser Doppler), donde las partículas demarcadoras entran a un primer plano [18,20].

Un clasificador en su labor debe cubrir todo lo aludido, especialmente al definir la regla de que o se debe aumentar la eficiencia de la elaboración o la exactitud de la medición.

Los clasificadores están en uso en diversos procesos y en la obtención de productos finales independientes (a modo de semifabricado). Los primeros clasificadores aerodinámicos fueron patentados en dos direcciones: hacer separaciones usando las fuerzas aerodinámicas y la de la gravedad, o usando las fuerzas aerodinámicas y las inerciales (ésto por medios químicos u otros).

Las industrias mayores han tenido preferencias hacia la productividad y la eficiencia de sus procesos, habiendo implementado muchos esfuerzos en los campos de la optimización, las técnicas de medición, adaptación de los métodos de trabajo, y la aerodinámica, para lograr con grandes éxitos sus operaciones finales. En ello, las técnicas de medición ópticas fueron ganando en importancia. En algunas actividades se exigen por lo menos dos o tres atributos de las partículas. Algo así comparado con las investigaciones más detalladas que exigen la definición de hasta 80 parámetros [21-25] significa que al determinar menos indicadores la fiabilidad de los productos finales debe ser mayor al definirlos con dos o tres parámetros. Aunque los materiales estándar en formas de partículas ganan cada vez más valor, la exactitud de sus dimensiones debe determinarse usando las técnicas, dinámicas o estáticas, de la dispersión de la luz.

Las tendencias de la globalización exigen nuevos estándares, más rigurosos, en la definición de productos. Para ello, en cierto momento del proceso, los métodos de simulación juegan un gran papel.

LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS

Generalización de la distribución log-normal

La consideración de la distribución de partículas, como, por ejemplo, la de las que determinan algunos de sus parámetros, utiliza a menudo la distribución logarítmica (log normal). La forma analítica de la distribución es indispensable porque ella es comúnmente un resultado intermedio en el análisis de polvos, micelas, coloides, aerosoles, etc. En el caso que sea interesante añadir a los resultados experimentales (de cuadros o histogramas) una forma analítica de distribución de tal manera que el valor medio de un parámetro se mantenga constante (puede ser una superficie promedio, o el volumen, o la electricidad superficial efectiva), es aplicable la distribución logarítmica generalizada, de tres parámetros. Uno de los parámetros (r_n) es el valor medio de algún parámetro del conjunto, y dependiendo de qué tipo sea el parámetro aludido, cuyo valor medio debe quedar invariable, se accede a calcular el respectivo valor del orden (n) de la distribución logarítmica generalizada. Al tercer valor ($\frac{1}{10}_n$) se le hacen cambios hasta encontrar el mejor ajuste, que puede ser sencillo y cualitativo teniendo presente que el cambio de ese tercer parámetro no influye en el valor medio en seguimiento [26,27].

La distribución logarítmica (log-normal) o la distribución logarítmica de orden cero son casos especiales de la familia general de distribuciones asimétricas representadas por la expresión:

$$P_n(r) = C_n\, r^n \exp\left[- \frac{(\text{In}\, r - \text{In}\, r_n)^2}{2 \frac{1}{10}{}_n^2}\right] \qquad (1)$$

La C_n es el factor para normalización. La cantidad r_n en casos especiales representa una de las cualidades principales de la distribución: la mediana, el valor modal o el valor medio.

Para determinar C_n se usa la condición para la normalización:

$$\int_o^4 P_n(r)\, dr = 1 \qquad (2)$$

Utilizando las propiedades de la función G se obtiene la distribución logarítmica generalizada:

$$P_n(r) = \frac{r_n \exp\left[- \frac{(\text{In}\, r - \text{In}\, r_n)^2}{2 \frac{1}{10}{}_n^2}\right]}{\sqrt{2 \sqrt[4]{12}}\, \frac{1}{10}{}_n\, r_n^{n+n}\, e^{\frac{(n+1)^2 \frac{1}{10}{}_n^2}{2}}} \qquad (3)$$

Para n = -1 se obtiene la distribución logarítmica normal (r_n representa la mediana), mientras que para $n = 0$ se tiene la logarítmica de orden cero (r_n representa el valor modal). El valor medio del parámetro, de naturaleza de longitud, diámetro o la diagonal, se define como:

$$(r) = \int_{o}^{4} r \; p\,(r) \;\; dr \qquad (4)$$

Resolviendo la integral se tiene:

$$(\mathrm{r}) = \mathrm{r}_{\mathrm{n}} \exp \left[\frac{(2\mathrm{n}+3)\,\frac{1}{10}{}^{2}_{\mathrm{n}}}{2} \right] \qquad (5)$$

Para $n = -\,3/2$ es $r = r_n$, que se puede dar por adelantado sin importar la selección de $\frac{1}{10}{}_n$, el cual puede variar libremente enfocando que el ajuste resulte lo mejor posible.

Gracias a análisis análogos, para que se sostenga invariante el *(S)* (cantidad con propiedad de superficie), en el caso de las partículas esféricas se tiene que:

$$(S) = 4 \; 4\sqrt{12}\int_{o}^{4} r^{2} \; P_{n} \; (r) \;\; dr \qquad (6)$$

y $\quad n = -2$

Para un volumen promedio invariante, sería:

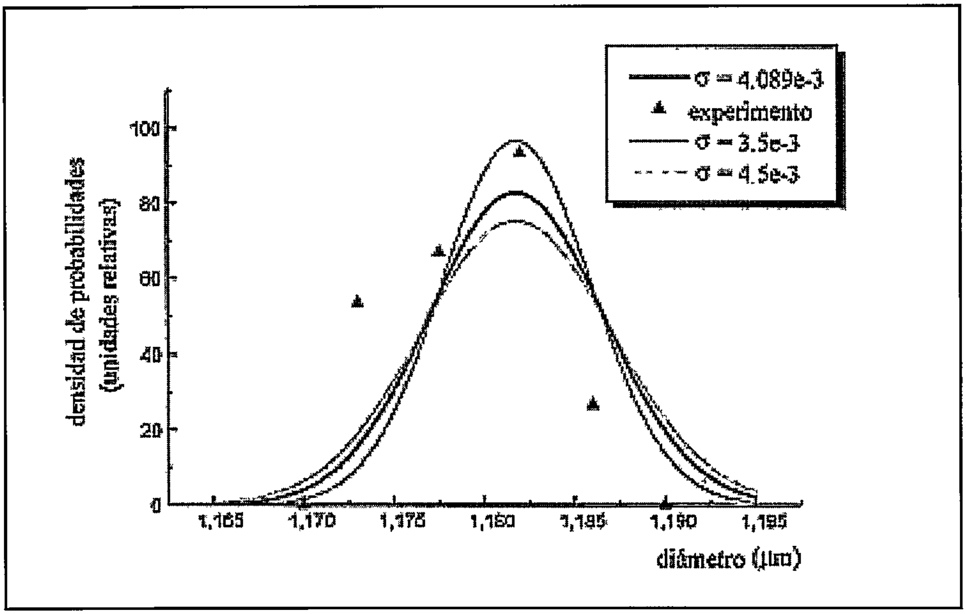
$$(\mathrm{V}) = \frac{4}{3} \; 4\sqrt{12}\int_{o}^{4} r^{3} \; \mathrm{P}_{\mathrm{n}} \; (r) \, \mathrm{dr} \qquad (7)$$

y adoptar $n = -\,5/2$.

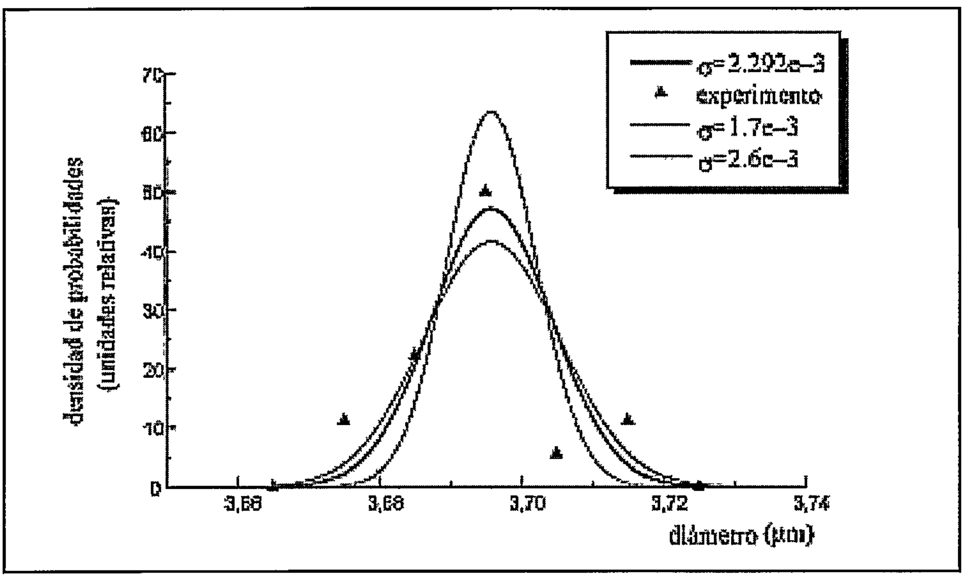
Estos son ajustes hechos para la distribución de polvos finos, obtenidos en el experimento [29], siendo lo anterior un ejemplo de mostrar la interpretación de los resultados de ciertas mediciones, además de mostrar algunos de los polvos sobre los que ha sido confirmada la generalización.

Experimentos y simulaciones

Ajuste de los datos experimentales para los materiales en polvo: a) *Si C* y b) el monocristal $Bi_2\,Fe_4\,O_9$, usando de la logarítmica generalizada, para diversos valores de la $\frac{1}{10}$, se presentan en las imágenes N° 1 y N° 2. Los materiales fueron producidos por diferentes tecnologías en laboratorios locales, [26,28,29].



N° 1. Ajuste de datos experimentales del *Si C* en polvo, aplicada la distribución logarítmica generalizada para diferentes valores del parámetro $\frac{1}{10}$.



N° 2. Ajuste de datos experimentales del monocristal Bi_2 Fe_4 O_9 en polvo, aplicada la distribución logarítmica generalizada para diferentes valores del parámetro.

Las distribuciones mostradas en las imágenes correspondientes a finos polvos [30], fueron obtenidas por cuantificadores de informaciones visuales, y valiéndose de las imágenes SEM [26,27]. En las imágenes 1. y 2. los ajustes fueron hechos con la suposición $n = -3/2$, manteniendo,como se dijo, constante el valor medio del diámetro de las partículas para cada elección del valor $\frac{1}{10}$. La línea más gruesa muestra la curva para el $\frac{1}{10}$ que mejor se ajusta a los datos experimentales.

La distribución de Rosin-Rammler

La producción de cementos, de aerosoles medicinales, de vaporizadores, de insecticidas, la combustión de hidrocarburos en las turbinas de gas, procesos en las salas metalúrgicas, en las instalaciones laminadoras, en la producción de polvos metálicos, en las obras de fraguado, en los productos de combustión, y en muchos otros procesos industriales, en las mediciones y controles de partículas, ante la gran variedad de métodos de con o sin incursión, los métodos ópticos prevalecen, basándose en los efectos de dispersión y difracción de la luz del láser bajo ángulos pequeños. Los valores estimados de las dimensiones de las partículas obtenidos por otras técnicas, como la SEM, pueden servir para elegir el diseño o la selección del correspondiente equipo de dispersión del láser.

El problema principal en la aplicación de esta tecnología es la operación inversa, con la que se permitiría la distribución de tamaños con base en las figuras de difracción. Una de las soluciones es adoptar una forma de distribución por adelantado, por ejemplo la de Rosin-Rammler (definible con dos parámetros).

Métodos de simulación

Los simuladores basados en la simulación numérica del problema se desarrollan en dos direcciones, la distribución integral (cumulativa), o la diferencial.

La función integral R (□⇉ , conocida también como la curva de restantes, que rinde la cantidad de partículas en la muestra en que el parámetro es mayor a □, se define de la siguiente manera:

$$R(0) = 1 \qquad (8)$$

$$R(\square\ 6\ 4\ ) = 1 \qquad (9)$$

Con ello, entre los posibles 80 parámetros hay que seleccionar los relevantes, teniendo en cuenta que ninguno puede tener valor 0 o 4. La noción de dimensiones es cuestionable, y hay que añadirle un significado topológico.

Serán los modelos matemáticos lo principal para la formulación de las teorías correspondientes. Las dificultades se presentan al tener que vincular las situaciones reales y las condiciones limitadoras, la vinculación de las exigentes definiciones matemáticas con las imposibilidades físicas – con traspasos agudos y muy inclinados.

Por adelantado no se conocen las composiciones granulométricas, en las que influyen el proceso de separación (que determina la masa), y la composición del flujo que recircula. En la interpretación estadística correspondiente hay que tomar en cuenta la forma en que prácticamente se obtienen las micro partículas, incluyendo los generadores de partículas- los cuales ofrecen una amplia variedad de tamaños y cualidades de las agrupaciones. El modelado puede facilitar una reducción de gastos en el proceso de producción, lo que le da a las simulaciones alta importancia. El modelado matemático se fundamenta en la teoría de las probabilidades, siendo muy importante en qué forma se hacen las fracciones de los polvos.

Entre las funciones de distribución de los compuestos granulométricos la más común es la Rosin-Rammler, con sus parámetros b i n_R:

$$R(\square) = \exp(-b\,\square^{nR}) \qquad (10)$$

En sus comienzos la distribución fue una pura aproximación de los datos experimentales, pero después fue obtenida teóricamente en ciertos procesos de transformaciones de composiciones granulométricas de polvos. La distribución siempre satisface las condiciones (8) y (9).

La función de distribución es:

$$f(\square) = -\frac{dR}{d\square} = \exp(-b\,\square^{n_R})\, bn_R\, \square^{n_R} - 1 = Rbn\,R\,\square^{n_R} - 1 \qquad (11)$$

Representando la densidad de probabilidad de que el diámetro, dimensión característica de la partícula, se encuentre en el intervalo ($\square$, $\square + d\,\square$).

Según la definición de la forma diferencial de la distribución, el número de partículas con diámetros en el intervalo ($\square_1$, $\square_2$) es la integral:

$$\int_{\square_1}^{\square_2} f(\square)\, d\,\square$$

y la condición con la que se expresa la normalización:

$$\int_{0}^{4} f(\square)\,d\square \ast \smile$$

Por tanto, el enlace entre las distribuciones integral y diferencial es:

$$R(\square) = \int_{0}^{4} f(\square)\,d\square \qquad (14)$$

La intensidad de la luz difractada sobre una partícula esférica, bajo un ángulo q, es dada teóricamente por:

$$I(\text{6)39}) = I_0 \left[\frac{2J_1 \left[\frac{2\text{4)12}\square \sin \text{6)39}}{\text{2)21}} \right]}{\frac{2\text{4)12}\square \sin \text{6)39}}{\text{2)21}}} \right]^2 \qquad (15)$$

donde son J_1, el primer orden de la función de Bessel y 2)21 la longitud de onda. Además, siendo s la distancia hasta el eje óptico y f la distancia focal de la lente utilizada, es sin 6)39 $\ast\, s \,|\, f$.

El método de determinación de los parámetros de la Rosin-Rammler se basa en la simulación numérica del problema. Es decir, la intensidad total de la luz difractada desde la nube de partículas es la suma de las intensidades medidas correspondientes a las partículas de la aglomeración. Esa intensidad se puede expresar de la siguiente manera:

$$I(s) = K \int_{0}^{4} \left[\frac{J_1 \left[\frac{2\text{4)12}\square s}{\text{2)}\mathcal{J}f} \right]}{\frac{2\text{4)12}\square s}{\text{2)}\mathcal{J}f}} \right]^2 f(\square)\,d\square \qquad (16)$$

1. ANTECEDENTES

1.1. OLIMPIADAS NACIONALES

En Panamá, en el año 1977, tuvo lugar la primera competencia matemática en la provincia de Chiriquí y posteriormente se realizaron competencias metropolitanas y nacionales.

Durante 1999 y 2000 se reestructuró la Olimpiada Nacional. Se le cambió de nombre, y de Olimpiada Nacional de Matemática pasó a llamarse Olimpiada Panameña de Matemática. Pero el cambio no sólo fue de nombre, se adecuaron las pruebas para que comprendieran tres niveles: Primer Nivel para estudiantes de séptimo y octavo grado; Segundo Nivel para los estudiantes de noveno y décimo grado y Tercer Nivel para los que cursan lo dos últimos años de educación media. La filosofía que guía a la Olimpiada Panameña de Matemática era que la matemática es divertida.

La Olimpiada Panameña de Matemática es una actividad de extensión que organiza y desarrolla la Comisión de Olimpiada Panameña de Matemática, del Departamento de Matemática, de la Universidad de Panamá. La Olimpiada se realiza a través de una prueba que se aplica en el ámbito nacional y participan estudiantes de colegios oficiales y particulares. La Olimpiada Panameña de Matemática tiene como objetivo primordial despertar en el joven el interés por el estudio de la matemática.

La **Prueba de Olimpiada** propone quince problemas de selección múltiple para ser desarrollados en dos horas. La solución de los problemas presentados en la prueba no requiere de un cúmulo de conocimientos, sino la aplicación de conceptos y técnicas de matemática elemental con un toque de ingenio, imaginación y creatividad.

1.2. OLIMPIADAS INTERNACIONALES

Las olimpiadas matemáticas tienen varias décadas de existencia y se iniciaron en las competencias matemáticas del siglo XIX de los países europeos. Desde 1894, estudiantes húngaros en sus últimos años de educación media, participaron en la prueba Eötvos. En 1959, Rumania fue la sede de la primera Olimpiada Internacional de Matemática (IMO por sus siglas en inglés). En aquella ocasión asistieron siete países, Hungría, Bulgaria, Polonia, Checoslovaquia, República Demo-

 Scientia (Panamá), 2005, Vol. 20, N° 2, 87-116

4

ESTRATEGIAS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO A JÓVENES OLÍMPICOS

LYDIA BURGOA
lyburgoa@opm.org.pa

PEDRO A. MARRONE G.
pmarrone@opm.org.pa

Profesores del Departamento de Matematica,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.

RESUMEN

El movimiento de competiciones matemáticas internacionales ha impactado a Panamá. Con el tiempo se ha regularizado e incrementado la participación de los jóvenes panameños en las competencias. Es necesario, a la vez, mejorar el desempeño de los participantes. El Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos permite desarrollar y perfeccionar las habilidades en la resolución de problemas de los participantes a olimpiadas internacionales. En este escrito se describe la metodología que se sigue en el Programa y las estrategias que se han desarrollado para identificar y apoyar al joven con talento matemático.

PALABRAS CLAVES. Olimpiadas matemáticas, entrenamiento, competencias, estudiantes de alto rendimiento, estrategias.

CEDEÑO CENCI, Diógenes. **Vida y Obra de Don Abel Bravo** (En el centenario de su nacimiento). Panamá, 1960.

CÉSPEDES, Francisco S. **Páginas de Educación.** Tomo I: Panamá. Segunda Edición Aumentada. Litho Editorial Chen, 1987.

CÉSPEDES, Francisco S. **La Educación en Panamá. Panorama Histórico y Antología.** Biblioteca de la Cultura Panameña, 1981.

Comisión Coordinadora de la Educación Nacional. **Diagnóstico de la Estructura Académica y Aplicación de la Política del Sistema Educativo Panameño.** Ministerio de Educación, Panamá; 1990.

El Panamá América. Domingo 30 de abril de 1995. 30 años celebra la Escuela de Matemática. Enseñando a Nuevas Generaciones con la Tecnología del Siglo XX.

PIZZURNO GELÓS, Patricia. **Harmodio Arias Madrid y la Universidad de Panamá.** Panamá, 1985.

Presidencia de la República de Panamá. Tomo I. **Panamá, 90 años de República**. Instituto Nacional de Cultura, 1993.

Tomo II. **Panamá, 90 años de República.** Instituto Nacional de Cultura, 1993.

QUINTERO MARRONE, Selva del Carmen. **Análisis Jurídico-Orgánico de la Universidad de Panamá.** Editorial Universitaria "Carlos Manuel Gasteazoro".

Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Estadística / Escuela de Estadística. **Guía Académica 1985-1986.**

Reseña Histórica, Organización y Reafirmación Nacional. Dirección General de Planificación, 1991.

Boletín Informativo de la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia. Abril de 1965.

Boletín Informativo de la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia. 1955 - 1956.

Universidad Interamericana. **Boletín Informativo de la Facultad de Ciencias.** 1944 - 1945.

de un alto nivel de conocimiento, lo que debe explotarse para que el edificio que construimos en 1965 continué creciendo.

SUMMARY

A CENTURY OF HIGH MATHEMATICS IN PANAMA.

Description of the evolution of Advanced Mathematics in Panama during the first one hundred years of its existence as an independent nation is presented. Emphasis in the fact that the development of higher mathematics is related to the establishment of the School of Mathematics of the University of Panama back in 1965. A narrative of the facts that lead to the creation of the School of Mathematics and its subsequent achievements is given.

KEY WORDS

Mathematics, School of Mathematics, Mathematics Department, creation, establishment, achievements.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2002: Un equipo integrado por los jóvenes Angélica Wong (Instituto Panamericano), Daniel Arévalo (Academia Interamericana), Reinerio Gómez (Escuela Secundaria Pedro Pablo Sánchez) y Fernando Medina (Instituto Sun Yat Sen) participaron en la XVII OIM que se celebró en San Salvador, El Salvador. Como en años anteriores, todos ellos son medallistas de la Olimpiada Panameña de Matemática. Este equipo logró un segundo lugar en las competencias por equipos. El Jefe de la Delegación lo fue el profesor Pedro Marrone y el Profesor Tutor, Lydia Burgoa.

En el futuro, Panamá espera competir en seis olimpiadas internacionales: la Olimpiada de Mayo, la Olimpiada Matemática de Centroamérica y del Caribe, la Olimpiada Iberoamericana, la Olimpiada de la Cuenca del Pacífico, el Torneo de Ciudades y la Olimpiada Matemática Canguro con sede en Francia.

Cabe resaltar el talento de los jóvenes panameños que han competido a través de los años. La experiencia de los profesores, que participan en las sesiones de entrenamiento en resolución de problemas con estudiantes ganadores de las olimpiadas nacionales, ha resultado gratificante, ya que es sorprendente observar el entusiasmo con que los jóvenes se dedican al trabajo creativo.

CONCLUSIÓN

Han transcurrido cien años desde la separación de Panamá de Colombia y de nuestro nacimiento como nación independiente. Pero es a partir de 1960 cuando se dieron los cambios que llevarían a la creación de la Escuela de Matemática y a la formación integral del matemático panameño. Hoy es realidad el sueño del profesor Colamarco y del equipo que lo acompañó en aquella década. Surgieron, de este sueño, el Departamento de Estadística, el de Informática, la carrera en Docencia de la Matemática y el Programa de Maestría en Matemática, el mayor logro desde la fundación de la Escuela en 1965.

Debemos hoy mirar al pasado y recordar cómo con el entusiasmo local y el aporte foráneo construimos lo que tenemos. Se necesita crear la Sociedad Panameña de Matemáticos como foro para nuestras inquietudes. Debemos renovar la Escuela de Matemática, lo que puede lograrse ofreciendo nuevas carreras que alienten al panameño a dedicarse a la matemática. Sería ventajoso ofrecer carreras interdisciplinarias en asociación con la empresa privada que ofrezcan alternativas en análisis de riesgos, investigación de operaciones, biomatemática, ingeniería financiera y matemática actuarial. En educación, la Licenciatura en Docencia de la Matemática es la opción. Y lo más interesante es que todas estas carreras requieren de Matemática. Las sesiones fueron lideradas por los profesores Rogelio Rosas y Jaime Gutiérrez.

En este año y bajo el auspicio de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), se celebró la primera Olimpiada Matemática de Centroamérica y el Caribe (OMCC), en San José, Costa Rica.

Esta Olimpiada consiste de dos sesiones de pruebas en las cuales los estudiantes deben desarrollar 3 problemas por sesión y cada sesión tiene un término de cuatro horas y media (4½ hrs.). En esta competencia pueden participar jóvenes menores de 16 años.

Es el profesor Rogelio Rosas quien, como Jefe de Delegación, acompañó al equipo que representó a Panamá integrado por Verónica Him y Gabriela Jaén, del Centro Educativo Santo Domingo de Coclé y Henry Wong Kiao. La delegación tuvo una notable participación ya que obtuvo un tercer lugar con medalla de bronce de Henry Wong, mención honorífica para Gabriela Jaén y segundo lugar en prueba colectiva para Verónica Him. Esta competencia se desarrolló entre el 7 y el 11 de julio en San José, Costa Rica.

2000: En esta ocasión funge como Jefe de la Delegación panameña el profesor Jaime Gutiérrez y los delegados fueron Verónica Him, Henry Wong Kiao, Fernando Sucre (Colegio Santo Domingo) y Erick Chavarría. Esta participación representa hasta hoy el más alto honor obtenido por Panamá en competencias internacionales de prestigio, ya que Henry Wong Kiao ganó una medalla de bronce en esta Olimpiada. Las sesiones de entrenamiento se desarrollaron los sábados participando activamente los profesores Rosas y Gutiérrez. Los estudiantes, que se entrenaron en este período, fueron escogidos entre los ganadores de la V Olimpiada Nacional de Matemática.

2001: En el marco de la III Olimpiada Centroamericana y del Caribe celebrada en Barranquilla, Colombia, Panamá envió al equipo integrado por Jun Bin Qiu (IPT de las Guías de Veraguas), Karys Moreno (Instituto Italiano Enrico Fermi) y Daniel Arévalo (Academia Interamericana), todos ellos medallistas en la Olimpiada Panameña de Matemática. Funge como Jefe de la Delegación el Profesor Rogelio Rosas. Arévalo se hace acreedor a mención honorífica en esta competencia.

Las sesiones de entrenamiento se realizaron los sábados y estuvieron a cargo de los profesores Lydia Burgoa, Rogelio Rosas y Pedro Marrone.

estudiantes menores de 15 años. En cada nivel, la prueba consta de cinco (5) problemas para desarrollar en un máximo de tres (3) horas.

En el verano de 1996, los profesores Rogelio Rosas y Pedro Marrone desarrollaron un Taller de Resolución de Problemas que buscaba preparar a un pequeño grupo de estudiantes de primer ciclo para su participación en la II Olimpiada de Mayo. Los estudiantes se escogieron de las filas de los ganadores de la Segunda Olimpiada Nacional de Matemática.

Participaron en la Olimpiada de Mayo, por Panamá, 31 estudiantes pertenecientes a las provincias de Chiriquí, Coclé, Herrera, Panamá y Veraguas. Y lo más sorprendente fue que el estudiante Sergio Bonilla (primer nivel) de la escuela Nuestra Señora de los Ángeles fue galardonado con una "mención de honor", al obtener 24 puntos de un total de 50.

1997: En el verano de 1997, se volvió a desarrollar el Taller donde se utilizó el material que nuestros colegas de Argentina nos enviaron. Varios colegas del Departamento de Matemática colaboraron con el Taller, Jaime Gutiérrez, Jorge Hernández y Lydia Burgoa.

En esta ocasión participaron 19 jóvenes estudiantes por tres provincias, Chiriquí, Coclé y Panamá y logramos una Medalla de Plata. Henry Wong Kiao (primer nivel) del Instituto Episcopal San Cristóbal y participante del Taller, fue quien obtuvo este honor.

1998: El equipo panameño logró honores con los estudiantes del segundo nivel en la Olimpiada de Mayo. Bolívar Sosa (Colegio San Agustín), José Ramírez (Instituto Italiano Enrico Fermi) y Carlos Palacios (Colegio Internacional St. George), todos obtienen una "mención de honor" al resolver completamente al menos un problema. Esta es también la primera vez que más de un participante logra algún tipo de distinción. Parte de este éxito se debió a los Talleres realizados en el verano de 1998 entre los meses de marzo y abril.

En Río Plata, República Dominicana, un estudiante, del Centro Educativo Santo Domingo de Coclé, Miguel Him, tuvo participación libre en la Olimpiada Iberoamericana, obteniendo una mención honorífica.

1999: Las sesiones de entrenamiento se desarrollaron los sábados en sesiones matutinas y vespertinas, con los estudiantes ganadores de la V Olimpiada Nacional solución. Se presentan propiedades que resulten útiles, de ser necesario. Pero es la habilidad natural del estudiante motivado la que se desarrollará durante el entrenamiento.

Recordemos la participación de las delegaciones panameñas de los últimos años:

1989: Panamá participó por primera vez en un evento intencional de importancia cuando varios estudiantes de educación media, seleccionados por el Ministerio de Educación, son enviados sin entrenamiento previo, a la IV Olimpiada Iberoamericana de Matemática (OIM) celebrada en Cuba.

La OIM es una competencia regional de Matemática patrocinada por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Se dan dos pruebas en las cuales los participantes deben solucionar 3 problemas por día en un periodo de 4 horas y media (4½ hrs.).

1992: Participamos en la VII OIM que se llevó a cabo en la ciudad de Caracas, Venezuela. Esta vez los profesores Silverio Vergara y Octavio Matos, con la colaboración de Rogelio Archibold, Alfonso López y Wenceslao De Los Ríos, entre otros, estuvieron a cargo de entrenar a los estudiantes que nos representarían en este evento. Los estudiantes, 2 del Colegio Episcopal, 1 del Colegio Javier y una estudiante de la Universidad Tecnológica, menor de 18 años, fueron acompañados a Caracas por los profesores Arsenio Cornejo y Octavio Matos.

1996: Es en este año cuando se dan los primeros pasos, dentro del Departamento de Matemática, para formalizar un programa de entrenamiento. Dos eventos contribuyen a esta formalización. El resurgimiento de la Olimpiada Nacional de Matemática en 1995, bajo la dirección de la profesora Teresita de Ávila y la participación de Panamá en la II Olimpiada de Mayo.

La Competencia Juvenil Iberoamericana de Matemática, u Olimpiada de Mayo, es una competencia regional iberoamericana auspiciada y promovida por el Centro Latinoamericano de Matemática e Informática (CLAMI) y la Federación Iberoamericana de Competiciones Matemáticas. Su principal ventaja radica en el hecho de que la competencia se da localmente, o sea, cada país participante recibe vía courier la prueba y la aplica bajo el código de honor de las olimpiadas.

En la Olimpiada de Mayo, la competencia se presenta en dos niveles. Un "primer nivel" donde compiten estudiantes menores de 13 años y el "segundo nivel" para posteriormente por el profesor Rogelio Rosas, se celebraron en 1995 la II Olimpiada Nacional de Matemática, en 1996 la III Olimpiada Nacional de Matemática y en 1997 la IV Olimpiada Nacional de Matemática. Bajo la administración del profesor Enrique Williamson, el profesor Francisco Flores coordinó la V Olimpiada Nacional de Matemática en 1998.

Con el transcurrir de los años, las olimpiadas se convirtieron en el semillero de jóvenes talentosos que, adiestrados por los profesores Jaime Gutiérrez, Rogelio Rosas y Pedro Marrone, descollaron en diferentes justas internacionales.

Estimulados por el buen desempeño de las distintas representaciones panameñas, en el año 2000, se modificó la reglamentación de la olimpiada y así nació la Olimpiada Panameña de Matemática en el año 2001. La dirección de esta Olimpiada recae en la profesora Lydia Burgoa.

Es importante resaltar que, aunque no hayamos mencionado los nombres de todos ellos, los logros obtenidos en las Olimpiadas de Matemática son el resultado de la constancia, la experiencia y el trabajo de muchos profesores del Departamento de Matemática.

La participación de Panamá en competencias internacionales de Matemática y el desarrollo de programas de entrenamiento, que permitan una participación satisfactoria, son dos actividades complementarias que lleva a cabo el Departamento de Matemática.

El entrenamiento de estudiantes con miras a participar en certámenes internacionales es un proceso exigente tanto para el profesor como para el estudiante, ya que, en esas competencias, se proponen problemas enmarcados en un temario que se escapa de los programas oficiales de educación media y que generalmente exigen para su resolución ingenio y creatividad en combinación con la aplicación de técnicas matemáticas elementales.

Para proporcionar las habilidades necesarias para resolver estos problemas, es necesario ofrecer un entrenamiento especial a los jóvenes que van a competir en estos compromisos internacionales. El programa de entrenamiento comprende temas como combinatoria, desigualdades, geometría, inducción, probabilidad, progresiones, teoría de números y teoría de polinomios. Usualmente en las sesiones de entrenamiento se plantean problemas de olimpiadas internacionales pasadas y el profesor fomenta una discusión con los estudiantes que busca guiarlos a una

IMPACTO DE LAS COMPETENCIAS JUVENILES EN EL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

Al menos desde fines del siglo XIX se conoció la existencia de competencias matemáticas organizadas. Entre las primeras está la competencia Eötvös, que celebró la Sociedad de Matemática y Física de Hungría por primera vez en 1894, en honor a su fundador y presidente el distinguido físico Baron Lorand Eötvös. Pero se dan también de competencias del mayor calibre celebradas en Inglaterra tal como The Mathematical Tripos de Cambridge cuyo inicio se remonta a la época de Sir Isaac Newton, en 1750 pero que no son propiamente olimpiadas ya que son competencias a las cuales los alumnos de Cambridge deben someterse para obtener un grado académico. Puede nombrarse, además, a la Olimpiada Matemática de Leningrado que es la competencia matemática más antigua de Rusia, ya que data de 1934, mientras que la Olimpiada Matemática de Moscú se creó en 1935. Pero es en los últimos 40 años cuando se ha visto mundialmente un mayor auge de estas competiciones ahora llamadas olimpiadas. Desde los niños de escuela primaria a los jóvenes de nivel universitario, miles de estudiantes en todo el mundo se reúnen en estos certámenes sin otra recompensa que la satisfacción de lograr solucionar algún problema o la obtención de una medalla.

En los últimos años se han desarrollado e impulsado competencias nacionales, por ejemplo en México, Argentina y Brasil y se han creado certámenes regionales e internacionales como la Olimpiada de Mayo, la Olimpiada Centroamericana y del Caribe, la Olimpiada Iberoamericana, la Olimpiada Iberoamericana Universitaria y la Olimpiada Matemática Internacional, cuya primera competencia se da en 1959.

En Panamá tenemos registro que los certámenes de matemática se iniciaron en 1977 en la provincia de Chiriquí, el primero, organizado por el profesor Héctor Osorio. En octubre de 1982, el Departamento de Matemática planificó el Primer Concurso Metropolitano de Matemática y debido al éxito obtenido, al año siguiente se celebró el Concurso Nacional de Matemática CONAMAT (1983) coordinado por el profesor Wenceslao De Los Ríos. La I Olimpiada de Matemática tuvo lugar en 1985, siendo director del Departamento el profesor Omar Oliveros. A esta olimpiada le siguieron otros Concursos Nacionales de Matemática bajo la coordinación del profesor De Los Ríos en 1986 y del profesor Aurelio Aparicio en 1987. Esta actividad fue interrumpida por la crisis política de finales de la década de los 80.

El Departamento de Matemática, bajo la dirección de la profesora Gladys de Sanjur, retomó la actividad olímpica. Organizadas por la profesora Teresita de Ávila y nador de Estudios manejaba lo relativo a la carrera. En 1983, se creó el Departamento de Matemática, como una unidad académica que agrupa al personal docente y de investigación en matemática, para participar en tareas de docencia, investigación y extensión. Por otra parte, la Escuela se concibió como una unidad académica y administrativa que programa, coordina y administra una carrera o especialidad de estudio que culmina con un título profesional o técnico.

Con base en estas clasificaciones presentamos los profesores que han dirigido la Matemática en la Universidad de Panamá desde 1965.

Año	Escuela	
1965-1968 1970-1972	Agustín Colamarco Virgilio Morcillo	
1972-1973	**Dirección Colegiada**	
	Ángel Muñoz Raúl Romero Rogelio Rosas Egberto Agard Miguel Cáceres Elvia de De Los Ríos Edwin Díaz	
1973-1977	**Coordinador Administrativo**	**Coordinador de Estudios**
1977-1982	Enrique Williamson	Aida de Ingram
	Fernando Ruíz	Aida de Ingram

Año	Escuela	Departamento
1982-1985	Analida Ardila	Julio Vallarino
1985-1986	Manuela Foster	Omar Oliveros
1986	Dixiana Espinosa (Encargada)	
1986-1991	Teresita de Ruíz	José Fernández
1991-1992	Teresita de Ruíz	Diego Santimateo
1992	Teresita de Ruíz	Aurelio Aparicio (Encargado)
1993-1994	Teresita de Ruíz	Elvia de De los Ríos
1994-1997	María Guadalupe Tejada	Gladys de Sanjur
1997-2000	Silverio Vergara	Enrique Williamson
2000-2003	Eloy Rico	Luis Roberto Moreno
2003-2006	Narciso Rodríguez	Silverio Vergara

Comentario [PM1]: 3 periodos, del 1 de dic. De 1986 al 13 de sepa. De 1994.

Comentario [PM2]: A cargo del Departamento durante el Decanato del profesor Julio Vallarino

El Proyecto ECOMAT que buscaba ganar recursos económicos para el Departamento de Matemática, editando libros de textos para cursos masivos, se inició durante la administración del profesor Fernando Ruiz, en 1977 y publicó varios libros entre los cuales el más destacado fue el de Álgebra General destinado a los estudiantes de las Facultades de Administración de Empresas y Contabilidad y Administración Pública. Se publicaron, entre otros, los siguientes libros: Elementos de Matemática, Calculo Diferencial e Integral, Matemática Financiera. Algunos de los profesores que participaron en este proyecto son: Julio Vallarino, Elvia de De Los Ríos, Raúl Romero, Belisario Brandao, Ángel González y Narciso Galáctica.

El profesor Félix Cuevas también ha publicado una serie de libros de matemática para estudiantes de educación secundaria al igual que la serie correspondiente a la Geometría.

José de Jesús Martínez publicó el muy popular **Aleph-Cero** que no es más que una introducción filosófica a la Teoría de los Conjuntos Infinitos. Fue una publicación conjunta de la Guardia Nacional y el Proyecto ECOMAT. Otra de sus obras lo fue la **Introducción a la Teoría de la Probabilidad,** que editó el G-3 de la Guardia Nacional. Rogelio Rosas, Rafael Fernández y Pedro Marrone publicaron, en 1982, el libro **Calculo Diferencial e Integral,** bajo el editorial 9 de de enero. La profesora Panamá Solís publicó un libro sobre Calculo Diferencial e Integral, mientras que al profesor Egberto Agard editó y adaptó la serie **Hagamos Matemática en Panamá.** Los profesores Egberto Agard, Analida Ardila y María Guadalupe Tejada publicaron un libro bajo el patrocinio de los Países Bajos destinado a maestros en Centroamérica, denominado **Nociones de Aritmética y Geometría,** publicado por la Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, en el año 2002. Editorial Santillana y La Olimpiada Panameña de Matemática publicaron la obra **Cien Problemas de Olimpiadas Matemáticas** que editaron los profesores Lydia Burgoa y Pedro Marrone.

ESCUELA Y DEPARTAMENTO

En 1965 se creó la Escuela de Matemática y la labor administrativa, tanto de la Licenciatura en Matemática como de los Cursos de Servicio, pasó a ser de su responsabilidad. Entre 1972 y 1973 ambas funciones son ejercidas por la llamada Dirección Colegiada. En 1973 se designó a un Coordinador Administrativo y a un Coordinador de Estudios. El Administrativo manejaba todo lo relacionado con los cursos de servicio, los profesores y sus funciones, mientras que el Coordición de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Humanidades y Ciencias de la Educación. Entregó su informe al Vicerrector Académico, Dr. Rolando Murgas, en marzo de 1999.

En febrero del año 2000, la Universidad de Panamá crea una Comisión Interfacultad integrada por profesores de las Facultades de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología y la Facultad de Ciencias de la Educación la que continuará laborando en la conformación de las carreras de docencia en áreas científicas.

El proyecto fue aprobado por el Consejo Académico en su reunión 33-01, de agosto de 2001.

PUBLICACIONES ASOCIADAS AL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

El Departamento de Matemática siempre se ha preocupado por mejorar el nivel de enseñanza de la Matemática en Panamá.

El profesor Agustín Colamarco publicó los libros de matemática que cubrían el plan estudios de la educación secundaria en Panamá, de primero a cuarto año, al igual que la correspondiente serie de geometría. Publicó también un folleto utilizado como texto en el curso de Geometría Proyectiva y en la serie de la Geometría Afín y Métrica publicó la monografía sobre el orden. Editó una obra sobre la Teoría de Conjuntos que fue utilizada por los profesores de Educación Secundaria.

En 1977 se dio una colaboración entre personal del Ministerio de Educación y del Departamento de Matemática con el fin de elaborar los libros de texto para la Educación Básica General. Por el Departamento de Matemática participaron los profesores Carmen Morales, Silvia Ríos, Oscar Martínez, Elvia de De Los Ríos, Ricardo Parker, José del R. Garrido, Ángel González y Ángel Muñoz. Como complemento a esta actividad en marzo de 1978 se ofreció un seminario taller. Entre los objetivos del mismo estaban motivar al profesor para llevar a cabo un cambio de actitud favorable al mejoramiento de la enseñanza de la matemática, mediante el desarrollo de mecanismos tales como la selección de métodos y técnicas de enseñanza recomendables y la selección y preparación de materiales de enseñanza disponibles. Entre los participantes por el Departamento podemos mencionar a los profesores Irma Monteverde, Virginia Benavides, Egberto Agard, Enrique Williamson, Aida de Ingram, Wenceslao De Los Ríos, Miguel Cáceres, Omar Oliveros, Héctor Samaniego y Aurelio Aparicio.

grama de Maestría en Matemática lo fue el profesor Eduardo Steele. La Dirección de Postgrado estuvo a cargo del Dr. Abdiel Adames, del Departamento de Biología.

En esta primera promoción los cursos que se trataron fueron: Álgebra (Reátegui), Análisis Matemático (Rentería), Análisis Funcional (Valdivia), Ecuaciones Diferenciales (Valdivia), Teoría de la Medida (Rentería), Topología (Reátegui) y Variable Compleja (Reátegui). Se ofrecieron también Seminarios de Topología bajo la tutela del Profesor Reátegui, de Topología Diferencial, bajo la dirección del profesor Valdivia y de Álgebra Multilineal a cargo del profesor Arazosa. El profesor Carlos Sánchez Fernández dictó un seminario previo al inicio del programa de maestría. El Profesor Arraigada dictó un seminario de Álgebra Lineal.

Egresados de esta primera promoción son los profesores: Egberto Agard, Dixiana Espinosa, Jorge Hernández, Juan Nole, Wenceslao De Los Ríos, Teresita de Ruiz, María Guadalupe Tejada, Julio Vallarino, Silverio Vergara y Enrique Williamson.

A la fecha han alcanzado el grado de Maestría en Ciencias con Especialización en Matemáticas, varias decenas de profesores, en áreas como Matemática Pura, Estadística Matemática, Investigación de Operaciones y Matemática Educativa.

Como resultado de los esfuerzos del área de Matemática Educativa surge, en marzo de 2002, la carrera de Licenciatura en Docencia de la Matemática, adscrita a la Escuela de Matemática. Los orígenes de esta carrera datan de 1994, cuando un grupo de profesores del Departamento de Física se reunieron con el Rector, Dr. Gustavo García de Paredes, para discutir el tema del Profesorado en Física. El Rector amplió la propuesta y propone la fecha de 15 de diciembre de ese año para que se preparasen todas las carreras del Profesorado en Ciencias. En enero de 1995, el entonces Decano de la Facultad, Aníbal Taymes, entregó a la Vicerrectoría Académica los planes de estudio de los profesorados de ciencias ya aprobados por la Junta de Facultad 294, de 21 de diciembre de 1994. La propuesta no avanzó durante los años 95, 96 y 97.

El 12 de diciembre de 1997, la entonces Decana de la Facultad, Profesora Elvia de De Los Ríos, nombra una Comisión que buscaba materializar la propuesta de 1994. Después de un cruce de notas entre la Vicerrectoría Académica y el Decanato el 15 de diciembre de 1998, se nombró un grupo de trabajo para que, conjuntamente con personal de la Vicerrectoría Académica y Planificación Universitaria, elaborase una propuesta conceptual. Esta comisión contó con la participa-gozan de buena aceptación entre maestros y profesores. En el año 2000 se celebró en Panamá la Decimocuarta Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa (RELME XIV).

LOGROS

Hasta inicios de la década de los 80, Matemáticos y Estadísticos nos agrupábamos bajo el mismo Departamento. Sin embargo, en octubre de 1982, el Consejo Académico, de la Universidad de Panamá, aprobó la creación de la Licenciatura en Estadística. De acuerdo con el artículo No 39, del capítulo IV, de la ley 11 de 1981, esta carrera sería administrada por la Escuela de Estadística. En Panamá se daba una necesidad real de profesionales de la Estadística que atendieran tanto al sector privado como al público. Es más, había interés entre profesores del Departamento de Matemática por proseguir estudios de postgrado en Estadística. Esto motivó al profesor Ricardo Parker a sugerir la creación de la Escuela de Estadística, idea que fue secundada por los profesores Manuel Tejada y Virginia Benavides, ambos especialistas en Estadística.

La Escuela de Matemática también contribuyó a la creación de la carrera Ingeniería en Informática. Como parte de un convenio con la Universidad Politécnica de Madrid a partir de 1989 se empezó a trabajar en el proyecto de esta carrera. La comisión a cargo de esta labor fue conformada por los profesores Diego Santimateo, Álvaro Pino, María Dixiana Espinosa y Mirta de Jaén. El 23 de marzo de 1994, el Consejo Académico crea la carrera de Ingeniería en Informática. Su primer director es el profesor Álvaro Pino quien es responsable de la creación de la Escuela de Ingeniería en Informática, aprobada en Consejo Académico el 28 de setiembre de 1994.

Pero tal vez el mayor logro de nuestra Escuela lo es la creación del Programa de Maestría en Matemática. Desde mediados de la década de los 70 el Departamento de Matemática acariciaba la idea de establecer un programa de Maestría que impulsara la superación de su personal docente. El 23 de mayo de 1979 el Consejo Académico aprobó su primer Curso de Postgrado a nivel de Maestría, recayendo este honor en el Programa de Maestría en Matemática. Para garantizar el adecuado nivel de esta nueva empresa se contrataron a valiosos profesores foráneos: Hector Arazosa (cubano), José Reátegui Canga (peruano), Manuel Rentería (chileno), Jorge Rojo (chileno) y Oscar Valdivia Gutiérrez (peruano). Como asistentes se designaron a los profesores Augusto Arraigada (chileno, que asistía al Profesor Rojo), Eduardo Steele y Omar Oliveros. El primer Coordinador del Proriedades, transposición de formas diferenciables, producto exterior, transposición y diferenciación exterior e integración de formas diferenciables.

En 1973 se celebró el IV Congreso Bolivariano de Matemática. Se dictaron conferencias a nivel Primario, Secundario y Superior. La figura de mayor importancia que acude al encuentro es el Dr. Luis Santaló, matemático argentino de estatura mundial. También acuden los profesores Federici Casa y Reategui. Este último dictó una conferencia sobre Fibras Vectoriales. Por Panamá el profesor Aurelio Aparicio expone su conferencia los Principios Básicos de la Teoría de Distribuciones.

En 1974 nos visitó el profesor Mark Villarino. Éste dictó un interesante seminario en la Teoría de las Funciones Elípticas, una de los temas de mayor importancia en el Análisis Complejo. Presentó a los docentes de nuestro Departamento una exposición de la Teoría de los Algebroides. Tal desarrollo es importante ya que permite determinar todas las funciones analíticas, uniformes y multiformes que gozan de un Teorema Algebraico de la Suma. Este teorema fue enunciado sin demostración por Karl Weiertrass.

Para mediados de la década de los 70 se dictaron otros seminarios. El profesor Steele desarrolló la Teoría de Grupos, el profesor Rosas construyó con sucesiones fundamentales el Cuerpo de los Números Reales. El profesor Cuilleron dictó seminarios en Teoría de Galois y Álgebra Conmutativa. Estos seminarios fueron abonando el camino para una maestría en Matemática que vendría prontamente.

En 1984 se realizó en Panamá el Segundo Encuentro de Profesores de Matemática de la Universidad de Panamá y la Universidad de Costa Rica. En 1985 se organiza el Sexto Curso Centroamericano de Matemática (CURCAM). En éste se trataron temas de la Enseñanza de la Matemática, Investigación de Operaciones, Análisis y Estadística. Dos panameños estuvieron a cargo de cursos cortos: el profesor Garrido quien expuso sobre un Problema de Transporte y el profesor Rosas que desarrolló el tema Redes Topológicas. Se destacan también los profesores invitados Luis Moreno y Carlos Sánchez. El primero expuso temas de Geometría Euclidiana y No Euclidiana. Por su parte Sánchez disertó sobre aspectos sobresalientes del Álgebra Lineal desde un punto de vista histórico.

En 1994 se celebró el Congreso de Didáctica de la Matemática. En éste contamos con dos profesoras francesas que dictaron cursos cortos. A partir de 1993 se han realizado los Congresos Nacionales de Matemática Educativa, los cuales

En 1983 se implantó un nuevo plan de estudio. Entre otros cambios tenemos que los seis cursos de análisis son reducidos a tres. Se vuelve en parte a la terna de cursos de Cálculo. Se reemplazan los cursos de Geometría Afín y Métrica por cursos de Geometría Analítica Plana y del Espacio. Desaparece Geometría Proyectiva y en su lugar se imparte un curso de Geometría Métrica. Vuelve Ecuaciones Diferenciales. Es eliminada el Álgebra Superior pero se introduce Estructuras Algebraicas, de contenido más amplio. Se reduce a una introducción el curso de Historia de la Matemática. En este plan surgen las opciones, el estudiante puede elegir entre Matemática Pura, Aplicada o Educativa. En cuarto año, en la opción Pura el estudiante debía tomar cursos de Topología, Geometría Diferencial y Análisis Matemático. Como cursos electivos se tenían a Tópicos en Ecuaciones Diferenciales, Álgebra, Matemática Superior, Introducción al Análisis Funcional y Lógica Matemática.

En 1995 se produce el más reciente cambio al plan de estudio de nuestra licenciatura. En éste se introducen la batería de cursos de Cálculos, tres en total, que se imparten en la mayoría de las universidades del continente. Se restablecieron los cursos de Geometría Euclidiana Métrica y los cursos de Geometría Analítica Plana y del Espacio se distribuyen en los de Cálculo. Los cursos de análisis son reestructurados, se estudia integración de Riemman en Análisis y en Espacios Normados (Banach y Hilbert). El curso de Topología adquiere un enfoque geométrico. Además de los temas clásicos de Topología Conjuntista se le da un vistazo a la Topología Algebraica y a la Combinatoria. Vuelve Lógica y el curso de Historia reaparece mejorado. Álgebra Lineal resulta reforzada en su segundo semestre con un estudio más detallado de los Espacios Euclidianos y las Cuádricas. Los cursos de Álgebra incluyen ahora los Grupos de Torsión y la Correspondencia de Galois. En cuarto año el estudiante podrá escoger un curso electivo por semestre pero también toman cursos en Matemática Educativa y Aplicada. Uno de los objetivos de este plan es el de introducir la tecnología en la licenciatura. Cursos como Cálculo, Geometría, Álgebra Lineal, Programación, Modelado y Simulación fueron diseñados con esto en mente.

SEMINARIOS Y ENCUENTROS

A partir de su creación, la Escuela y posteriormente el Departamento han impulsado Seminarios y Encuentros tanto nacionales como internacionales. En 1972 el Dr. Reátegui visita nuevamente a Panamá y esta vez nos favoreció al dictar un seminario sobre Cálculo Exterior. Se presentaron las formas diferenciables, varado con ella los profesores Adela Abad, Egberto Agard, Belisario Brandao, María Guadalupe Tejada y Luis R. Moreno, entre otros. Ardila y su grupo han contribuido a la difusión y aceptación de la cual goza la Reunión Centroamericana y del Caribe sobre la Formación de Profesores e Investigación en Matemática Educativa ahora conocida como Reunión Latinoamericana de Matemática (RELME).

Los profesores Foster, Lebrija y Rico forman parte del grupo que impulsa la Investigación de Operaciones en nuestro Departamento junto con el profesor José Del Rosario Garrido.

Otros

Hemos recibido entrenamiento matemático de otros países como Rumania donde estudió el profesor José Del Rosario Garrido, quien actualmente se desenvuelve en el área de Investigación de Operaciones. Los profesores Diego Santimateo, Rafael Castillo y Wenceslao De los Ríos realizaron estudios en Brasil. Los dos primeros en Informática y el último en Matemática Educativa. Elvia de De Los Ríos estudio Matemática Educativa en Guatemala.

El profesor Jaime Gutiérrez estudio Teoría de Números en Alemania. El profesor Álvaro Pino se especializó en Matemática Aplicada en la antigua Unión Soviética. En el Centro Interamericano para la Enseñanza de la Estadística recibieron entrenamiento los profesores Manuel Tejada, Ricardo Parker y Adela Abad.

MAS ALLÁ DE 1965

El plan de estudio de 1965 fue modificado en 1970 y 1973. Se eliminaron los tradicionales cursos de Cálculo y Geometría Analítica y Ecuaciones Diferenciales, los cuales son reemplazados por cursos de Análisis. Los cursos de Geometría fueron sustituidos por cursos de Geometría Afín y Métrica con sabor algebraico. Aparece por primera vez el curso de Álgebra Lineal (completo) y la Teoría de Probabilidad e Inferencia Estadística. El curso de Variable Compleja se reduce a un semestre. Salen de escena Geometría Diferencial, Topología y Análisis Vectorial. El curso de Análisis Numérico se extiende a dos semestres uno de los cuales se dedica a la Programación. El plan de 1973 lo único que hace es mover el curso de lógica a cuarto año e introduce cambios en cuanto a materias electivas.

y Espacios de Funciones Continuas y Cálculo Diferencial. René Grimaldi, exploto la Programación y la Teoría de Probabilidad. Su curso de Probabilidad y Estadística resultó novedoso ya que introduce Conceptos Topológicos, Teoría de Medida y Análisis en el desarrollo del curso.

EL APORTE ITALIANO

Con la creación de la Escuela, otro de los países que brindaron ayuda fue Italia. Bajo el convenio de cooperación estudian en Italia: Orlando Sam, Marianela Morales, Terani Simmons, Adriana Molinar e Isaías Mock. Hay que observar que la mayoría de los estudiantes panameños bajo el convenio de cooperación con Italia se especializaron en Cálculo Actuarial. Por esta razón han ejercido limitadamente la docencia. También realizaron estudios en Italia Ricardo Fábrega, Rogelio Rosas, Emilio Berrocal y Eduardo Pravia. Emilio Berrocal dictó clases en nuestra Escuela por un periodo de dos años. El profesor Berrocal es matemático aplicado con un gran dominio del análisis matemático lo que se reflejaba en sus cursos de Probabilidad y Estadística. El Profesor Rosas imparte cursos de Análisis Matemático y jugó un papel importante en la primera modificación del Plan de Estudios de la Escuela, a principios de la década de los 70.

LA COLABORACIÓN NORTEAMERICANA

El programa de Becas del Gobierno de los Estados Unidos, conocido por sus siglas LASPAU, ha contribuido a la formación de varios profesores de nuestra Escuela en Universidades Norteamericanas. Uno de los primeros en beneficiarse del programa lo fue el profesor Raúl Romero. Otros beneficiados fueron los profesores Arsenio Cornejo, Ricardo Ng, Lydia Burgoa, Jorge Hernández y Josué Ortiz. También han realizado estudios en los Estados Unidos Virginia Benavides, Edith de Hernández y Pedro Marrone. Parte de este grupo colaboró entusiastamente en la confección del plan de estudio que se puso en práctica en 1995.

LA CONTRIBUCIÓN MEXICANA

Varios de los profesores del Departamento han realizado estudios de postgrado en México: Adela Abad, Omar Oliveros, Belisario Brandao, Analida Ardila, Manuela Foster, Mayra Lebrija y Eloy Rico. La profesora Analida Ardila, quien se especializó en Matemática Educativa, ha jugado un papel preponderante en la formación del grupo de Matemática Educativa en el Departamento. Han colabo-

Embajada de Francia y que dio inicio a un periodo de 12 años de marcada influencia francesa en la Escuela de Matemática.

Por sus logros, la labor del Dr. Colamarco recibió atención internacional siendo elogiada por matemáticos de renombre tales como Howard Fehr, de la Universidad de Columbia, Estados Unidos y uno de los líderes del movimiento reformista de la educación matemática en la década de los años 60 y Luis Santaló, el famoso matemático argentino cuyo ensayo sobre los textos del profesor Colamarco fue publicado en la revista argentina **Conceptos** de circulación internacional.

La Escuela de Matemática y los profesores que la forman son en gran parte el resultado de aportes de distintas corrientes que se dan en distintos países y que contribuyen a darle forma al edificio matemático panameño. Veamos estas corrientes y sus países de origen.

LA INFLUENCIA FRANCESA

A partir de 1963 y hasta 1977 se sintió en Panamá la influencia francesa. En este periodo de casi 14 años desfilaron por nuestras aulas varios cooperantes franceses y recibieron educación en Francia seis profesores: Egberto Agard, Aurelio Aparicio, Jaime Jaramillo, María Guadalupe Tejada, Eduardo Steele y Evangelista González.

Entre los cooperantes franceses que nos visitaron se encuentran: Jean Maumus, Xavier Rousseau de Pina, Jean-Claude Laplanche, Jean Michael Gabet, Claude Leman, Hubert Cuilleron, Dennis Bigo, René Grimaldi y Jacques Dumont.

Los cooperantes que mayor influencia ejercieron fueron: Claude Leman, se destacó en la enseñanza del Álgebra Lineal, pero también introduce la Geometría Afín con enfoque estructural-vectorial, basada en el concepto de grupo que actúa sobre un conjunto. Hubert Cuilleron, desarrolló todas las facetas del Álgebra, desde los Fundamentos hasta la Teoría de Cuerpos y el Álgebra Conmutativa. Logró también consolidar el curso de Lógica Matemática desarrollando de paso la teoría de los Conjuntos Ordenados y Retículos basados en los escritos de Paul Dubriel y M. L. Dubriel-Jacotin. Dennis Bigo, enfatizó el Análisis Matemático de acuerdo a Dieudonné, al seguir el clásico Fundamentos del Análisis Moderno. Desarrolló temas relacionados con los Números Reales, Espacios Métricos, Propiedades Topológicas de la Recta Real, Espacios Normados, Espacios de Hilbert

Matemática y, en 1965, el Congreso General Universitario oficializó la creación de la Escuela de Matemática modificando el acuerdo No.1 del 3 de setiembre de 1953. El plan de estudio que empezó a regir en mayo, diseñado por el primer director de la Escuela, Dr. Agustín Colamarco, con la colaboración de los doctores Reátegui Canga y Federici Casa es el primero dedicado a la formación del matemático. Entre los cambios importantes al plan de estudio tenemos: dos cursos de Complemento de Matemática, dos cursos de Fundamentos de la Matemática, dos cursos de Álgebra Superior, dos cursos de Álgebra Moderna, dos cursos de Lógica Matemática, dos cursos de Geometría, dos cursos de Geometría Proyectiva, un curso de Geometría Diferencial, un curso de Topología, dos cursos de Estadística, un curso de Cálculo Numérico, dos cursos de Funciones de Variables Complejas y dos cursos de Historia de la Matemática. En verdad un plan revolucionario para su época, en donde por primera vez el Álgebra y la Geometría cuentan con una presencia sólida en el plan de estudio. Terminó el uso de la Matemática como herramienta para resolución de problemas y se dedicó de lleno a la formación del matemático en Panamá.

De acuerdo con el profesor Colamarco, la Escuela en 1965 contaba con un pequeño grupo de profesores con mucha mística y dispuestos a promover el cambio. Laboraban como profesores: Agustín Colamarco, Ricardo Fábrega, Bernardo Lombardo, Virgilio Morcillo, Simón Quirós Guardia, Nariño Rivera, Fernando Ruíz, Ramón Saavedra, Ricardo Silvera, Víctor Urrutia, José Reátegui y José de Jesús Martínez. Asistentes: Miguel A. Cáceres, Egberto Agard y Aurelio Aparicio.

El profesor Colamarco dictaba el curso de Análisis Vectorial e Historia de las Matemáticas, el profesor Fábrega, Complementos de Matemática, el profesor Lombardo, Análisis Matemático, el profesor Morcillo, Geometría Analítica, el profesor Quirós Guardia, Cálculo Avanzado, el profesor Rivera, Cálculo con Geometría Analítica y Ecuaciones Diferenciales, el profesor Saavedra, Geometría Plana, el profesor Martínez, Álgebra. Los profesores Agard y Cáceres asistían al profesor Reátegui en un curso de Matemática Moderna.

Como dato curioso, varios de los profesores del Departamento de Matemática iniciaron sus estudios en 1965. Estos son: Adela Abad, Rogelio Archibold, Flor María Gil, Alfonso López, Carmen Morales, Raúl Romero, Hilario Quintero y María Guadalupe Tejada.

Durante los primeros años de la administración del profesor Colamarco uno de sus mayores triunfos lo constituyó el acuerdo de cooperación que se firmó con la el cambio hacia el estudio de la Teoría de Conjuntos. En 1961 el Dr. Agustín Colamarco, profesor de matemática en la Universidad de Panamá, viajó a Bogotá-Colombia con el objeto de asistir a la Primera Conferencia Interamericana para la Promoción de la Enseñanza de la Matemática. Aquí encontró a dos matemáticos que contribuirían notablemente a nuestro desarrollo. Se trata de los profesores Carlo Federici Casa y José Reátegui Canga. Invitado por el profesor Colamarco, en marzo de 1962, nos visitó el Dr. Federici Casa quien dicta un seminario de avanzada. En dicho seminario desarrolló temas tales como Conjuntos, Relaciones, Funciones, Cardinalidad, Enumerabilidad, la Hipótesis del Continuo, Sistemas Numéricos, Principio de Inducción, el Teorema de Pieri (Principio del Buen Orden), Vectores, Matrices, Interestancia, Postulado de Pasch, Densidad, Compacidad y Topología.

A partir de 1960 se introdujeron los cursos de Teoría de Conjuntos en la Universidad. En 1963, el Dr. Colamarco publicó un trabajo titulado Teoría de Conjuntos para Maestros de Enseñanza Primaria. Desde este momento y hasta 1969 dicta seminarios y conferencias dirigidos a Maestros y Profesores con el objeto de facilitar la introducción de la Teoría de Conjuntos en las aulas.

Entre 1964 y 1965 nos visitó el Dr. Reátegui quien impartió seminarios en Teoría de Conjuntos y colaboró con el Dr. Colamarco en la divulgación de esta teoría entre los profesores y maestros.

Otro matemático que visitó Panamá en los años 60 y dictó seminarios fue Elbrige P. Vance, de Oberlin College en Ohio, Estados Unidos. El profesor Vance publicó en la década de los 60 varios libros de álgebra y trigonometría con un lenguaje conjuntista, los cuales fueron traducidos al español.

En 1965 recibimos al profesor español, Francisco Marino Carruncho quien dictó cursos de Análisis Vectorial y Geometría Proyectiva.

En la Universidad y con la colaboración de los profesores Rivera, Federici Casa y Reátegui se implantaron los cursos de Fundamentos de Matemática, Lógica Matemática, Álgebra Lineal (una aproximación) y Programación y Cómputo Electrónico. Esto convirtió a Panamá en uno de los primeros países en contar con este tipo de cursos.

Esta etapa nos preparó para la creación de la Escuela de Matemática en 1965. En diciembre de 1964, la Junta de Facultad aprobó la creación de la Escuela de

En 1958, en un acto de graduación, el entonces Rector de la Universidad, Dr. Jaime De La Guardia, anuncia la necesidad de cambiar la Universidad y enmarcarla dentro de las nuevas concepciones científicas que llevaban adelante países más avanzados. En el caso de Matemática, aludía a la "Matemática Moderna". Se necesitaba una nueva orientación dentro del marco de la Teoría de Conjuntos (introducida por Georg Cantor en 1871) ya aceptada mundialmente desde inicios del siglo XX y que contaba con el apoyo irrestricto del Grupo Bourbaki en Francia (fundado en 1935 por matemáticos del calibre de: Henri Cartan, Claude Chevalley, Jean Coulomb, Jean Delsarte, Jean Dieudonné, Charles Ehresmann, René de Possel, Szolem Mandelbrojt, André Weil) y de todas las grandes universidades del mundo.

El impulso a la Matemática no se hizo esperar y se inició un periodo de intensa actividad que finalizó hacia mediados de la década de los años 70. En este periodo se dieron visitas de destacados matemáticos, intercambio de profesores y estudiantes que se especializan en Francia, Italia y Estados Unidos.

En el año académico 1960-1961 el contenido matemático de la licenciatura en Matemática y Física no presentó grandes cambios. Sin embargo, surgió un curso denominado Álgebra II en el cual se desarrollaban los conceptos de conjuntos finitos, variaciones, permutaciones, combinaciones, números complejos, determinantes y matrices y raíces de las ecuaciones. Se contó así por primera vez con un curso más completo de Álgebra en la licenciatura en Físico-Matemática. El curso de Análisis sufrió cambios. Se habló de la fundamentación del número racional, el concepto de número cardinal, el número real, divisibilidad, números algebraicos y trascendentes, límites, series y continuidad, entre otros temas. Se consolidó la tendencia hacia una Matemática *per se* que había empezado en 1955.

EL CAMINO RECORRIDO

De 1960 en adelante, la forma de hacer matemática en Panamá se revolucionaría. Se entró en un período de más de 15 años en los cuales se transformaría al matemático panameño. Esta transformación fue el resultado de visitas de prominentes matemáticos extranjeros y del aporte de matemáticos locales. Veamos cómo se dan estos cambios.

A inicios de la década de los años 60 nos visitan dos notables filósofos-matemáticos, Francisco Miró Quesada, de la Universidad de San Marcos en Lima-Perú y Juan Daniel García Baca, de la Universidad Central de Venezuela. Ellos inician

En 1951 se dividió la Facultad de Ciencias en dos. La Facultad de Ciencias Puras que agrupaba a las Escuelas de Matemática-Física, Biología y Química-Física y la Facultad de Ciencias Médicas que incluía a Farmacia y a Pre-Medicina. En 1953 fue creada, mediante acuerdo N°. 1, de 3 de setiembre, la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia quedando constituida por la Facultad de Ciencias Puras a la cual se le agregaron la Escuela de Farmacia y el Curso de Pre-Medicina. Esta Facultad se organizó en Escuelas y Cursos como sigue: Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas, Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas, Escuela de Farmacia y el Curso de Pre-Medicina. La Facultad se dividió en 5 Departamentos a saber: Biología, Química, Física, Matemática y Farmacia Aplicada. Dos observaciones son necesarias. Los títulos académicos que expedía la Facultad correspondían a las Escuelas que la conformaban. En los Departamentos se agrupaban los profesores de materias afines.

De acuerdo con el Boletín Informativo del año 55-56 entre los cursos de matemática requeridos para obtener el grado de licenciado en Matemática y Física encontramos los siguientes: Matemáticas Generales, Geometría, Cálculo Diferencial e Integral y Geometría Analítica, Ecuaciones Diferenciales, Cálculo Avanzado, Análisis Matemático e Historia de la Matemática. Continúa el dominio del Cálculo, pero desapareció Cálculo Diferencial y se añadió el curso de Análisis Matemático. El contenido de este curso fue: Conceptos matemáticos básicos y evolución de las ideas de matemática, números naturales, sistemas numéricos, el concepto de infinito, inducción matemática, progresiones, funciones y límites; algunos conceptos básicos de la matemática moderna. Se nota en esta descripción un avance notable ya que por primera vez se introducen conceptos matemáticos que no necesariamente encuentran aplicación directa en otras áreas de las ciencias o de la tecnología. El curso de Cálculo Integral y Diferencial cambia de denominación a Cálculo Diferencial e Integral pero su contenido no varía. No se dan progresos en álgebra que sólo mantuvo un curso, pero Trigonometría es reemplazado por un curso más robusto de Geometría que incluía: fundamentos de geometría, lugares geométricos, teoría de medida, geometría del triángulo, relación armónica, extensión del concepto de polígono y de poliedro, etc.

El 4 de octubre de 1957 los soviéticos lanzan su primer satélite artificial, el Sputnik I, que es colocado en órbita alrededor de la tierra. Este hecho causó conmoción en el mundo occidental liderado por los Estados Unidos. Se acelera la educación en Occidente y Panamá no escapa a esta realidad.

La estructuración de la enseñanza de las Ciencias a nivel superior en la nueva Facultad de Ciencias estuvo a cargo de los profesores Erich Graetz, de la Universidad de Berlín y Lawrence Siegfried Malowan, de la Universidad de Viena y de la Universidad de Zurich. Entre los colaboradores se destacan el Dr. Daniel Q. Posin (Físico, Universidad de California), Antonio J. Sucre (Ingeniero del Massachussetts Institute of Technology /Departamento de Matemática), Manuel F. Zárate (Ingeniero/ Departamento de Química) y el Dr. Ernesto Icaza (Departamento de Biología). El primer Decano de la Facultad fue el Dr. Erich Graetz. Nótese que los profesionales extranjeros mencionados fueron contratados gracias a gestiones del Sr. Presidente de la República Dr. Harmodio Arias y el Dr. Octavio Méndez Pereira, primer Rector de la Universidad. Obsérvese que la Facultad incluía en su seno al Departamento de Matemática. En este periodo inicial de nuestra Universidad, el papel de la Matemática se limitaba a cooperar en la formación de profesores para la enseñanza media o impartir educación matemática a futuros ingenieros.

En 1944 y bajo el decanato del Ingeniero Juan José Amado (Universidad de Cornell) se publicó, al iniciarse el año académico 1944-1945, el primer Boletín Informativo de la Facultad de Ciencias, que además de otros datos contenía los planes de estudio. De acuerdo al Boletín se ofrecía la Licenciatura en Matemática y Física al igual que el Profesorado en Matemática y Física para enseñanza en escuela secundaria. El plan de estudio del profesorado comprendía cinco años, mientras que la licenciatura abarcaba cuatro años. En la licenciatura se impartían los cursos de Álgebra Superior; Trigonometría; Cálculo Integral, Diferencial y Geometría Analítica; Cálculo Diferencial; Análisis Vectorial; Cálculo Avanzado e Historia de la Matemática.

En el Boletín Informativo del 44 se observa una inclinación hacia los cursos de "cálculo". Se dictaban ocho de estos cursos. Dos de Cálculo Integral, Diferencial y Geometría Analítica, uno de Cálculo Diferencial, dos de Cálculo Avanzado, dos de Ecuaciones Diferenciales y el curso de Análisis Vectorial. La presencia de la Geometría y el Álgebra se limitaban a un curso por área. Nótese que se hablaba de Cálculo Integral y Diferencial. De acuerdo con su descripción, primero se enseñaba integración, luego diferenciación. También se contaba con un curso de Historia de la Matemática, aunque limitado a las principales contribuciones de la matemática en el desarrollo de las ciencias.

En 1913 Edwin Dexter propone la creación de la Universidad Panamericana en carta enviada al Presidente de la República el 28 de mayo. De acuerdo con Dexter, la idea no es suya sino que la propuso William Jennings Bryan, Secretario de Estado bajo el Gobierno de Woodrow Wilson (1913-1916). El proyecto Bryan-Dexter tiene parecido con el actual de la Universidad del Saber ya que ambos proponen a Panamá como punto de contacto y convergencia de académicos de las Américas.

Para finales de la segunda década, ya se habían establecido otros cursos de nivel superior. En estos cursos se encontrarán las raíces de las Facultades de Medicina, Farmacia, Derecho y Agronomía. En 1924, entra en vigencia la ley 41, mejor conocida como Ley "Méndez Pereira". En dicha Ley se facultó al Ejecutivo para instituir la Universidad de Panamá, se recomendó la creación de la Escuela de Medicina al igual que la Escuela de Pedagogía, que se encargaría de la formación de los profesores de enseñanza media.

En los años 20 se imponen, en Panamá, las ideas norteamericanas de la "Nueva Educación" y de la "Escuela Activa". En la rama científico/tecnológica desarrollan estas ideas, entre otros, Nariño Rivera, Víctor Cruz Urrutia y Antonio J. Sucre, todos ingenieros que posteriormente se convierten en Profesores de Matemática de la Universidad de Panamá.

Uno de los principales acontecimientos de los años 30 fue la creación de la Universidad Nacional de Panamá mediante decreto firmado por el Dr. Harmodio Arias el 29 de mayo de 1935. Culminan así más de dos décadas de sueños no cristalizados con instituciones de Educación Superior, primero idealizada en la Universidad Panamericana y luego concebida por Octavio Méndez Pereira como la Universidad Bolivariana en 1926. Desde el momento mismo de su creación, la Universidad recibe la responsabilidad de la formación de los profesores de enseñanza a nivel medio.

HACIA LA ESCUELA DE MATEMÁTICA

Con la creación de la Universidad en 1935, se estableció el Colegio Central de Artes y Ciencias, en el que se dictaban cursos de Farmacia, Pre-Medicina y Educación entre otros. En 1938 se crearon las Facultades en la Universidad y de los cursos de Farmacia y Pre-Medicina surgió la Facultad de Ciencias. Cabe observar que en su inicio la Universidad funcionó con base en Departamentos, razón por la cual la Facultad de Ciencias agrupó a los Departamentos de Biología, Química y Farmacia, Física y Matemática.

Entre los jóvenes enviados a estudiar se encontraba Harmodio Arias quien, años más tarde, fundó la Universidad de Panamá. Por otra parte, el artículo 20 de la Ley 22 de 1907, que reforma a la Ley 11, dispuso la creación del Instituto Nacional.

El Instituto Nacional nace el 10 de abril de 1909, fecha señalada por el poder ejecutivo para su iniciación oficial; sin embargo, es solemnemente inaugurado el 25 de abril de 1909. El Instituto Nacional queda constituido por la Escuela Normal de Varones, creada por decreto número 7 de 1904, la Escuela Superior de Varones creada por decreto número 150 de 1904 y el Colegio de Comercio e Idiomas creado por decreto número 116 de 1906. Se constituyen tres ciclos: el ciclo elemental, el ciclo inferior y el ciclo superior. El ciclo elemental corresponde a la escuela común de 6 años. El ciclo inferior lo constituyen tres años de estudios generales o sea los primeros 3 años de enseñanza secundaria. El ciclo superior tiene un término de 2 años y consta de las secciones: Humanidades, Normal, Comercio y Técnica.

El surgimiento de nuevas instituciones de educación a nivel medio, en la primera década de existencia de la nación, lleva naturalmente a la necesidad de preparar personal docente capacitado en Matemática. Así, en 1913 se inicia el Curso Superior de Matemática con duración de tres años, desarrollado en el Instituto Nacional bajo la dirección de Eugenio Lutz (alemán). Estos estudios fueron establecidos mediante la Ley 31 de 26 de febrero de 1913 y reglamentados por el Decreto 68 de 17 de julio de 1913.

El inicio de este Curso Superior es de gran importancia ya que constituye el primer esfuerzo para organizar la enseñanza de la Matemática a nivel superior en Panamá, es la raíz de la cual germinaría la futura Facultad de Ciencias en 1938 y da origen en la época republicana a la educación superior que llevaría a la constitución de la Universidad de Panamá.

La segunda década del siglo encontró a Panamá tratando de elevar su nivel educativo con la ayuda de personal contratado en el extranjero. Estas contrataciones fueron tan acertadas que el impacto dejado por Richard Neuman, Otto y Eugenio Lutz (quienes impulsaron la matemática en Panamá), Frederick Libby y otros, todavía hoy se siente. El Instituto Nacional funcionó bajo la Rectoría de Edwin Dexter y José D. Moscote y la Escuela de Artes y Oficios bajo la dirección de Charles Stokelberg, mientras que la Educación Primaria estaba a cargo de Frederick Libby. La filosofía educativa imperante provenía principalmente de Alemania y Estados Unidos.

Basta recordar que, hasta la década de los 60, la educación matemática panameña estaba en manos de ingenieros. Gracias a sus fundadores, los profesores Agustín Colamarco, Nariño Rivera, Ramón Saavedra y otros, la Escuela de Matemática creó las bases para la generación de matemáticos profesionales en Panamá. Hoy se cuenta con más de 40 profesores de matemática a nivel superior con títulos de postgrado y se tiene una sólida presencia de Licenciados en Matemática en las aulas de educación media.

ANTECEDENTES

En los primeros intentos de dotar la istmo de Educación Superior no se contó con cursos de Matemática. De hecho ni el Colegio del Istmo creado en 1608 bajo el rectorado del Padre Ignacio Xaime ni el Seminario San Agustín fundado en 1612, ni en la Real y Pontificia Universidad de San Javier, creada en 1749, se ofrecieron cursos de matemática. Podemos afirmar que todas se encuadraban dentro de lo que fue la educación clásica medieval que consistía en el estudio de Teología, Derecho, Medicina y Artes Liberales.

La educación matemática superior tiene su primer antecedente en la época de nuestra unión a Colombia, con la creación por Francisco de Paula Santander, en su calidad de encargado del Poder Ejecutivo, del Colegio del Istmo en 1824. En él se instauraron las cátedras de Filosofía y Teología y, desde 1834, las de Gramática Latina y Castellana. En 1835, la Cámara Provincial de Panamá solicitó al Congreso de Bogotá permiso para crear los cursos de Jurisprudencia, Medicina y Matemática. En 1840 y bajo la gobernación del ilustre panameño, Tomás Herrera, se convertía al Colegio del Istmo en Universidad. Desafortunadamente, la Universidad del Istmo tuvo corta vida ya que en 1842 fue clausurada.

Hacia finales del siglo XIX, la matemática en Panamá recibió también el impulso de gigantes como Don Pedro J. Sosa y el Dr. Abel Bravo como preámbulo al desarrollo que se daría al adentrarnos en la época republicana.

En 1903, al constituirnos en República, surgió la necesidad de dotar a Panamá de un sistema de educación moderno que nos sacara del atraso en donde nos encontrábamos. La Ley 11, del 23 de marzo de 1904, es uno de los primeros pasos que toma el Gobierno para tal fin. Esta ley, entre otras medidas, faculta al Ejecutivo a crear la Escuela de Artes y Oficios, le permite enviar 24 jóvenes panameños becados a cursar estudios y contratar profesores y otros técnicos en educación en el extranjero.

Scientia (Panamá), 2005, Vol. 20, N° 2, 59-85

3

CIEN AÑOS DE MATEMÁTICA SUPERIOR EN PANAMÁ

PEDRO ANTONIO MARRONE G.

Departamento de Matemática,
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá.

RESUMEN

Describe la evolución de la matemática superior en Panamá durante los primeros cien años de vida republicana. Enfatiza el hecho que el desarrollo de la matemática en Panamá esta íntimamente ligado al nacimiento de la Escuela de Matemática de la Universidad de Panamá en 1965. Presenta en forma sucinta los hechos que contribuyeron al nacimiento de la Escuela y los logros que a partir de este evento se han dado.

PALABRAS CLAVES: Matemática, Escuela de Matemática, Departamento de Matemática, creación, fundación, logros.

INTRODUCCIÓN

El año 2003 marca para los panameños los primeros 100 años de vida republicana. También marca cien años de esfuerzos por dotar a los panameños de una educación acorde con los avances del mundo, en especial en matemática superior. El desarrollo de la matemática en Panamá, durante sus primeros años de vida republicana, está ligado al desarrollo, a partir de 1935, de la Universidad de Panamá y particularmente a la creación de la Escuela de Matemática en 1965.

18.-SRECKOVI C M.,Cvetkovic N., Risti c S., Grozdanovski D., Grozdanovski M., The Analysis of Characteristics Materials for Fluid Seeding Particles in Wind Tunnels and Their Influence on the LDA System Function , **Balkan Physics Letters**, Vol.7, 1999., pp. 93-103.
19.-J. ILIC, Ph.D Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, 2001.
20.-S. RISTIC , Ph.D Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, 1992.
21.-Lj.VULICEVIC, M.Sreckovic, S.Ostojic, S.Ristic, Ruzicic P., Dragicevic S., Shape and Size Distribution Analysis of Particles and some real powders, **Contemporary agriculture**, XXI, (in Serbian), 1998., pp.273-279.
22.-ALLEN, T., **Particle Size Measurement**, Chapman Hall, London, 1981.
23.-L.P.BAYVEL, A.R. Jones, **Electromagnetic scattering and its applications**, Applied Science Publishers, London ,1981
24.-Ed. J. K. BEDOW, **Particulate Systems: Technology and Fundamentals.** Hemisphere, Washington, 1983.
25.-BEDDOW, J. K., **Particulate Science and Technology,** Chem. Pub. Co., New York, 1980.
26.-S. OSTOJI, Ph.D. Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, 2000.
27.-S. OSTOJI, N.Bundaleski, Z.Tomi, J.Mircevski, D.Nikoli, D.Mamula Tartalja, R.Sekuli, Some Generalization in Evaluation of Particles Distribution and Light Scattering, **Proceedings of Lasers 2000,** Mc Lean STS Press, Eds. V.J.Corcoran and T.A.Corcoran, pp. 636-643, 2001
28:-S.OSTOJI, Z.TOMI, P.Jovani, A.Milosavljevi, S.Risti, J.Ili, R.Radovanovi, M.Zivkovi, Generalization of powder analyses of interest in biomedicine and ecology, **Proceed. of ETRAN 2004**, III.pp. 190-194.
29.-Z. TOMI, P. Jovani, A. Bugarinovi, S. Vardi, A. Marici, Lj. Vulievi, G.Gligori, Analysis of possibility of obtaining of superparamagnetic powders based on ferrooxides as precursors by MR Contrast Material Synthesis, ***Serbian Journal of Electrical Engineering,*** Vol.1, pp.29-35, 2004.
30.-P. PAVLOVI, Z. G. Kosti, P. Lj. Stefanovi, Thermal Plasma Synthesis of Utrafine Si3N4 and SiC Ceramic Powders, **Material Science Forum**, Vol. 214, pp. 205-214, 1996.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.-DAIRMEIRDIAN D., **Electromagnetic Scattering on Spherical Particles and Polydispersion**, Elsevier, New York, 1969.

2.-L.FELSEN, N.Marcuvitz, **Radiation and Scattering of Waves**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, translation, Moscow, Mir, 1978.

3.-A.V. KARYAKIN, I.F.Griboskaya. **Métodos de la espectroscopia óptica y luminiscencia en el análisis de aguas naturales**, Editorial Himiya, Moscú, 1987. En idioma ruso.

4.-D. FREIFELDER, **Physical Biochemistry**, translation, Mir, Moscow, 1980.

5.-STRAUSS W., Mainwaring S., **Control del calentamiento del aire**, Stroizdat, Moscú, 1989. En idioma ruso.

6.-**Amplia mezcla de las características de los aerosoles atmosféricos**, Ed. J.Kopitin, Nauka, Novosibirsk, 1989.

7.-RAYMOND M. **Measures, Laser Remote Sensing Fundamental and Application**, translation, Mir, Moskva, 1987. En idioma ruso.

8.-Ed. K.R.Spurny, **Physical and Chemical Characterization of Individual Airborne Particles**, Ellis Horwood, Chichester, 1986.

9.-BOHREN C., Huffman D., **Absorption and Scattering by small Particles**, Wiley, New York, 1983.

10.-DURST F., Melling A., Whitelew, H., **Principles and Practice of Laser Doppler Anemometry**, Pergamon Press, London, 1976.

11.-**Optical Particles Sizing**, Eds. G.Gousbet, G.Grehan, Plenum Press, New York, 1988.

12.-SREKOVI, M. Petrovi, M., Métodos de medición y descripción de las características de las partículas y la contaminación del aire, **Tehnika,** 1991., pp. 692-697, Vol. 46.

13.-VAN DE HULST, Light scattering by small particles, **Izd. Inost. Lit.** Moscow, 1961.(translat.).

14.-KERKER, M., **The Scattering of Light and the Other Electromagnetic Radiation**, Academic Press, New York, 1969.

15.-a) S.S. STERARNS, R.A.David, **Signal processing Algorithms**, Prentice Hall, New Jersey, 1988.

b) HILDEBRAND, F., B., **Introduction to Numerical Analysis,** Mc Graw Hill, New York, 1974.

16.-Y.C. ELDAR, A.V., Oppenheim, Quantum Signal Processing, **Signal processing,** Vol. 19, N°.6, 2002, pp.12-29.

17.-V.E., USHAKOV S.G., **Clasificación aerodinámica de los polvos,** Kimija, Moscú, 1989. En idioma ruso.

SUMMARY

ANALYTICAL AND NUMERICAL APPROACHES IN TASKS OF OPTICAL AND OTHER MEASURING TECHNIQUES AND GENERALIZATIONS ON POWDER ANALYSIS AND ECOLOGY.

Microparticles and powders represent a complex research field from the theoretical and metrologic point of view. The exact consideration as well as control is of extreme importance for ecological and biomedical normatives and applications. The numerical and analytical point of view for powder distribution as well as practical modern solutions are considered in this paper.

KEY WORDS

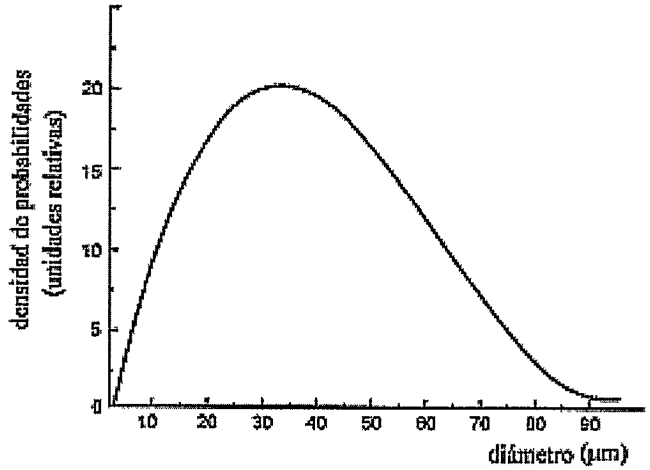
Powders, particles sizing, ecology, Lidar, laser scattering, metrology.

CONCLUSIONES

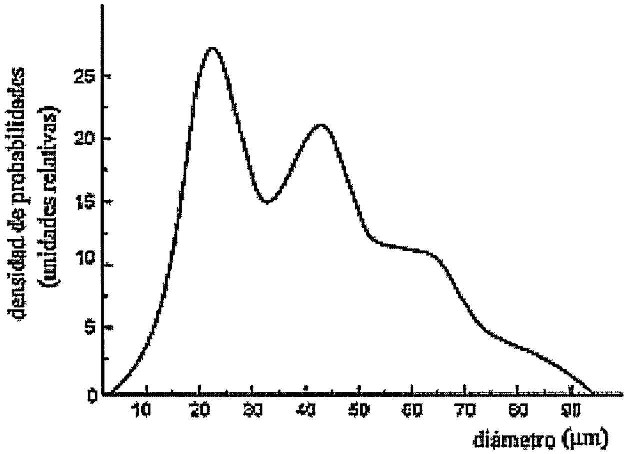
En este material se presentaron formas contemporáneas de acceso a la problemática que se dedica al control del medio ambiente, o a diversos procesos industriales que establecidos para describir los materiales en polvo – "microcorpusculares". Han sido enumeradas algunas técnicas de medición, analizadas las tareas matemáticas, y los accesos numéricos con sus interpretaciones físicas.

Se ha dado el procedimiento numérico para encontrar los parámetros de la Rosin-Rammler desconocidos, basándose en datos experimentales. Para su completa definición, la determinación de sus parámetros se logra con simulaciones numéricas para lograr la inversión: determinar la función de distribución si se conoce la dependencia angular de la intensidad de la luz difractada o de la dispersa. Se ha hecho la generalización de la distribución logarítmica de tal manera que ella y la distribución de orden cero se convierten en caso especial de la familia general de distribuciones asimétricas de con tres parámetros (teniendo en ésto que los valores del conjunto de partículas son invariantes).

Para los datos experimentales de los polvos obtenidos [3] se hizo el análisis con técnicas de la microscopia electrónica y con base en los microgramos logrados se hizo el análisis cuantitativo de la imagen. Se obtuvieron histogramas que representan la distribución de las partículas. Es interesante la interpretación de los datos, que tal vez hablan sobre las expresas características magnéticas de los polvos obtenidos, de interés para la grabación de la resonancia magnética, o sea obtener el contraste de la imagen. La aproximación, que intenta dar al proceso el carácter de Gauss, está en la ilustración N° 4. En el texto de la presentación se hizo una revisión de los accesos con funciones de distribución en la interpretación de formas específicas que menos que la Gauss se encuentran en la práctica. Los datos experimentales obtenidos fueron amoldados por curvas analíticas que muestran ciertas dependencias de frecuencias. Estas dependencias parece que muestran las particularidades esenciales de los polvos, la interacción de los procesos de formación de los vapores.



Imágen No4 Aproximación cúbica con curva sencilla



Imágen No5 Aproximación con las curvas tomando en cuenta el carácter poludispersivo del polvo

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE OTRA NATURALEZA

Modelado de resultados experimentales en otra manera analítica.

En los polvos de interés para lograr mejor contraste en las técnicas de la resonancia magnética aplicada en laboratorio [29] utilizánse las técnicas de la microscopia electrónica para analizar los polvos obtenidos. Con técnicas de cuantificación de la imagen, desarrolladas y adaptadas independientemente, se obtuvieron los histogramas que muestran la distribución del tamaño de las partículas del polvo (Imagen No 3).

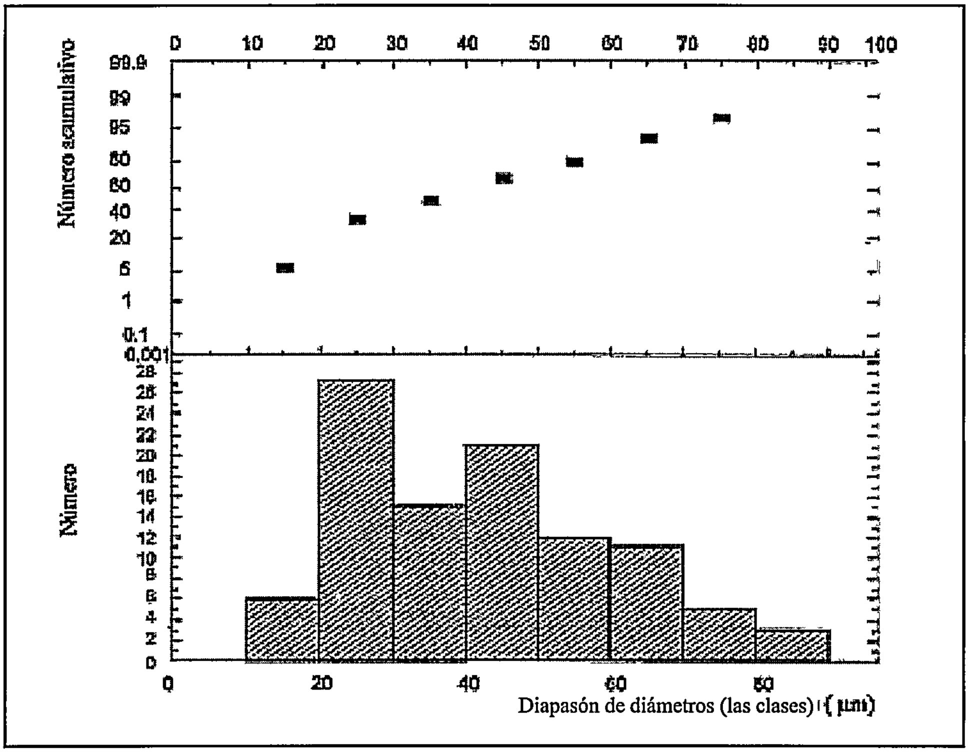


Imagen No 3. Histograma de la distribución de las partículas de polvo interesantes para el caso de materiales de contraste, obtenida por técnicas de cuantificación de imágenes.

Después, para lograr ajustes se ha procurado repartos de datos con diversas aproximaciones (Imágenes No 4 y No 5).

Si la integral se calcula como la suma de n integrales, la densidad de probabilidades de distribución de las partículas $f\ (\square)$ puede ser linearizada en intervalos pequeños. Para $\square 0\ [\ \square_j,\ \square_{j+1}\ ]$:

$$f(\square)=f(\square_j)+f(\square_j)(\square-\square_j) \qquad (17)$$

o sea :

$$f(\square)=f(\square_j)+\frac{f(\square_{j+1})-f(\square_j)}{\square_{j+1}-\square_j}(\square-\square_j)=M_j\square+N_j \qquad (18)$$

$$M_j=\frac{f(\square_{j+1})-f(\square_j)}{\square_{j+1}-\square_j}\ ,\quad N_j=\frac{\square_{j+1}f(\square_j)-\square_j f(\square_{j+1})}{\square_{j+1}-\square_j}$$

$$I(s)=\sum_{j=1}^{n}\left[\int_{\square_j}^{\square}k\left[\square\frac{f(\square_{j+1})-f(\square_j)}{\square_{j+1}-\square_j}+\frac{\square_{j+1}f(\square_j)-\square_j f(\square_{j+1})}{\square_{j+1}-\square_j}\right]\left[J_1\frac{\left[\frac{2\square\square_1 s}{2\square 1}\right]}{\frac{2\square\square_1 s}{2\square 1}}\right]^2 d\square\right] \qquad (19)$$

La medición de la distribución de la intensidad de la luz refractada es el principio de la técnica de medición del tamaño de la partícula. Se hace la iluminación de la partícula esférica mediante un rayo paralelo de luz monocromática y coherente. La lente se coloca en la trayectoria de la luz, detrás de la partícula, a la vez que el detector está perpendicular al eje óptico en el plano focal de la lente. El detector está formado por anillos de fotodiodos concéntricos, vinculados a un convertor y microprocesor. De esa forma se obtiene la dependencia entre la intensidad de la luz difractada (I) y el ángulo θ o s. Ajustando la expresión (19) con la curva experimental que representa la dependencia entre I y s, es posible determinar los parámetros que por completo definen la distribución Rosin Rammler

Los problemas de los prototipos

En cada campo de mediciones se presenta la necesidad de implementar el prototipo. Al tratarse de la dispersión de la luz a menudo se utilizan con los líquidos el polistiren latex sfere, para la dispersión dinámica, o el benzol (carbonotetracloruro). Ellos son materiales clásicos que utilizaron los históricos factores de Rayleigh.

Aparato:

El entrenamiento y la prueba de retención se realizaron en una caja de madera con dos compartimientos del mismo tamaño (30x30x30cm. cada lado) separadas por una puerta tipo guillotina. La tapa de cada compartimiento y la puerta guillotina estaban construidas de material lucita color anaranjado. El piso de uno de los compartimientos era una rejilla hecha de barras de aluminio (6mm. de diámetro), separadas por 1.5cm. Las paredes laterales en forma de V del segundo compartimiento eran de acero inoxidable y se continuaban hasta la mitad del piso, donde había una ranura de 1.5cm en la separación con la otra pared. De esta forma, cuando en este compartimiento, las ratas entraban en contacto con ambas paredes y el piso, éste podría ser electrificado usando un estimulador de corriente constante (DC), conectado en serie con un estimulador de pulsos cuadrados BRS/LVE (10 pulsos/s). La iluminación fue provista por un bombillo de 10 W localizado en el centro de la tapadera del compartimiento con rejilla.

La descarga del choque y la medición de las latencias para atravesar de un compartimiento a otro fue realizado usando un equipo automatizado.

La cámara de condicionamiento de evitación inhibitoria estaba localizada en un cuarto sonoamortiguado oscuro provisto con aislante de ruido (BSR/LVE, modelo AV-902).

Entrenamiento y Prueba de Retención:

Durante el entrenamiento cada animal era colocado en el compartimiento con rejilla de la cámara de condicionamiento. Diez segundos después la puerta entre los compartimientos se abría y se medía la latencia para entrar al compartimiento oscuro (electrificable) con todas las cuatro patas. Una vez, en el segundo compartimiento, la puerta era cerrada y durante cinco segundos se aplicaba un choque de 1.0, 2.0 ó 3.0mA descargado a través de las placas de acero inoxidable. Inmediatamente después, la puerta se abría, permitiendo que el animal escapara al primer compartimiento y permaneciera allí por treinta segundos antes de ser colocado en su confinamiento individual.

Al final del escape, la puerta era cerrada y el choque eléctrico se descontinuaba. Veinticuatro horas después una prueba de retención era programada exactamente como en la sesión de entrenamiento, excepto que el choque eléctrico no era aplicado.

ración en la actividad de cualquiera de esas estructuras, el resto de las estructuras tendrán acceso a la información y la consolidación de la memoria se realizará en condiciones normales. En esta situación todas o muchas de las estructuras del sistema están involucradas en los procesos de memoria, pero ninguna es indispensable. Este modelo hipotético ABC fue propuesto por el Dr. Prado-Alcalá (1995). El objetivo del presente experimento fue evaluar la participación funcional del caudo-putamen (CP), la substancia negra (SN) y la amígdala (AMI) durante la consolidación y reorganización de la memoria, a través de circuitos de procesamiento de la información en serie y en paralelo; cuando se aplican estímulos de bajo, intermedio y alto reforzamiento en un entrenamiento de evitación inhibitoria.

PARTE EXPERIMENTAL

Sujetos:

Se utilizaron ratas machos, adultos, de la cepa Wistar con un peso que oscilaba entre 250 a 300 gramos. Fueron alojadas en cajas de acrílico con agua y comida *ad libitum.* Todos los experimentos fueron conducidos durante la fase de luz del ciclo luz-oscuridad de 12 horas.
Los sujetos fueron asignados al azar a los siguientes grupos:

a) Integros (no implantados) con choque (INT), sin choque (S-CH).
b) Implantados con cánulas bilateralmente en el caudo-putamen (CP), la substancia negra (SN) o la amígdala (AMI).
c) Implantados con cánulas bilateralmente en la corteza parietal (CzP).
d) Un grupo control íntegro, el cual no fue condicionado ni sometido a tratamiento farmacológico (habituación).

Psicocirugía:

La craneotomía se realizó bajo anestesia con Nembutal (40mg/Kg, i.p.) y las cánulas fueron implantadas bilateralmente en la amígdala (AMI; A-2.8, L±4.5, V-8.0), caudo putamen (CP; A=O, L±3, V-4.5), o substancia negra (SN; A-5.3, L±2.0, V-7.5) o corteza parietal Cz-P; (A-P bregma, L±3; V-0.5). A las ratas se les permitió 7 días de recuperación post operatoria antes del entrenamiento. Las coordenadas estereotáxicas fueron obtenidas del Atlas de Paxinos y Watson (1982).

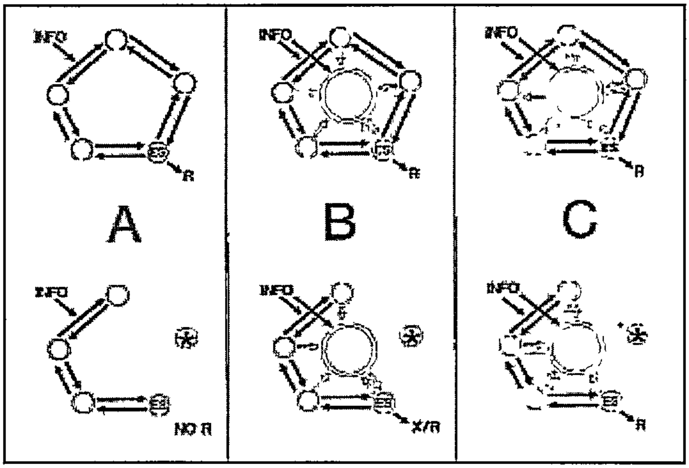


Fig. 1: Cambios funcionales hipotéticos durante la consolidación de la memoria con baja (A), intermedia (B), o alta (C) experiencia de aprendizaje (Prado-Alcalá, 1995).

Esta figura provee una representación esquemática del modelo propuesto, la cual explica la forma en la cual las vías funcionales convergen información derivada de una experiencia de aprendizaje. En A, durante la adquisición esas estructuras o áreas (círculos vacíos) están involucrados en el procesamiento y/o almacenamiento de la información (INFO) estando conectadas en serie y se retroalimentan mutuamente, mientras cada una es capaz de procesar diferentes aspectos de la situación de aprendizaje. Así, pues, la participación de cada una de ellas es necesaria para que este proceso se lleve a cabo, y para la activación de los sistemas efectores (ES), que median la respuesta condicionada (R). Cuando se da una interferencia con la actividad de cualquiera de esas estructuras (*), el flujo de información necesario para la consolidación y para la activación de ES es interrumpida, impidiendo en el animal la ejecución de la respuesta (NO R).

En B, a medida que la experiencia de aprendizaje se fortalece, la información fluye en dos rutas: la original (a través de las estructuras que están conectadas en serie) y mediante una reorganización funcional, por una vía adicional (anillo), en paralelo con lo anterior. Ambas rutas deben ser activadas para que se lleve a cabo la consolidación. Cuando la actividad de una o varias de las estructuras del sistema es afectada, el arreglo serial estará alterado y la información será procesada únicamente por la nueva conexión en paralelo. Esta situación permitirá únicamente el almacenamiento parcial de la memoria y un déficit concomitante en la respuesta (X/R).

Finalmente, cuando las condiciones de aprendizaje son óptimas (en el sobreentrenamiento o el sobrereforzamiento), como se demuestra en C, hay una retroalimentación de la comunicación entre todos los elementos. Si hay una altetes estructuras cerebrales en diferentes momentos. De esta forma se podría explicar el hecho de que muchas estructuras son necesarias para la consolidación de la memoria, pero ninguna se ha comprobado que sea imprescindible para la misma. La memoria puede afectarse significativamente cuando la actividad normal de cualquiera de un número de estructuras cerebrales es interrumpida después de una experiencia de aprendizaje. Existen evidencias que apoyan la hipótesis de que la actividad colinérgica del estriado es necesaria para la consolidación de la memoria, pero esta hipótesis es solo parcialmente correcta. Se ha encontrado que las interneuronas colinérgicas del estriado pueden estar involucradas únicamente en la memoria de conductas instrumentales que fueron adquiridas a través de un número relativamente pequeño de sesiones de entrenamiento o a través de bajas intensidades de choque eléctrico (Bermúdez-Rattoni, Mujica-González y Prado-Alcalá, 1986; Prado-Alcalá, Bermúdez-Rattoni, Velásquez-Martínez y Bacha, 1978; Prado-Alcalá *et al*, 1984, Neill y Grossmann, 1970; Salado-Castillo *et al,* 1996). Sin embargo usando variaciones sistemáticas en la cantidad de entrenamiento, cuando se interfieren las interneuronas colinérgicas del núcleo caudado, se ha demostrado que con experiencias intermedias de aprendizaje se producen gradientes amnésicos, pero con altas experiencias (sobreentrenamiento o sobrereforzamiento), ya no es necesaria la actividad colinérgica estriatal para la consolidación de la memoria (Prado-Alcalá *et al,* 1972; Giordano y Prado-Alcalá, 1986; Díaz Del Guante, Rivas-Arancibia, Quirarte y Prado-Alcalá, 1990). También se ha reportado que las lesiones de la amígdala (Parent, Quirarte y Mc Gaugh, 1993; Parent, Tomaz y Mc Gaugh, 1992; Tatcher y Kimble, 1966) y del tálamo (Markowitsch, Kessler y Streicher, 1985), inyecciones de picrotoxina en la substancia negra (Cobos- Zapiaín *et al,* 1986) y de lidocaina intraestriatal (Pérez-Ruiz y Prado Alcalá, 1989), producen deficiencias de la memoria pero con un sobreentrenamiento o sobrereforzamiento se produce un efecto protector en contra de la amnesia.

El Dr. Prado-Alcalá (1995) ha integrado toda esta información en el contexto de la localización del engrama proponiendo un modelo hipotético que puede explicar algunos de los eventos que probablemente ocurren en el sistema nervioso central durante la consolidación de la memoria de tareas instrumentales aprendidas en condiciones de entrenamiento regular y sobreentrenamiento. Una representación diagramática del modelo aparece en la fig.1.

plazo. Estos hallazgos constituyen la primera evidencia para proponer un estudio sistematizado sobre un modelo psicofisiológico de consolidación de la memoria. Se realizaron tres estudios aplicando lidocaína post entrenamiento en CP, SN o AMI. En los tres experimentos se utilizaron intensidades de entrenamiento de 1.0, 2.0 ó 3.0mA y la memoria de los sujetos fue probada a las 24 horas.

Los resultados sugieren claramente que a bajas intensidades operan circuitos en serie (consolidación lábil), a intensidades intermedias existe un proceso de reorganización de la información y con altas intensidades ocurre un procesamiento de la información a través de circuitos en paralelo (consolidación fuerte). Estos resultados permiten explicar algunos gradientes de amnesia retrógrada experimental y los explorados clínicamente.

PALABRAS CLAVES: Serie, paralelo, consolidación, engrama, substancia negra, núcleo caudado y amígdala.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran cantidad de investigación dedicada a la búsqueda del engrama; el conjunto de cambios en el sistema nervioso que representa a la memoria almacenada (Squire,1987), los resultados han sido infructuosos. Son pocos los tipos de conductas aprendidas, relativamente simples, mediadas por estructuras cerebrales particulares (Thompson, Berger y Madden 1983; Britton y Ashteimer, 2004). Otros psicofisiólogos han postulado que el engrama está difusamente distribuido en muchas áreas del cerebro, de tal manera que muchas neuronas pueden participar de una manera probabilística en el procesamiento de la memoria para eventos específicos (John, 1972). Estos planteamientos, sin embargo, no enfatizan en los posibles cambios de la plasticidad neuronal que representa la memoria.

Hay muchos resultados experimentales que demuestran que la actividad psicofisiológica de muchas regiones cerebrales son necesarias para la consolidación de tareas instrumentales. Por ejemplo, lesiones de la corteza cerebral (Kolb, 1984), hipocampo (Schmajuk, 1984), amígdala (Sarter y Markowitsch, 1985) o neoestriado (Divac y Oberg, 1979) producen marcados déficits en una extensa variedad de aprendizajes. Esos hallazgos indican que esas áreas participan en el aprendizaje y la memoria, pero no confirman la localización del engrama.

En esta investigación pretendemos plantear una nueva aproximación experimental dirigida a la búsqueda del engrama el cual podría estar localizado en diferen-

 Scientia (Panamá), 2005, Vol. 20, N° 2, 117-136

4

UN MODELO EXPERIMENTAL DE CONSOLIDACIÓN DE LA MEMORIA BASADO EN REDES NEURALES PRIMERA PARTE

RIGOBERTO SALADO CASTILLO [1],
ROBERTO AGUSTÍN PRADO ALCALÁ [2],
DRA. GABRIELLE B. BRITTON [3], NEREIDA HERRERA [4];
Y MIGUEL ANGEL CAÑIZALES [5].

1. Psicólogo Biomédico (Fisiólogo). Departamento de Psicología Fisiológica y Neuropsicología Clínica, Facultad de Psicología-Universidad de Panamá y Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina-Universidad de Panamá.
2. Psicólogo Psicofisiólogo, Especialista en Neurociencias Conductuales. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
3. Psychologist Neuroscientist. Department of Psychology and Program in Neuroscience, Lafayette College, Pennsylvania, U.S.A.
4. Tecnóloga Médica-Master of Arts. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Panamá.
5. Psicólogo-Postdoctorado en Psicología de la Salud. Ministro de Educación - República de Panamá.

RESUMEN

El procesamiento de la información mnémica es un fenómeno de múltiples niveles. El cerebro utiliza mecanismos moleculares, celulares, bioquímicos y fisiológicos para codificar atributos específicos en circuitos neuronales que determinan el engrama. También existen mecanismos de plasticidad neuronal que permiten la expresión de la memoria en casos de traumatismos cerebrales localizados o multifocales.

Es de gran utilidad el análisis de estos mecanismos básicos, pero para comprender el contexto de estos cambios en el sistema nervioso y cómo determinan las alteraciones específicas de la memoria y la conducta, es necesario analizar el código representacional a nivel de circuitos cerebrales. Evidencias de gradientes de amnesia retrógrada sugieren que es probable la participación de circuitos en serie y en paralelo en el procesamiento de la memoria de corto y/o de largo

ANEXO

ESTRATEGIAS MATEMÁTICAS PARA ESTUDIANTES DE OLIMPIADA

Para la resolución exitosa de un problema ponemos a su disposición las siguientes pautas.

Primero:

1) Lea el problema cuidadosamente, preferiblemente varias veces. Ponga especial atención en los detalles como positivo vs. negativo, finito vs. infinito, entero vs. racional, etc.
2) Empiece por clasificar el problema como "encontrar", "evaluar", "probar" o de "existencia" ¿Es un problema similar a otro que ha resuelto?
3) Identifique hipótesis y conclusión. Escriba lo que se ha supuesto y lo que se debe demostrar. Revise mentalmente definiciones y teoremas relacionados.
4) Desarrolle las estrategias rápidas
   - Notación más conveniente. Cambie la notación presentada por otra que le parezca más fácil de trabajar.
   - Determine el método a emplear: Demostración directa, indirecta, inducción.
   - ¿Puede adivinar la posible solución? Confíe en su intuición.
   - ¿Hay conceptos claves? Por ejemplo, si el problema menciona números primos, cuadrados perfectos, sucesiones infinitas, estos son términos claves.
5) Escriba toda la información que conoce, hipótesis, datos, conclusión, teoremas que le parece relevantes.

Segundo:

En este momento se entiende lo que pide el problema y se tiene una idea de lo que hay que hacer. Ahora hacemos lo siguiente:

1) Ver Ejemplos: Experimente, haga ejemplos. Haga más ejemplos, trate de ver algún patrón. Recuerde a Karl Gauss.
2) Penúltimo paso: Una vez que sabe la conclusión que desea, pregunte qué necesita para obtener la conclusión en un solo paso.
3) Pensamiento optimista y haciéndolo fácil: Esta estrategia combina la psicología y la matemática para romper el hielo inicial de un problema. Pregúntese qué hace el problema difícil y luego haga desaparecer la dificultad. Evitando temporalmente la parte más difícil del problema puede que se obtengan buenas ideas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENBOW, C. Sexual Differences in Mathematics Reasoning Ability in Intelectually Talented Preadolescents. **Behavioral and Brain Sciences,** 11, 1988, 169 - 232.

CERDA GUTIÉRREZ, H. **La Creatividad en la Ciencia y en la Educación.** Cooperativa Editorial Magisterio, Colombia, 2000.

GUZMÁN, M. de. **Para Pensar Mejor. Desarrollo de la Creatividad a través de los Procesos Matemáticos.** Ediciones Pirámide, España, 2001.

OLSON, S. Count Down. **Six Kids Vie for Glory at the Toughest Math Competition.** Houghton Mifflin Company, New York, 2004.

RIPLEY, A. Who says a Woman can't be Einstein? **Time,** Vol. 165, No. 19, 2005, 46-56.

ROOT-BERNSTEIN, R. y Root- Bernstein, M. **Sparks of Genius. The 13 Thinking Tools of the World's Most Creative People.** Mariner Books, New York, 1999.

SHOENFELD, A.H. **Mathematical Problem Solving.** Academic Press, Orlando, 1985.

• Amplía sus conocimientos matemáticos.
• Brinda una oportunidad de compartir con profesores universitarios.

El Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos logra estos beneficios para los estudiantes al brindarles conocimientos matemáticos superiores, para luego exponerlos a problemas singulares y retadores, cuidadosamente escogidos, que requieran apelar a su creatividad y a la solidez del razonamiento matemático, para su solución. Se aprovecha la mezcla de diversión, frustración y satisfacción para que el estudiante haga su mejor esfuerzo. De esta manera, se crea la posibilidad de que cada estudiante enriquezca su vivencia matemática y alcance su mayor nivel personal de desempeño en olimpiadas.

SUMMARY

STRATEGIES OF THE TRAINING PROGRAM FOR YOUNG OLYMPICS.

International mathematical games have an impact in Panama. Panamanian youth participation in these games has increased. It is necessary to improve the participants achievement. The training program for young Olympics helps to develop and improve the participants habilities in problem solving. The program methodology is described here and also strategies developed to identify and foster youth with mathematical aptitudes.

KEY WORDS

Mathematical olympic games, training, games, students with high achievement, strategies.

Los profesores, que trabajamos en el Programa, nos sorprendemos al ver cómo los jóvenes estudiantes con entrenamiento pero sin estudios matemáticos formales, logran resolver problemas que son difíciles para expertos matemáticos. Una posible explicación sería que las mentes jóvenes aún no están saturadas con toda clase de ideas matemáticas y por lo tanto pueden ir sin mayor distracción al centro del problema.

El joven basa sus soluciones en la intuición pues, como no cuenta con elaborados conocimientos matemáticos, no tiene otro elemento al que recurrir para enfrentar un problema. Parte del éxito se debe entonces al hecho que el joven que pertenece al Programa, por su preparación, puede generar gran cantidad de ideas y conjeturas muy rápidamente, logra visualizar imágenes en su mente que originan ideas que no se les ocurre al resto de sus compañeros de escuela y que llevan a la resolución de problemas. Es por esto que mantener una mente de niño, o sea, mantener su curiosidad, su capacidad de asombro y una perspectiva diferente, es importante para el éxito del olímpico como competidor.

Cuando un olímpico llega a su periodo de madurez, emplea las mismas herramientas que los matemáticos prodigiosos han empleado tradicionalmente para resolver grandes problemas: talento, perspicacia, intuición y creatividad para lograr soluciones originales a problemas frustrantes. Para esto el competidor olímpico deberá ser competitivo, tenaz y poder maravillarse ante un problema, sólo así alcanzará niveles de producción de soluciones sorprendentes.

En cuanto al entrenador tal vez lo más importante no es que sea un excelente matemático pero que pueda reconocer en sus pupilos aquéllos que tienen talento, desarrollarlos y saber cuándo estos hacen uso de sus cualidades al máximo.

A través de los años que se ha llevado a cabo el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, se ha podido comprobar que, al estudiante, el pertenecer al Programa le significa ganancias en los siguientes aspectos:

- Desarrolla su pensamiento lógico.
- Desarrolla su pensamiento creativo.
- Desarrolla seguridad al momento de hacer presentaciones de sus ideas.
- Fomenta la discusión de ideas matemáticas entre miembros del grupo.
- Ofrece oportunidades de hacer amigos con estudiantes de intereses similares.
- Enseña a perseverar a pesar del fallo.
- Ofrece actividades para el tiempo libre.

Si consideramos un triángulo inscrito en una circunferencia, es inmediato que lo corta en tres puntos. Pero ¿existen más posibilidades? Ciertamente. Si tomamos el mismo triángulo inscrito en la circunferencia y hacemos que el triángulo se mantenga fijo mientras que la circunferencia varía su radio, pronto descubriremos que el triángulo puede cortar a la circunferencia en a lo sumo seis puntos.

Construir es fabricar o edificar sobre ideas ya existentes. Es la etapa más avanzada en la cual el estudiante olímpico afronta mayores retos, al inferir conclusiones y construir soluciones. Pero su trabajo se basa en los dos puntos anteriores. Esto es fundamental, sin hacer uso de las técnicas de analogía y descubrimiento adquiridas en los pasos previos no podrá lograr mayores avances. Por ejemplo: Supongamos que abc = 1 y que $a+b+c=\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}$. ¿Qué podemos concluir de estas dos igualdades?

El joven ya ha conoce las fórmulas de Vieta y probablemente ha construido polinomios haciendo uso de ellas, y ahora por analogía tratará de inferir conclusiones.

Construye un polinomio de raíces a, b, c, P(x) = (x - a)(x -B)(x-c), de las condiciones se infiere que a + b + c = ab + bc +ca y que el polinomio resultante

$$P(x)=x^3-(a+b+c)x^2+(ab+ac+bc)x-abc$$

tiene por raíz a 1. Para esto último obsérvese que

$$P(x)=(x-1)[x^2+(1-(a+b+c))x+1]$$

5. CONCLUSIONES

El Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos tiene su base en dos aspectos fundamentales, identificar al joven con talento y potenciar sus habilidades para que cree soluciones innovadoras a problemas matemáticos.

El Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos está diseñado para producir estudiantes de alto rendimiento. Por los resultados de los equipos panameños en competiciones, el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos mejora el desempeño de los estudiantes con talento.

Explicamos brevemente en qué consiste cada una.

Mediante el uso de la analogía, el estudiante deduce relaciones de semejanza entre cosas distintas. Veamos un problema elemental en el que mediante una analogía se obtiene la solución.

Considera un número entero y su cuadrado. Si estudiamos el resto de cualquier cuadrado al dividirlo por 4 se nota que los restos son siempre 0 ó 1. Es más, si el número es par el resto es 0 y si impar el resto es 1. Esta simple observación es la base de solución de muchos problemas de olimpiadas.

Veamos si existe algún número entero x tal que. Si esto es así, entonces y . Pero por lo cual recordando nuestra observación y el hecho que se nota que los residuos en la división por 8 de un cuadrado son 0, 1 y 4. Es imposible pues que . Descubrir es hallar o destapar lo que está oculto o era desconocido. Este acto es vital para resolver problemas olímpicos como los que estudiamos a continuación.

Sea p un número primo y consideremos los números. Es cierto que p no divide a ninguno de estos números y por lo tanto podemos afirmar que estos números son todos primos relativos con p. Si ahora a es un número entero positivo, ¿qué podemos afirmar de los números? ¿Podemos afirmar que todos ellos son primos relativos con p?

Si consideramos la división de por p con la condición, el lema de Euclides nos dice que, o bien ó . La última afirmar no es posible, así que sólo podemos tener. Pero si p y a fueran primos relativos entonces todos los números son también primos relativos con p.

Cuando se divide por p a cada uno de los números el residuo es precisamente el número al que dividimos, k donde . ¿Sucede lo mismo con los números ? Podemos ver varios casos particulares e intuir la respuesta. De hecho, como ak es un múltiplo de k, para todo k donde , es claro que cada conjunto de la forma tiene como residuo a algún k, .

Hay otro problema, tal vez más sencillo, que ilustra el proceso de descubrimiento. Consideremos una circunferencia y un triángulo. Podemos preguntarnos en cuántos puntos a lo sumo cortará el triángulo a la circunferencia.

deberán fluir con facilidad. En esta fase se enseñan conceptos, estrategias de resolución de problemas y redacción de soluciones.

Se les ofrece a los alumnos los conocimientos sobre los temas sobre los que versan los problemas de olimpiada, a la vez que estrategias elementales en la resolución de problemas.

En especial, uno de los aspectos a que los instructores dedican mayor tiempo es a la identificación e implementación de ciertas estrategias para el desarrollo del pensamiento creativo aplicado a la resolución de problemas. En particular, se ha confeccionado una guía para el estudiante donde se describen las estrategias para resolver problemas. Ver Anexo. Este documento se analiza con el alumno a través de un problema propuesto que ilustre cada paso.

En adición, se hace énfasis en la escritura de las soluciones, pues cada idea deberá quedar justificada plenamente para recibir la puntuación máxima.

4.3. ESTRATEGIAS PARA LA FASE AVANZADA

De la etapa preparatoria se pasa a la avanzada en donde se les entrena con miras a competencias específicas. Los problemas que se les plantean a los estudiantes olímpicos en la fase avanzada son escogidos minuciosamente con dos propósitos en mente: profundizar un tema específico o enseñar una estrategia de resolución.

Un punto que se incentiva en los jóvenes en la fase avanzada del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos es considerar varias vías de solución de un problema antes de enfrentarlos. O sea, un olímpico no debe resolver un problema con la primera solución que imaginó, ya que, de no dar frutos, perdería tiempo buscando alternativas. Otro aspecto a incentivar es el de considerar casos particulares y luego generalizar.

En la etapa avanzada del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, se trata que los problemas tengan cierta orientación. Se orientan los problemas para que el estudiante profundice tres técnicas específicas:

- Analogía
- Descubrimiento
- Construcción

Una preparación adecuada es importante tanto en el plano anímico, físico y cognoscitivo. Para afrontar el problema, el estudiante deberá tener una actitud positiva, deberá sentirse confiado y calmado. Físicamente necesitará condiciones, algunas individuales: estado físico adecuado, luz, silencio, en las que se sienta cómodo. Deberá disponer de conocimientos y estrategias necesarios para la resolución de problemas.

La incubación se refiere al proceso en el que existe una conexión con el lado inconsciente. Este proceso puede demorar un tiempo indefinido durante el cual se procesan las ideas. El individuo no interviene en este proceso de manera consciente; muchos inventores, científicos y artistas han "encontrado" sus creaciones después de no pensar en los problemas.

Recordemos el caso de Sir William Rowan Hamilton, inventor del Álgebra de Cuaterniones. Fue, caminando por el puente del Royal Canal, cerca de Dublín, cuando en el crepúsculo tuvo la visión de la cual intuyó que la multiplicación de cuaterniones no debía ser conmutativa y la escribió en un pedazo de papel.

Hoy día esta historia está inscrita en una piedra en el puente y dice más o menos así:

"Aquí, mientras caminaba el 16 de octubre de 1843, Sir William Rowan Hamilton en un destello de genialidad descubrió la fórmula que rige la multiplicación de los cuaterniones: y la talló en piedra en este puente".

Este es un caso claro de iluminación. La iluminación permite decir "eureka" cuando se ha encontrado la solución del problema después de la incubación. En un instante se hace consciente el trabajo del inconsciente.

Pero no debemos confundir la iluminación con un golpe de suerte o azar. El estudiante resuelve el problema después de revisar mentalmente problemas que les parezcan similares, de experimentar diferentes caminos de solución, de desechar ideas, corregir errores, cambiar y reelaborar. Para la iluminación es indispensable un conocimiento profundo sobre el tema y una elaboración prolongada. Por último se verifica. Se inicia el proceso de ordenar las ideas, de escribir, dibujar, concretar y perfeccionar la solución.

La fase preparatoria del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos perfecciona la preparación del alumno; la incubación, la iluminación y verificación te del juego de su oponente. Se mide, en estos ejercicios, la imaginación, la empatía y el modelado.

En la cuarta y última sesión, se continúa trabajando en una serie de ejercicios de estrategias y juegos para terminar con una prueba grupal sobre Matemática Divertida.

Al final de cada sesión, los jóvenes resuelven un problema que deberán entregar llamado El Desafío donde podrán poner en práctica los resultados presentados en la sesión.

Adjuntamos el material empleado en las sesiones de octubre.

Las estrategias utilizadas en estas cuatro sesiones permiten seleccionar acertadamente a los estudiantes. La batería de ejercicios propuestos sirve para identificar al estudiante que posea aptitudes y actitudes creadoras.

4.2. ESTRATEGIAS PARA LA FASE PREPARATORIA

Con base en los resultados y las características que presentan en la fase de selección, se escogen a los estudiantes que continúan a la etapa preparatoria.

A la etapa preparatoria pasan aquellos estudiantes que reúnen la mayoría de las características que consideramos indispensables para convertirse en un competidor olímpico. Usualmente, de la etapa de selección a la de preparación avanzan de cinco a ocho estudiantes.

Una vez seleccionados, se inicia la fase preparatoria del Programa de Entrenamiento de Jóvenes Olímpicos. Las estrategias, que se diseñan para esta fase, deberán ir dirigidas a potenciar el desarrollo del pensamiento creativo de los jóvenes seleccionados.

Miguel de Guzmán [3] en el libro titulado **Para Pensar Mejor** describe las etapas por las cuales atraviesa el pensamiento creativo al resolver problemas de contenido matemático:

- Preparación
- Incubación
- Iluminación
- Verificación

Al analizar la experiencia en el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, se ha observado que los estudiantes usan imágenes mentales para resolver problemas. Además, en los jóvenes se da una combinación de ambos tipos de pensamiento, convergente y divergente, pero utilizan en mayor grado el pensamiento divergente. Los alumnos demuestran curiosidad y una disposición por el aprendizaje autónomo. Los estudiantes poseen una actitud creadora motivados por el reto que representa resolver un problema nuevo.

Es importante, por lo tanto, tener en cuenta todos los aspectos antes mencionados al momento de seleccionar al estudiante del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos para garantizar el escogimiento del alumno con mayor potencial. La selección deberá emplear instrumentos que sirvan para identificar al estudiante con aptitudes y actitudes creadoras.

Los instructores, quienes han trabajado en el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos desde hace años, han ido perfeccionando las estrategias utilizadas en la selección de los estudiantes. A continuación presentamos una descripción del trabajo desarrollado en la Fase de Selección en las cuatro sesiones durante cuatro sábados del mes de octubre.

En la primera sesión de trabajo, los estudiantes participantes reciben el material sobre el que trabajarán. Primero, se dividen en grupos para resolver una actividad llamada Matemática Divertida. En esta actividad, se mide la observación, imaginación y la deducción mediante la presentación de cuatro pruebas de ingenio. Cada grupo entrega una hoja de respuestas e inmediatamente se resuelve cada prueba. Seguidamente, se les propone problemas sobre algunos temas de Aritmética, luego de presentarles algunos resultados básicos. Los problemas serán resueltos de manera individual y se favorece la participación. En esta actividad se mide el reconocimiento y conformación de patrones y la abstracción.

Al inicio de la segunda sesión se entrega una lista de problemas de "calentamiento" para resolver individualmente. Se continúa con la resolución de problemas de Aritmética. En esta segunda sesión también se propondrán problemas de Geometría donde se mide la abstracción y el pensamiento espacial.

En la tercera sesión, el estudiante deberá resolver otros problemas de Geometría. Además, se le presentará problemas de estrategias y juegos. En estos problemas el estudiante diseñará estrategias para que un jugador salga victorioso independientambién se depende de imágenes mentales para concebirlas. Pero todos usamos imágenes mentales en el diario quehacer, por ejemplo al estacionar un automóvil o cuando se decora una residencia, o se cambia de lugar a un mueble.

Determinados jóvenes hacen uso de imágenes mentales para resolver problemas pero otros emplean estrategias verbales para enfrentar los retos. Estos últimos dependen muy poco de las imágenes mentales, dependen más de las palabras. Trabajan así: recuerdan palabras, ven la imagen, la convierten a palabras y determinan si los conjuntos de las palabras son los mismos.

Lo anterior implica que ambos grupos resuelven problemas de modo diferente. La ventaja sin embargo, parece estar en aquél que es visualizador de imágenes. Por ejemplo, comprender que $1/5 < 1/3$ ya que 5 es mayor que 3 es difícil para los estudiantes de escuela primaria. Pero si logra visualizarlo, lo entiende mejor. Para eso puede considerar un círculo y partirlo en tres partes iguales y compararlo con el mismo círculo partido en cinco partes iguales. Se ve la diferencia inmediatamente.

Una persona con habilidades verbales depende más de la lógica y del razonamiento; en contraste, una persona que visualiza depende más de la intuición y desarrolla habilidades espaciales. Los del grupo de visualización en ciertas circunstancias también pueden desarrollar habilidades verbales pero ambas compiten en la estructura mental.

En la creación de soluciones novedosas a problemas matemáticos, nos podemos referir a Hugo Cerda Gutiérrez [2] quien cita a Guilford. Guilford, según Cerda, contrapone el pensamiento divergente al pensamiento convergente. El pensamiento divergente es el que se mueve en varias direcciones y produce una gama de soluciones y respuestas originales. El pensamiento convergente, en cambio, es analítico y lineal y busca la respuesta convencional.

Algunos autores, además de notar las cualidades del individuo creador y el tipo de pensamiento que éste produce, hacen énfasis en la actitud creadora.

Diversas investigaciones sobre creatividad demuestran que todos tenemos aptitudes que nos permiten ser creativos en determinadas actividades. Pero no todos tenemos una fuerza que nos motiva a actuar creativamente. Se ha determinado que el sujeto creador está abierto a nuevas experiencias, está dispuesto a los cambios y a realizar innovaciones.

reconocer al sujeto creador, el que puede ser capaz de encontrar una solución ingeniosa a un problema matemático que se le presenta por primera vez.

En este punto, los instructores iniciamos un estudio acerca de la creatividad, su significado y las aptitudes y actitudes del individuo creador. Acordamos considerar la creatividad como un conjunto de procesos, habilidades y situaciones relacionadas entre sí. Por lo que al tratar de definir la creatividad, mencionaremos habilidades e indicadores utilizados para identificar ciertos comportamientos. Se estudiaron las formulaciones sobre creatividad realizadas en los trabajos de Henri Poincaré a comienzos de siglo XX como resultado de la búsqueda de nuevas soluciones a problemas matemáticos. Se estudiaron las variables y los indicadores de la creatividad señalados por autores como Guilford, Torrance, Marín, entre otros.

En el libro **Spark of Genius**, Robert y Michele Root-Bernstein [6], exploraron los instrumentos del pensamiento utilizados por científicos, escritores, pintores y compositores. Se describen las trece herramientas del pensamiento de las personas más creativas del mundo. Según Robert y Michele Root-Bernstein, éstas son las aptitudes empleadas para producir el pensamiento creador:

- la observación
- la imaginación
- la abstracción
- el reconocimiento de patrones
- la conformación de patrones
- la ejecución de analogías
- el pensamiento corporal
- la empatía
- el pensamiento espacial
- el modelado
- diversión
- transformación
- el hacer síntesis.

Para resolver problemas matemáticos de olimpiadas debemos apelar al pensamiento creador.

Los jóvenes para crear, algunas veces, utilizan imágenes mentales. Por esta razón, los matemáticos tienen afinidad con la música y la pintura pues en estos casos

4. ESTRATEGIAS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO A JÓVENES OLÍMPICOS

4.1. ESTRATEGIAS PARA LA SELECCIÓN

Para garantizar el éxito del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, se requiere una cuidadosa selección de los estudiantes que participarán en él. La Prueba de Olimpiada Panameña de Matemática es una buena manera de iniciar esa escogencia, los estudiantes que obtienen las mejores puntuaciones en la prueba servirán de semillero del Programa.

Al aplicar los ejercicios o pruebas en cada sesión en la fase de selección se desea detectar en el joven olímpico capacidades que indiquen el potencial olímpico del joven. Entre las capacidades que se desean se encuentran: la observación, comparación, abstracción, inducción, deducción, imaginación, comunicación y la capacidad de establecer relaciones.

Además, interactuando con los jóvenes olímpicos en la fase de selección, se trata de reconocer ciertas características. Las características a las cuales nos referimos son ciertos factores psicológicos que le dan fortaleza al estudiante en la resolución de problemas. Algunas de éstas son:

a) Confianza en sí mismo
b) Curiosidad
c) Concentración
d) Coraje
e) Vitalidad
f) Amor a los retos
g) Frialdad

En el estudio de Benbow [1] se observó que se dan algunas correlaciones de tipo genético entre los chicos matemáticamente precoces: tienden a ser zurdos, miopes o susceptibles a alergias. A pesar de todo, el estudiante olímpico es un chico normal y no obedece a ningún estereotipo; pasa desapercibido ante el resto de los estudiantes de enseñanza media.

Como se mencionó antes, los problemas, a los que se enfrentarán los jóvenes del Programa de Entrenamiento en las competencias internacionales, son problemas retadores que exigen una solución creativa. Se hace necesario, pues, *De julio a septiembre:*

Finalmente, tenemos el entrenamiento para la Olimpiada Iberoamericana de Matemática y el Torneo Matemático Internacional de Ciudades de otoño.

En la Olimpiada Iberoamericana de Matemática participan estudiantes menores de 18 años que trabajan individualmente en una prueba aplicada en dos días consecutivos. Cada día resuelven tres problemas que provienen de las áreas de geometría, álgebra, teoría de números, combinatoria y juegos matemáticos. Los problemas requieren, además de conocimientos técnicos, ingenio y creatividad. La Olimpiada Iberoamericana de Matemática está considerada como una de las más exigentes del mundo.

La prueba de otoño del Torneo Matemático Internacional de Ciudades se aplica en el mes octubre por lo que los jóvenes practican resolviendo problemas en preparación a esta prueba.

En adición, cuando se acerca una competencia particular en la que los equipos deben viajar, se intensifican las sesiones de entrenamiento. Las sesiones de entrenamiento van desde las 8:00 a.m. a las 4:00 p.m. los sábados. Se procura que, para cada uno de los tres períodos de entrenamiento avanzado, se cuente por lo menos con una semana entera de entrenamiento intensivo, en el mismo horario. Por lo general, una semana en enero, una en marzo y una semana en agosto.

Las fechas del entrenamiento avanzado se establecen en octubre del año anterior a su ejecución.

Como se ha expuesto, cada una de estas olimpiadas tiene sus particularidades y requieren de periodos de madurez diversos para enfrentarlas con éxito. Para la Olimpiada de Mayo, se requieren por lo menos tres meses de entrenamiento en el primer nivel y hasta un año para el segundo nivel. La Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe y la Bolivariana necesita de por lo menos año y medio de entrenamiento mientras que la Olimpiada Matemática Iberoamericana, el Torneo Matemático Internacional de Ciudades, la Olimpiada de la Cuenca del Pacífico y la Internacional exigen como mínimo dos años de entrenamiento. Por esta razón en el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, existen estudiantes en distintos niveles de acuerdo al tiempo al que han pertenecido al Programa y de la madurez matemática que han desarrollado.

De marzo a junio:

El segundo entrenamiento del año se divide en dos: el entrenamiento para la Olimpiada de Mayo, en ambos niveles y el entrenamiento para la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe. A partir de abril se entrena para la Olimpiada Matemática Bolivariana que se da en los primeros días de junio y para la Olimpiada Matemática Internacional (IMO). Esta es una de las etapas de entrenamiento más larga.

La Olimpiada de Mayo, debido a que apela al ingenio del alumno, permite detectar aquellos pequeños competidores que podrán rendir más en el futuro si se les entrena adecuadamente.

La Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe, descrita con anterioridad, busca preparar a los jóvenes de Centroamérica y El Caribe para competencias de mayor dificultad como la Olimpiada Iberoamericana y la Olimpiada Internacional. Los problemas propuestos en esta olimpiada son accesibles a jóvenes olímpicos entre 13 y 16 años, pero algunos son un verdadero desafío. Como ejemplo podemos ver el problema 6 de la Olimpiada Matemática de Centroamérica y el Caribe de 2004 en Nicaragua.

Sean n y q enteros positivos. Un (n, q) collar es un conjunto de n puntos equiespaciados de una circunferencia, donde cada punto se ha coloreado con un color elegido entre q posibles. Un (n, q) collar es primo si no es posible dividirlo en arcos "iguales" entre sí (en longitud y coloración). Demostrar que el número de collares primos es igual a n veces el número de collares primos.
Nota: Dos (n, q) collares se consideran iguales si por medio de una rotación se corresponden exactamente.

La Olimpiada Matemática Bolivariana es una olimpiada regional con un nivel muy parecido al de la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe. Sin embargo, se requiere de mucha creatividad e ingenio para enfrentarla, ya que usualmente sus problemas son retadores.

La Olimpiada Matematica Internacional es el pináculo de las olimpiadas. La más difícil prueba a la que se enfrenta un estudiante de educación media a nivel mundial. Para enfrentar los problemas que se proponen en esta olimpiada, se requiere el haber obtenido un alto nivel de madurez matemática y una gran dosis de imaginación.

De enero a marzo:

El entrenamiento que va de enero a marzo busca capacitar a los estudiantes para las competencias: Torneo Matemático Internacional de Ciudades, la Olimpiada Matemática de la Cuenca del Pacífico y la Competencia Canguro Matemático Internacional.

En estos casos, los problemas que se preparan para que los estudiantes resuelvan, provienen de competencias pasadas, o bien, parecidos a los que típicamente se ven en estas olimpiadas.

Cada olimpiada tiene sus particularidades.

El Torneo Matemático Internacional de Ciudades es una prueba difícil en donde la creatividad es muy importante, pero los conocimientos técnicos pueden ayudar. Es una competencia para jóvenes matemáticamente maduros y se realiza dos veces al año, primavera y otoño. En el caso de la Olimpiada de la Cuenca del Pacífico por lo general, al menos uno de los problemas será sobre desigualdades. Los problemas de carácter geométrico tienden a ser moderados o difíciles. El grado de dificultad de la prueba varía entre moderado y difícil.

En 1991 se dio la primera Competencia Canguro Matemático en París, Francia. Actualmente participan casi 4 millones de estudiantes alrededor del mundo, lo que hace de la competencia Canguro la mayor a nivel mundial

La competencia Canguro presenta problemas interesantes, no convencionales, en las áreas de álgebra, lógica, divisibilidad y combinatoria. La competencia está abierta a todos los estudiantes ya que no requiere experiencia previa para participar.

Las reglas que rigen a la Canguro son simples: la competencia se da a nivel mundial el mismo día, los estudiantes resuelven los mismos problemas ya que la prueba es traducida al idioma local. La prueba se administra a alumnos de segundo a decimosegundo grado. Los alumnos de segundo a quinto grado deben resolver 20 problemas, los de sexto y séptimo, veinticinco problemas y el resto debe resolver 30 problemas. Los tiempos límites en cada caso respectivamente son 60, 75 y 90 minutos. El formato es binario para alumnos de segundo y tercer grado y de escogencia múltiple para el resto de los estudiantes.

por parte de los olímpicos. Se corrige la redacción con mayor énfasis en la justificación de los detalles que llevan a una resolución.

Finalmente, una característica de estas sesiones de entrenamiento y que no se nota a nivel universitario o medio es el hecho que los olímpicos no sólo reconocen cuando una solución es brillante sino que elogian a su creador.

Además, se entrega al alumno material para estudiar si el tema tratado es muy amplio y el tiempo que tomaría para su exposición sería muy extenso. Se entrega, también, material complementario para promover el desarrollo de las habilidades para resolver problemas. Se cuenta con una creciente biblioteca que contiene alrededor de 15 libros y folletos sobre resolución de problemas en distintas áreas.

Los instructores ponen a disposición de los estudiantes más de cien monografías en áreas específicas en el enlace Olímpico en el portal de la Olimpiada Panameña de Matemática en Internet.

Se asignan problemas para ser resueltos en casa. Se cuenta con un "chat en internet" para facilitar la comunicación entre estudiantes y del estudiante con el instructor, en caso de que surja alguna duda. Las sesiones de entrenamiento se complementan con el uso del "Chat". Si un olímpico tiene alguna dificultad con un problema específico, pude comunicarse con el entrenador en una sesión de "Chat" y se le absolverán las preguntas que formule.

Periódicamente, se aplica una prueba con dos horas de duración mínima. Las pruebas son evaluadas y los errores discutidos con los estudiantes.

La fase avanzada del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos prepara a los estudiantes para resolver problemas en competencias particulares. Ya que Panamá participa actualmente (2006) en nueve competencias: el Torneo Matemático Internacional de Ciudades (primavera y otoño), la Olimpiada Matemática de la Cuenca del Pacífico, el Canguro Matemático Internacional, la Olimpiada de Mayo, la Olimpiada Bolivariana de Matemática, la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe, la Olimpiada Internacional de Matemática y la Olimpiada Iberoamericana de Matemática, la fase avanzada se ejecuta en tres periodos.

3.3. METODOLOGÍA DE LA FASE AVANZADA

Típicamente al inicio de la sesión se entrega una hoja con los problemas que se discutirán durante esa sesión de entrenamiento. En cada sesión, los primeros problemas son los más fáciles y el nivel de dificultad se va incrementando. Se busca un equilibrio entre la cantidad de problemas que resultan fáciles y los más difíciles. Las sesiones de entrenamiento se dividen por área: álgebra, teoría de números, geometría, desigualdades, juegos/descubrimiento, combinatoria. En una sesión de entrenamiento se tratarán problemas de un mismo tema.

Una vez que un problema se plantea, se da a los estudiantes entre 30 y 60 minutos para resolverlo de acuerdo con el grado de dificultad. La mayor parte de los problemas se resuelven durante los primeros 30 minutos. Una vez que un miembro del grupo lo resuelve, éste plantea su solución y se da una discusión entre los olímpicos. De haber otras soluciones se discuten también.

Lo anterior es la parte más importante del entrenamiento ya que se produce un intercambio de ideas entre los alumnos y usualmente se encuentran vías alternativas de solución. Se aprovecha también el momento para hacer correcciones en el estilo de redacción y usualmente uno o más miembros del grupo critican este aspecto, para mejorarlo. Cabe observar que los problemas pueden ser resueltos de manera grupal, aun cuando esto no siempre se incentiva.

Si en 45 minutos no se ha avanzado en la solución del problema propuesto, el instructor da una sugerencia, lo que usualmente basta para que se llegue a su resolución. Si aún después de la sugerencia no se logra vislumbrar el camino de solución del problema, se entra en una etapa de discusión hasta bosquejar la posible solución. En esta etapa, se presentan casos particulares, de ser relevantes y se le pide al estudiante generalizar cuando sea conducente a una solución, o bien se presentan ideas que llevan a una solución alternativa.

Cabe observar que si en algún momento se requiere conocimientos especiales, para la solución de un problema, se deja a los estudiantes que lo traten de resolver con los conocimientos adquiridos previamente y luego, aunque se haya resuelto, se les introduce a los esenciales del tema.

Una vez concluida la presentación de una o más soluciones al problema, se solicita a los olímpicos que redacten la solución en sus propias palabras. Esta solución se revisa; esto le da al instructor una idea del entendimiento del problema

El grupo de estudiantes se reúne con el instructor en sesiones de duración mínima de 5 horas. Las reuniones se realizan los sábados o los días de semana durante las vacaciones de inter-semestre y de verano.

En las sesiones, el entrenamiento se desarrolla mediante la exposición esquemática de conceptos y resultados para luego pasar a resolver problemas sobre el tema expuesto. Los problemas sobre los que se trabaja son problemas elementales análogos a los propuestos en olimpiadas internacionales.

Los temas tratados en la Fase Preparatoria están contenidos en el Manual de Inicio que se entrega al estudiante y comprende doce lecciones. Las lecciones versan sobre temas específicos: demostraciones en problemas de olimpiadas, métodos de conteo, teoría de divisibilidad, progresiones, ecuaciones, desigualdades, polinomios, funciones, geometría y problemas de estrategias.

Cada lección inicia con una breve explicación de conceptos y se procede a la resolución de ejercicios sobre los temas tratados. A medida que se resuelven los ejercicios, el joven aplica la teoría y a la vez se familiariza con estrategias necesarias para su resolución. Se proponen problemas con creciente grado de dificultad.

Durante las sesiones de la fase preparatoria también se incluyen las siguientes actividades:

Trabajos grupales: Algunas veces se llevan a cabo trabajos en grupo guiados por el profesor de tal forma que, para la solución de un problema, mediante un proceso lógico, se seleccionen y/o apliquen las ideas más útiles que se hayan obtenido de la discusión grupal.

Pruebas y Ejercicios Cortos: En cada sesión se realizan ejercicios cortos con la finalidad de resolver problemas fáciles en poco tiempo, así se entrena al alumno a tener los conceptos claros y a trabajar bajo presión de tiempo. Periódicamente se les aplica una prueba para medir su rendimiento en pruebas de mayor duración.

Asignación de trabajo: Se le signan problemas que deberán resolver en casa y traer su solución completa para la próxima sesión.

La Fase Preparatoria se ejecuta en el mes de enero.

selección usualmente acuden entre veinte y veinticinco estudiantes al primer llamado. Los jóvenes participan en cuatro reuniones sabatinas en el mes de octubre. Al inicio de cada sesión se entrega el listado de los problemas que se discutirán. De ser necesario se expone la teoría en la que se basa la resolución de los problemas propuestos. Se solicita a los alumnos, ya sea individualmente o por equipos, redactar la solución completa.

Las actividades que se programan para estas cuatro sesiones preliminares incluyen problemas de divertimentos matemáticos, problemas de aritmética y divisibilidad, geometría y estrategia.

Se trata que el joven demuestre su capacidad de razonamiento o su aptitud de elaborar una solución a un problema nuevo, sin más experiencia previa que unas pocas ideas o conceptos nuevos. El estudiante debe ser capaz de crear, inventar y descubrir, no sólo de repetir lo que han hecho otros. Al final de cada sesión, se le propone al estudiante un problema para su resolución bajo el acápite "El Desafío" que deberá entregar. Las sesiones de la fase de selección tratan de ser amenas y divertidas.

Aquellos estudiantes, que demuestren interés y buen desempeño en estas cuatro sesiones, son invitados a continuar en la fase preparatoria del entrenamiento, donde se les brindará conocimientos teóricos, conjuntamente con técnicas y métodos de resolución de problemas.

El trabajo, que se realiza en el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos, requiere que el joven dedique su tiempo libre a pensar y a resolver problemas matemáticos. Por lo que se pone especial énfasis en la escogencia de estudiantes que muestren disciplina.

3.2. METODOLOGÍA EN LA FASE PREPARATORIA

Es en esta etapa donde realmente se inicia el entrenamiento olímpico. Los objetivos de la fase preparatoria son: brindarle al estudiante conocimientos básicos, desarrollar sus habilidades en la resolución de problemas y enseñarlos a redactar sus respuestas de forma completa.

La dinámica de trabajo en la fase preparatoria del Programa de Entrenamiento se describe a continuación.

Entre los temas que requiere el joven olímpico para desempeñarse en las competencias internacionales podemos mencionar: álgebra, geometría plana, teoría de números, teoría combinatoria, desigualdades algebraicas y geométricas, teoría de grafos, coloración y estrategias. En general no se necesita conocimientos de Cálculo o Geometría Tridimensional o Variable Compleja para enfrentar con éxito estos problemas. Pero este mismo hecho los hace más retadores ya que el arsenal matemático a emplear en su solución es limitado.

Además, la corrección de los problemas de competencias internacionales pone especial atención en la sustentación de cada idea que se presenta, por lo que el programa de entrenamiento deberá enfatizar la redacción de soluciones de manera clara.

Dados los temas que se tratan y la naturaleza de los problemas, como es habitual en el ámbito internacional, profesores universitarios con experiencia en problemas de competencias internacionales son los responsables de los programas de entrenamiento.

A partir de 2002, se inició el Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos. Se reestructuró el entrenamiento que se ofrecía desde 1996, se sistematizó con la finalidad de regularizar la participación de Panamá en competencias internacionales y mejorar los resultados. Los autores de esta investigación son los instructores responsables del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos.

El Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos tiene tres fases bien diferenciadas: la fase de selección, fase preparatoria y fase avanzada. En el Programa participan los estudiantes con las mejores puntuaciones de la Olimpiada Panameña de Matemática. Cada año, en el Acto de Premiación de la Olimpiada Panameña de Matemática, se extiende una invitación a todos los medallistas a participar en el Programa.

3. METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO A JÓVENES OLÍMPICOS

3.1. METODOLOGÍA EN LA SELECCIÓN

La fase de selección del Programa de Entrenamiento a Jóvenes Olímpicos inicia con la convocatoria de los medallistas de la Olimpiada Panameña de Matemática del año. A pesar que cada año la Olimpiada premia a muchos más, a la etapa de

Para 1999, Panamá fue invitada a participar en la primera Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe. El entrenamiento lo desarrollaron los profesores Rogelio Rosas y Jaime Gutiérrez. El equipo panameño tuvo una actuación adecuada ganando una Mención de Honor y una Medalla de Bronce.

Durante el 2000 y 2001 se realizó adiestramiento para las competencias internacionales, contribuyendo al mismo los profesores Rogelio Rosas, Jaime Gutiérrez, Teresita de Ávila, Pedro Marrone y Lydia Burgoa. Los estudiantes de los equipos obtuvieron Medalla de Bronce en la XV Olimpiada Iberoamericana y Mención de Honor en la III Olimpiada Centroamérica y El Caribe.

2. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO A JÓVENES OLÍMPICOS

Entrenar para olimpiadas matemáticas internacionales es parecido a entrenar para cualquier competencia deportiva. Representa largas sesiones de instrucción e involucra dedicación por parte de los estudiantes y de los instructores. Los instructores deben estar enterados de los problemas que han sido propuestos en pasadas competencias, de las corrientes en cuanto a temas en resolución de problemas y del tipo de problemas que usualmente se presentan en las diferentes competencias. Los estudiantes, por su parte, deberán estar dispuestos a estudiar de manera independiente temas que no pertenecen a su currículo escolar y a dedicarse horas a la resolución de problemas.

En las competencias internacionales se plantean problemas de desarrollo, enmarcados en un temario que forma parte de la matemática básica pre-universitaria. Estos problemas requieren para su resolución, además de creatividad e ingenio, el empleo de técnicas y dominio de ciertos temas matemáticos. Dado que la educación matemática que reciben los jóvenes en el nivel de pre-media y media está lejos de proporcionar tales habilidades y conocimientos, es necesario brindarles un entrenamiento especial.

Un programa de entrenamiento brinda adiestramiento a los jóvenes que participarán en las competencias matemáticas internacionales. Tiene como propósito equipar a los estudiantes con las herramientas necesarias para enfrentar con éxito los problemas propuestos en las justas internacionales. Un programa de entrenamiento está encaminado a mejorar el desempeño en una competición de un estudiante con talento.

- la XIII OIM celebrada en Puerto Plata, República Dominicana, en 1998; una profesora del Centro Educativo Santo Domingo de la provincia de Coclé acompañó a uno de sus estudiantes, Miguel Him. La brillante actuación de Him le permitió obtener una Mención de Honor para el país.

- la XIV Olimpiada Iberoamericana de Matemática en Cuba, en 1999; se participó con una delegación enviada por el Ministerio de Educación. No contamos con los resultados del equipo panameño.

Panamá inició un entrenamiento para olimpiadas matemáticas en 1996. En efecto, con miras a la futura participación de un equipo de Panamá en la Olimpiada de Mayo Argentina, en el verano de 1996, se ofreció una capacitación que buscaba preparar a los estudiantes para una participación exitosa en dicha olimpiada. En aquella ocasión, el profesor Rogelio Rosas y el profesor Pedro Marrone ofrecieron la capacitación.

El entrenamiento rindió frutos ya que uno de nuestros estudiantes, de la provincia de Chiriquí, logró ganar una Mención de Honor en el primer nivel en esa competencia.

Los participantes por Panamá, en las olimpiadas internacionales del año 1997, se escogieron entre los ganadores de la Olimpiada Nacional, a quienes el Departamento de Matemática premió con la asistencia a un Taller Intensivo de Resolución de Problemas de 2 semanas durante el verano. Este Taller buscaba prepararlos para la participación en eventos internacionales y estuvo a cargo de la Comisión de Extensión del Departamento de Matemática. En particular brindaron sus enseñanzas en ese Taller los profesores Jaime Gutiérrez y Lydia Burgoa. De esta manera se ligaron, por primera vez, la competencia nacional y las internacionales.

En 1997, en nuestro segundo año de participación en la Olimpiada de Mayo, contamos con la colaboración desinteresada de Argentina que nos proporcionó material de entrenamiento. En el Primer Nivel, Panamá obtuvo una Medalla de Plata, honor que recayó sobre el estudiante Henry Wong Kiao, del Instituto Episcopal San Cristóbal.

El resultado de Wong demostró que el entrenamiento no sólo podía rendir beneficios sino que el estudiante panameño con talento podía competir exitosamente en competencias internacionales.

Hasta 2002, Panamá sólo participaba en la Olimpiada de Mayo, la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe y la Olimpiada Iberoamericana de Matemática. En 2005, además de aquéllas participa con éxito en la Olimpiada Matemática de la Cuenca del Pacífico, el Torneo Matemático Internacional de Ciudades, la Competencia Canguro Matemático Internacional y, a partir de junio de 2006, Panamá participa en la Olimpiada Bolivariana de Matemática y la Olimpiada Internacional de Matemática.

De estas competiciones, sólo tres requieren que los estudiantes viajen a los países sedes, la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe, la Olimpiada Internacional de Matemática y la Olimpiada Iberoamericana de Matemática. En las demás, las pruebas son enviadas para ser aplicadas en Panamá bajo el código de honor olímpico en la fecha establecida por el Comité organizador en el país sede. Algunas de ellas tienen que ser traducidas al español. Esas pruebas se evalúan en Panamá y las que tienen las puntuaciones más altas se envían a la sede. El Comité organizador, en el país sede, decide los ganadores entre los diferentes países participantes.

1.3. ENTRENAMIENTO Y PARTICIPACIÓN PANAMEÑA EN COMPETENCIAS INTERNACIONALES

Inicialmente, Panamá incursionó en las competencias matemáticas internacionales asistiendo a:

- la I Olimpiada Iberoamericana de Matemática realizada en Colombia en 1985. No se cuenta con los datos relativos a participantes o resultados de la delegación.

- la XVIII Olimpiada Internacional de Matemática celebrada en La Habana, Cuba, en 1987; el Ministerio de Educación de Panamá envió a una delegación de estudiantes, ocupando uno de los últimos lugares en la tabla de países participantes.

- la VII OIM realizada en Caracas, Venezuela en 1992; los profesores Octavio Matos y Arsenio Cornejo, del Departamento de Matemática, acompañaron a alumnos del Colegio Javier y del Instituto Episcopal de Panamá. El adiestramiento de los estudiantes estuvo a cargo del profesor Silverio Vergara.

La OMCC se celebra anualmente con el patrocinio de la OEI y otros entes, entre los que usualmente se encuentran a los Ministerios de Educación de la región. Los países participan con equipos conformados por tres estudiantes, un Jefe de Delegación y un Profesor Tutor. Pueden asistir otros profesores particularmente de educación media en calidad de observadores o asistentes al seminario.

1.2.3. OLIMPIADA DE MAYO

El evento denominado Olimpiada de Mayo (Competencia Juvenil Iberoamericana de Matemática) es una competencia internacional auspiciada y promovida por el Centro Latinoamericano de Matemática e Informática (CLAMI) y la Federación Iberoamericana de Competiciones Matemáticas. La coordinación central de dicho evento está localizada hoy en la República Argentina, bajo la dirección de la Doctora Patricia Fauring. Una de las ventajas de este evento es que se da localmente, o sea, anualmente cada país participante recibe vía courier la prueba y la aplica el segundo sábado de mayo, bajo el código de honor de las olimpiadas.

En la Olimpiada de Mayo participan los países iberoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Portugal, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. El primer delegado por Panamá a la Olimpiada de Mayo fue el profesor Rogelio Rosas. Actualmente ejerce el cargo el profesor Pedro Marrone.

La competencia se realiza en dos niveles: el "Primer Nivel" que acoge a todos los estudiantes que no hayan cumplido 13 años al 31 de diciembre del año anterior a la celebración de la Olimpiada. En el "Segundo Nivel" participan los jóvenes que no hayan cumplido 15 años al 31 de diciembre del año anterior a la celebración de la Olimpiada. Cada examen consta de cinco (5) problemas para resolver en tres (3) horas. Cada problema se califica con un máximo de diez (10) puntos. Los criterios para la asignación de puntuaciones por problema los provee el Comité de Problemas de la Olimpiada de Mayo. Los exámenes deben permanecer confidenciales hasta el tercer sábado de mayo.

La Olimpiada de Mayo es una prueba muy interesante ya que permite a jóvenes de 11 a 15 años iniciarse en las competencias matemáticas con poco conocimiento. Esto es así ante todo en el Primer Nivel ya que se pueden resolver los problemas con razonar e intuir patrones o comportamientos. La prueba en el Segundo Nivel es más exigente, pero requiere de creatividad e ingenio para el triunfo.

Rally Matemático fue promovida por Venezuela en la OIM de Caracas de año 1992, se desarrolla un día después de terminada la última prueba y tiene esencialmente un carácter recreativo.

1.2.2. OLIMPIADA MATEMÁTICA CENTROAMERICANA Y DEL CARIBE

La idea de crear una Olimpiada Centroamericana nace en reuniones de trabajo durante la XII Olimpiada Iberoamericana de Matemáticas en Guadalajara, México, en 1997. Al igual que el resto de las olimpiadas, ya sean nacionales, regionales o internacionales, su principal objetivo fue crear y promover el interés en la matemática para impulsar el desarrollo de las ciencias y la tecnología en los respectivos países.

La creación de lo que hoy conocemos como la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe, OMCC, surge como iniciativa de los países centroamericanos que presentaron a la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) un proyecto con características propias. La olimpiada centroamericana buscaba ser un evento para que estudiantes menores de 16 años lograran experiencia en este tipo de competencias y sirviera como un punto de evaluación para escoger a los equipos que representarían a cada país en la Olimpiada Iberoamericana de Matemática y en la Olimpiada Internacional de Matemática. Además, como valor agregado, se buscaba ofrecer un seminario paralelo que expusiera nuevas metodologías y tecnologías para brindar la oportunidad de ampliar conocimientos a los profesores de enseñanza media del área. De esa manera, se lograría también el intercambio de experiencias académicas. La estructura académica es similar a la de la Olimpiada Iberoamericana de Matemática.

Este proyecto fue más allá de lo planeado originalmente por los países centroamericanos. A él se unieron Cuba, República Dominicana y Puerto Rico. Luego, Colombia, Venezuela y, por último, México. Se integraron, así, 12 países en esta competencia.

La primera Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe se desarrolló en 1999 en San José, Costa Rica, entre el 6 y el 12 de julio contando con la participación de 9 países: Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico y Venezuela.

participa con un equipo de cuatro estudiantes, un Jefe de Delegación y un Tutor. La Olimpiada Iberoamericana de Matemática (OIM) es un concurso que consta de una prueba escrita que se desarrolla en dos días de sesiones de cuatro y media horas cada una. Los problemas de la prueba son seleccionados por un Jurado Internacional entre los propuestos por los países participantes.

El Jurado Internacional está integrado por los Jefes de Delegación de cada país que son, por lo general, matemáticos con experiencia en olimpiadas internacionales y contiene, además, un miembro designado por el Comité Organizador del país sede, que lo preside. Las funciones del Jurado Internacional incluyen la selección de los problemas que conforman la prueba, como se mencionó anteriormente, la aceptación o rechazo de los criterios propuestos por los Tribunales de Coordinación para la calificación de las pruebas y la asignación de las medallas y premios.

El Jefe de Delegación de cada país, con la ayuda del Profesor Tutor, calificará las pruebas de los estudiantes de su delegación siguiendo las pautas aprobadas y presentarán, ante el Tribunal de Coordinación de cada problema, una evaluación fundamentada de la solución dada.

Los objetivos de la OIM son:

1.-Estimular el estudio de las matemáticas y el desarrollo de jóvenes talentos en esta ciencia.
2.-Ser un marco propicio para el intercambio de experiencias y para la profundización de la amistad entre los países participantes.

Cabe anotar que, en 1989, y con motivo de la celebración de la IV OIM, en La Habana, Cuba, se convocó a los países participantes a tomar parte en el I Simposio Iberoamericano sobre la Enseñanza de la Matemática en el Nivel Medio. El éxito de esta primera experiencia obligó a que se incluyeran los Simposios en olimpiadas iberoamericanas de años subsecuentes. En la vigésima edición de la OIM, celebrada en Cartagena de Indias, Colombia rompió con esta tradición e instauró el I Seminario de Educación Matemática Iberoamericano con énfasis en Resolución de Problemas. Está por verse el impacto de esta iniciativa.

La olimpiada iberoamericana se completa con una "Prueba por Equipos o Rally Matemático". Cada equipo está constituido por cuatro estudiantes de distintos países cada uno designados por sorteo. La modalidad de la Prueba por Equipos o crática Alemana, Unión Soviética y Rumania. Desde entonces ha ido creciendo el número de países participantes, hasta que actualmente más de 80 países de todos los continentes se dan cita para esta competencia.

Con el propósito de integrar a Latinoamérica al movimiento olímpico internacional, Colombia realizó, en 1985, la primera Olimpiada Iberoamericana de Matemática. Motivados por esa competencia y buscando actividades destinadas a preparar a los estudiantes para la misma, se llevaron a cabo concursos regionales y se promovieron olimpiadas nacionales en diversos países.

Cabe observar que, en 1989, la UNESCO recomendó a sus estados miembros que se promovieran actividades extraescolares, como son las olimpiadas internacionales y regionales, en las ciencias y las matemáticas, para apoyar el talento y la iniciativa científica entre la juventud.

Este objetivo se pretende alcanzar enfrentando al estudiante a problemas que requieren creatividad, imaginación e ingenio para su solución. Los problemas de olimpiadas matemáticas rompen así el marco de los problemas tradicionales del aula de clase aun cuando se mantienen dentro del ámbito de la matemática de la educación media previa al cálculo.

Panamá inició su participación internacional compitiendo en la Olimpiada Iberoamericana de Matemática. Con posterioridad participó en la Olimpiada de Mayo y en la Olimpiada Matemática de Centroamérica y El Caribe. Como éstas son las tres olimpiadas internacionales en que con mayor regularidad Panamá ha participado, las describiremos con algo más de detalle, ya que constituyen la base sobre la cual se forja el movimiento olímpico panameño.

1.2.1. OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE MATEMÁTICA

En 1985, la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), a propuesta del Ministerio de Educación de Colombia, convocó a la primera Olimpiada Iberoamericana de Matemática (OIM). La Olimpiada Colombiana de Matemática fue la gestora de la Olimpiada Iberoamericana de Matemática.

En esta olimpiada, participan delegaciones de los países iberoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Cada país

Si la rata no atravesaba en 600 segundos hacia el compartimiento donde el choque se había aplicado, finalizaba la sesión y se asignaba un puntaje de 600 segundos.

Tratamientos:

Un minuto después del entrenamiento cada animal operado fue inyectado bilateralmente con lidocaina al 2% ó solución salina (NaCl) al 0.9% las cuales fueron administradas directamente de la preparación comercial en las siguientes dosis: la amígdala o la sustancia negra (0.5µl/min/cánula) y en la corteza parietal o el caudo putamen (1.0 µl/min/cánula). Estas sustancias fueron inyectadas en grupos independientes, como se describió en la sección anterior (sujetos). Las soluciones se administraron a través de una aguja dental # 27 conectada a una microjeringa Hamilton colocada en una bomba de infusión lenta (Sp 200i *syringe pump*).

Durante este procedimiento los animales se podían mover libremente en sus cajas individuales, evitando el estrés que podría interactuar con los efectos del fármaco.

La dosis de lidocaína utilizada en el presente estudio se escogió basada en las investigaciones realizadas por Martin (1991) utilizando la técnica autoradiográfica para evaluar la extensión de la inactivación funcional producida por la microinyección de lidocaína, asociada a los cambios en la captura de 2-deoxiglucosa en el tejido alrededor de la punta de la cánula de infusión, mediante la supresión de la actividad neural por lo menos durante 2 horas.

Histología:

Al finalizar el experimento, todas las ratas implantadas fueron profundamente anestesiadas y perfundidas intracardiacamente con salina isotónica seguida de formaldehído al 10%. Los cerebros fueron extraídos y conservados en formalina por lo menos 1 semana antes de que se realizaran las secciones coronales (50 µm de espesor) y se tiñeron (con el método de Nissl) para determinar la localización de las puntas de las cánulas. (fig. 2).

Análisis Estadístico:

Debido a que la medición de la prueba de retención finalizaba a los 600 segundos se utilizó estadística no paramétrica en el análisis de los resultados. De manera específica el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis fue utilizado en las latencias de adquicisión, escape y retención en el caso de los grupos independientes. Cuando se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para determinar en qué pares de grupos estaban las diferencias en la prueba de retención a las 24 horas.

La actividad locomotora fue analizada mediante estadística paramétrica, utilizando el análisis de varianza de parcelas divididas y la prueba de Tukey.
El valor de probabilidad P? 0.05 se consideraba significativo para las diversas pruebas.

RESULTADOS:

El análisis histológico reveló que en 15 animales las puntas de las cánulas no estaban en las estructuras adecuadas y los animales fueron descartados para el análisis estadístico. La figura 2 describe la localización de las puntas de las cánulas. Únicamente aquellas ratas con cánulas ubicadas en la substancia negra compacta, estriado dorsal o la amígdala; o por encima de cualquiera de estas estructuras incluyendo la corteza parietal fueron consideradas para el análisis estadístico.
Los resultados encontrados en los experimentos realizados en los grupos independientes entrenados con intensidades de 1.0, 2.0 ó 3.0mA revelaron en el análisis de varianza con la prueba de Kruzkal-Wallis que no existían diferencias significativas en las latencias de adquisición y escape.

Experimento 1

Se presentaron diferencias altamente significativas en las latencias durante la prueba de retención (24 horas) en los animales entrenados con 1.0mA (H=57.812, g.l.=8, p?0.00001).

La prueba U demostró que los tres grupos controles (SN-S, CP-S ó AMI-S) difirieron significativamente de los grupos experimentales (SN-L, CP-L ó AMI-L) con rangos fluctuantes de p=0.0003; p=0.0014 y p=0.0006, respectivamente. Sin embargo no se encontraron diferencias entre los grupos experimentales, como tampoco entre los cinco grupos controles (INT, CzP-L, SN-S, CP-S y AMI-S); pero todos los grupos entrenados con 1.0mA presentaron diferencias significativas del grupo S-CH (0.0mA). Fig. 3.

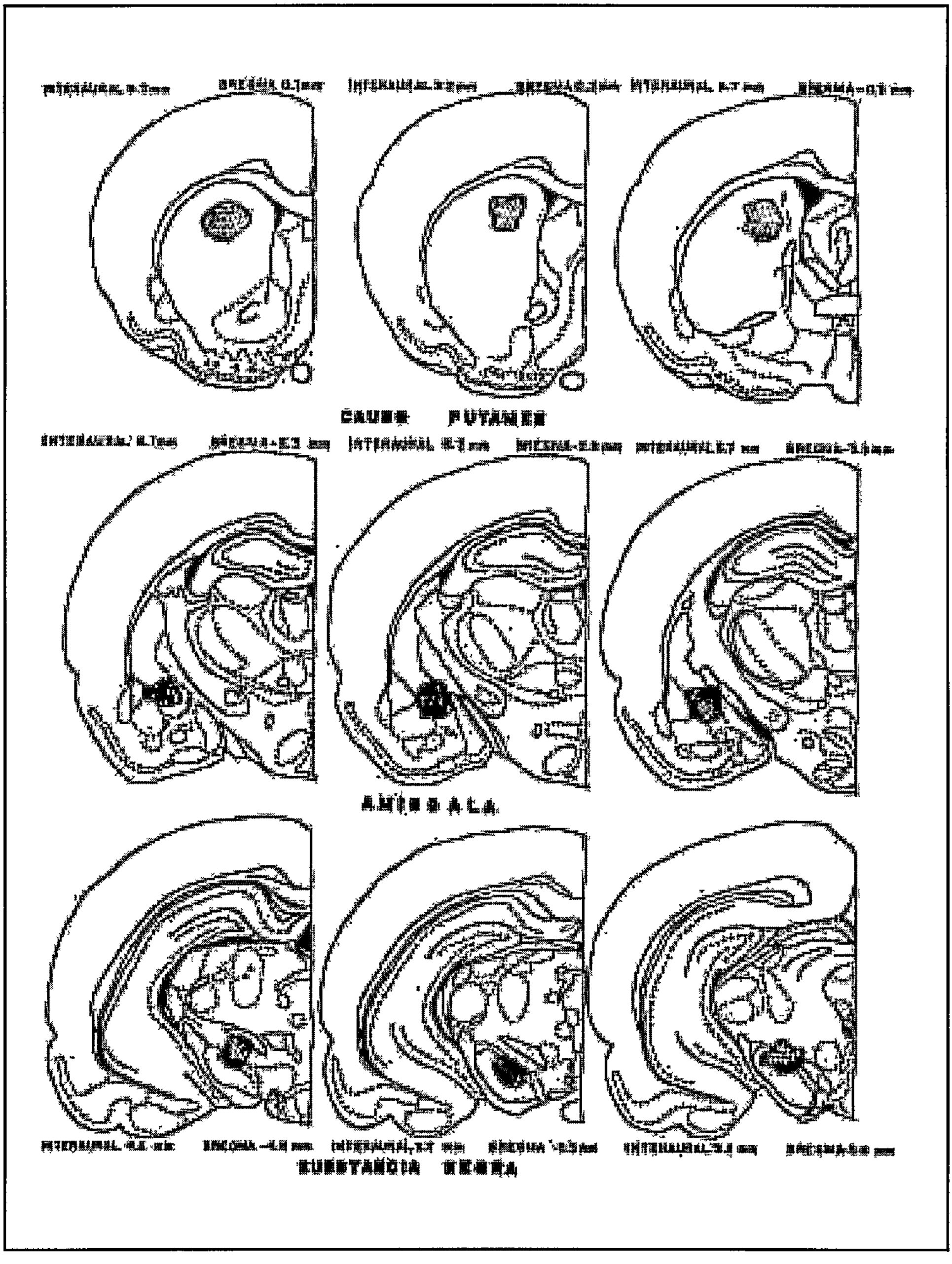


Fig. 2: Representación esquemática de la localización de las puntas de las cánulas en el caudo-putamen, la substancia negra y la amígdala. Tomado del **Atlas Estereotáxico del cerebro de ratas,** de Paxinos y Watson, 1982).

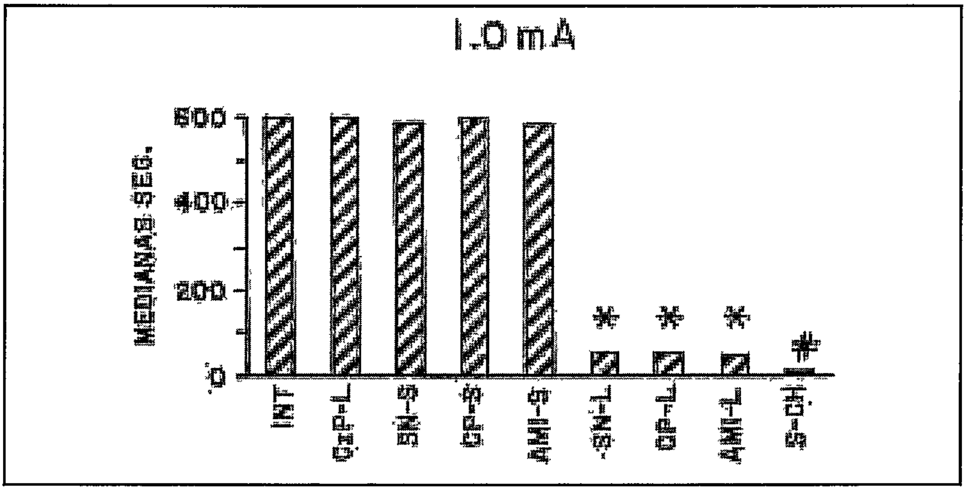


Fig. 3: Efectos de la administración de lidocaína sobre los puntajes de retención de un condicionamiento de evitación inhibitoria aplicando una intensidad de 1.0mA, medidos 24 horas después del entrenamiento. Las abreviaturas son las siguientes: INT, integro con choque; CzP, corteza parietal; SN, substancia negra; CP, caudoputamen; AMI, amígdala; S-CH, íntegro sin choque; L, lidocaína; S, solución salina isotónica. Las infusiones de L ó S fueron hechas un minuto después del entrenamiento. El grupo S-CH difirió significativamente de todos los grupos experimentales (# $p<0.05$) * $p<0.001$ vs cada uno de sus respectivos grupos controles. No hubo diferencias entre los grupos controles entrenados con 1.0mA.

Experimento 2

Las evidencias estadísticas en el experimento con 2.0mA revelan diferencias significativas en el análisis de varianza Kruskal-Wallis de la prueba de retención ($H=47.4864$, g.l.=7, $p=0.0001$). La prueba U demostró diferencias significativas entre los grupos controles (CP-S ó AMI-S) vs los grupos experimentales (CP-L ó AMI-L) con rangos fluctuantes de $p=0.0005$ y $p= 0.0007$, respectivamente; pero no se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales (CP-L vs AMI-L). Entre los grupos SN-S vs SN-L no se encontraron diferencias significativas pero sí hubo con el resto de los grupos experimentales (CP-L y AMI-L).

Los grupos controles de solución salina (SN-S, CP-S y AMI-S) e íntegro (INT) no presentaron diferencias significativas, pero sí todos los grupos entrenados con 2.0mA difirieron significativamente del grupo S-CH ($p=0.0005$). Fig. 4.

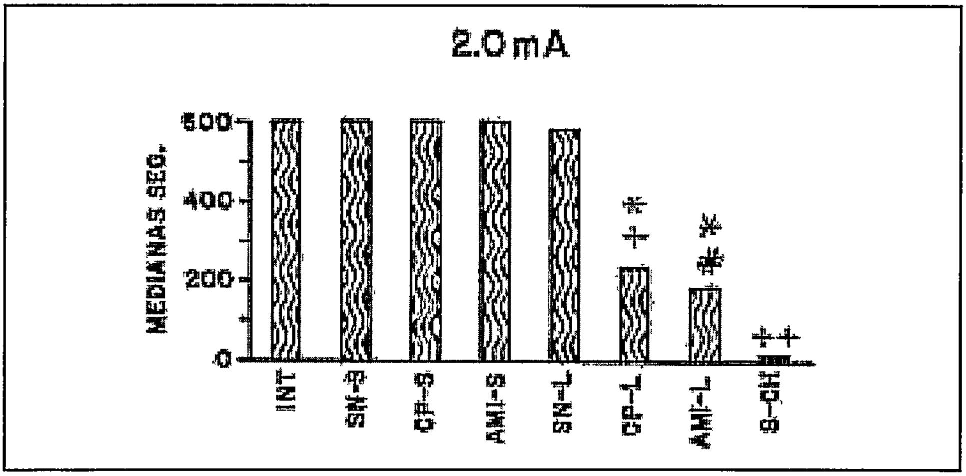


Fig. 4 Efectos de la administración de lidocaína sobre los puntajes de retención de un condicionamiento de evitación inhibitoria aplicando una intensidad de 2.0mA, medidos 24 horas después del entrenamiento. Las abreviaturas corresponden a la fig.3.*p<0.01 vs SN-L; +p<0.001 vs CP-S; #p<0.001 vs AMI-S. Todos los grupos difirieron significativamente del grupo S-CH (++ p<0.0001). No hubo diferencias entre los grupos controles entrenados con 2.0mA.

Experimento 3

En la prueba de retención mediante entrenamiento con 3.0mA se encontraron diferencias significativas en la prueba Kruskal-Wallis (H=37.2589, g.l.=7, p=0.00001).

Al realizar la prueba U no se encontraron diferencias significativas entre los cuatro grupos controles; entre los tres grupos controles de salina y los tres grupos experimentales de lidocaina, como tampoco difirieron entre sí los tres grupos experimentales. Sin embargo el grupo S-CH difirió significativamente de los grupos SN-L y AMI-L (P=0.004) y con los grupos restantes (p=0.003). Fig. 5.

Análisis estadístico intraestructural

También se realizó el análisis estadístico comparativo vertical con respecto a la misma estructura tratada con lidocaína (SN-L, CP-L ó AMI-L), sometidas las ratas a diversos parámetros de estimulación nociceptiva (1.0, 2.0 ó 3.0mA) y evaluadas con las pruebas de retención a las 24 horas.

Se encontraron diferencias significativas en la prueba Kruskal-Wallis entre los grupos experimentales de la substancia negra (SN-L1, SN-L2 y SN-L3) con los siguientes resultados: H=15.7133, g.l.=2 y P=0.0004. En la prueba U se encontraron diferencias significativas entre SN-L1 vs SN-L2 (p=0.0006) y SN-L3 (P=0.0004). No se encontraron diferencias significativas entre SN-L2 vs SN-L3. Fig. 6a.

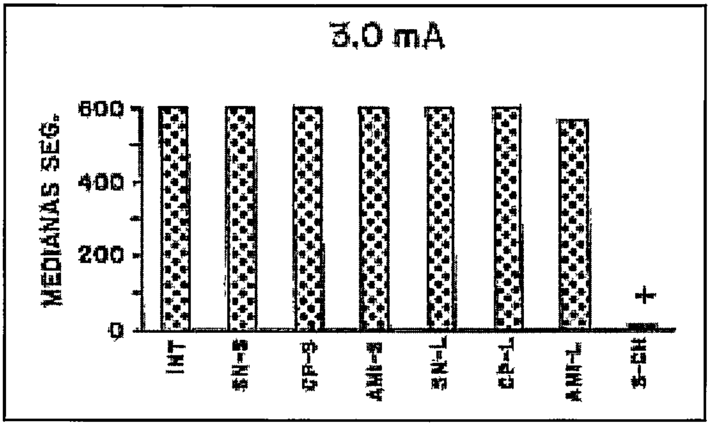


Fig. 5: Efectos de la administración de lidocaína sobre los puntajes de retención de un condicionamiento de evitación inhibitoria aplicando una intensidad de 3.0mA, medidos 24 horas después del entrenamiento. Las abreviaturas corresponden a la fig. 3. No hubo diferencias entre los grupos, excepto con el grupo S-CH (+P<0.0005).

En la prueba Kruskal-Wallis comparando el CP-L en las diferentes intensidades de entrenamiento se encontraron diferencias significativas en la prueba de retención (H=10.7815, g.l.=2, p=0.0046). En la prueba U se encontró que el CP-L1 difirió significativamente del CP-L2 (p=0.416) y del CP-L3 (p=0.0026); mientras que el CP-L2 vs CP-L3 también mostró diferencias significativas (p=0.0096). Fig 6b.

Finalmente el análisis de varianza Kruskal-Wallis en los grupos AMI-L también reveló diferencias significativas (H=9.2759, g.l.=2, p=0.0097). La prueba U a su vez demostró diferencias significativas entre AMI-L3 vs AMI-L1 (p=0.0043) y AMI-L2 (p=0.0092). No se encontraron diferencias significativas entre la AMI-L1 vs AMI-L2. Fig 6c.

Estos datos permiten aproximarnos experimentalmente hacia una explicación de los gradientes amnésicos señalados en la Ley de Ribot y los obtenidos a través de las evidencias encontradas en la neuropsicología clínica.

DISCUSIÓN:

Los resultados de esta investigación demostraron una clara evidencia de que existen diversos gradientes de amnesia retrógrada en diferentes grupos de ratas sometidas con diversas intensidades de entrenamiento y microinyectadas con lidocaína en la SN, CP ó AMI.

En este caso cuando el entrenamiento fue realizado con bajas intensidades de reforzamiento (1.0mA), la infusión de lidocaína en la SN, CP ó AMI produjo un notable déficit de memoria.

Se puede considerar que la memoria es marcadamente afectada cuando la actividad neural de cualquiera de un número de estructuras cerebrales es alterada después de una experiencia de aprendizaje (Bermúdez-Rattoni; *et al*; 1986; Prado-Alcalá *et al*; 1978 y 1984; Neill y Grossmann, 1970).

El aumento en la intensidad del reforzamiento negativo (2.0mA) es un factor protector sobre la memoria en su efecto amnésico cuando se administra lidocaína en la SN, pero hubo déficits de memoria después de su infusión en el CP ó AMI. Esta evidencia lleva a sugerir que tal interferencia con la función neural viene a ser inocua cuando la experiencia de aprendizaje es incrementada (Prado-Alcalá *et al*, 1972; Giordano y Prado-Alcalá, 1986, Díaz Del Guante, *et al,* 1990) como sucedió en los grupos inactivados con lidocaína en substancia negra.

La administración de lidocaína en cada uno de los núcleos en los grupos que han sido entrenados con 3.0mA, fue completamente inefectiva en producir alteraciones en la consolidación de la memoria, como ha sido reportado por otros investigadores en diversas estructuras: amígdala (Parents, *et al*, 1993, Parents, *et al*, 1992; Tatcher y Kimble, 1966) el tálamo (Markowitsch et al, 1985) inyecciones de picrotoxina en la substancia negra (Cobos- Zapiaín, *et al*, 1986) y de licodaína intraestriatal (Pérez-Ruiz y Prado-Alcalá, 1989).

Por consiguiente, se puede señalar que la inactivación temporal post-entrenamiento de diversos núcleos cerebrales involucrados en la memoria incluyendo la SN, CP ó AMI producen un efecto amnésico (Prado-Alcalá, 1995). Sin embargo, las altas intensidades de entrenamiento ejercen un efecto protector en contra del efecto amnésico (Prado-Alcalá, 1995).

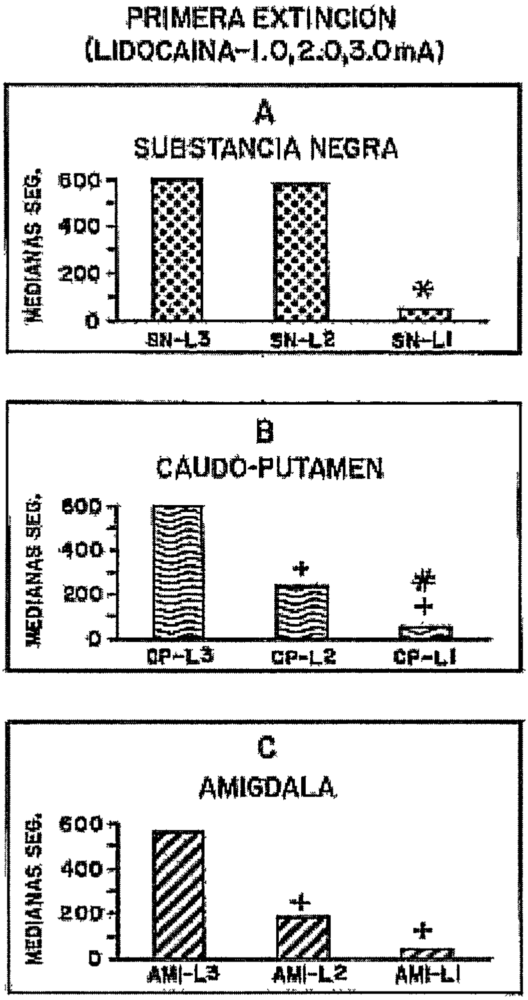


Fig. 6: Efectos de la administración de lidocaína al comparar los grupos experimentales en la primera sesión de retención durante el condicionamiento de evitación inhibitoria. 1, 2, 3 se refiere a la intensidad del estímulo eléctrico (mA) usada en el entrenamiento.

Substancia negra: (SN-L), análisis de varianza de Kruskal-Wallis H=15.7133, g. l=2, $p<0.004$. * $p<0.001$ vs SN-L2 y SN-L3 (A);

Caudo-putamen (CP-L), análisis de varianza de Kruskal-Wallis H=10.7815, g. l=2, $p<0.0046$, +$p<0.01$ vs CP-L3; # $p<0.05$ vs CP- L2(B).

Amígdala (AMI-L), análisis de varianza de Kruskal-Wallis H=9.2759, g. l=2, $p<0.0097$,+$p<0.01$vsAMI-L3(C).

Aún después de la inactivación simultánea de dos de cualquiera de esos núcleos, con la infusión simultánea de licodaína en CP y SN, AMI y SN o SN y CP son inefectivos en alterar la función de la memoria, cuando se emplean las más altas intensidades de estimulación aversiva (6.0mA) durante el entrenamiento siendo la consolidación inversamente proporcional al gradiente de extinción (C?I/E) como se ha demostrado en los experimentos realizados con 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ó 6.0mA (datos no publicados).

Un análisis general permite señalar que en el condicionamiento de evitación inhibitoria es fundamental la participación de la amígdala, posteriormente el caudo-putamen y finalmente la substancia negra, ya que existe un gradiente de amnesia retrógrada experimental para cada estructura en relación a las diferentes intensidades: con intensidades intermedias (2.0mA) es mínima en la substancia negra, intermedio en el caudo-putamen y máximo en la amígdala. En condiciones de bajo reforzamiento (1.0mA) y alto reforzamiento (3.0mA) se encontraron respectivamente déficit y efecto protector sobre la memoria en todas las estructuras. Fig 6.

CONCLUSIÓN

Hemos demostrado por primera vez, con nuestros experimentos, que una experiencia incrementada de aprendizaje protege en contra de los déficits de memoria a través de un movimiento del engrama después de la interrupción de la actividad neural de algunos de los núcleos cerebrales que se piensa son necesarios en la formación de la memoria. También se han confirmado los efectos de la interferencia sináptica en los cuadros amnésicos obtenidos bajo condiciones habituales de entrenamiento.

Finalmente, todos los hallazgos reportados apoyan la hipótesis de que las estructuras cerebrales involucradas en el procesamiento de la memoria están conectadas funcionalmente en serie durante la consolidación y que después de una experiencia incrementada de aprendizaje esas estructuras se reorganizan desde un sistema en serie hacia un sistema conectado funcionalmente en paralelo (Prado-Alcalá, 1995).

SUMMARY

AN EXPERIMENTAL MODEL OF CONSOLIDATION OF MEMORY BASED IN NEURAL NETS. FIRST PART.

The processing of mnemonic information is a multi - level phenomenon. The brain uses molecular, cellular, biochemical and physiological mechanisms to codify specific attributes into neuronal circuits which determine the engram. There are also neuronal plasticity mechanisms that allow the expression of memory in cases of localized or multifocal brain trauma.

It is useful to analize these basic processes, in order to understand the context in which these changes take place in the nervous system, it is necessary to analize the representational code at the level of brain circuitry. Evidence regarding retrograde amnesia gradients suggest the probable participation of serial and parallel circuits in the processing of short-and/or long-term memory. These findings provide the first evidence needed to present a systematized study of a psychophysiological model for memory consolidation.

Lidocaine was administered post-training into of CP, SN or AMI in all three experiments. The three experiments were carried out using 1.0, 2.0 or 3.0mA during training and all subjects were tested 24 hours later.
The results indicated that at low intensities serial circuits are operational (labile consolidation), at medium intensities reorganization of the information occurs, and with high intensities information processing takes place through parallel circuits (strong consolidation). There results allow us to explain experimental and clinical retrograde amnesia gradients.

KEY WORDS

serial, parallel, consolidation, engram, *substantia nigra*, caudate nucleus, amygdala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERMÚDEZ-RATTONI, F., MUJICA-GONZÁLEZ, M., and PRADO-ALCALÁ, R. A. (1986). Is cholinergic activity of the striatum involved in the acquisition of positively-motivated behaviors? **Pharmacology, Biochemistry and Behavior**, 24, 715-719.

BRITTON GABRIELLE B. AND ASTHEIMER LORI B. (2004). Fear develops to the conditioned stimulus and to the context during classical eyeblink conditioning in rats. **Integrative Physiological Behavioral Science**, Vol. 39, No. 4, 295-306.

COBOS- ZAPIAÍN, G.G., SALADO-CASTILLO, R., SÁNCHEZ-ALAVEZ, M., QUIRARTE, G.L., ROLDÁN-ROLDÁN, G., DÍAZ DEL GUANTE, M.A Y PRADO-ALCALÁ, R.A. (1996). High level of Footshock during inhibitory avoidance training prevents amnesia induced by intranigral injection of GABA antagonist. **Neurobiology of Learning and Memory** 65, 202-206.

DIAZ DEL GUANTE, M.A., RIVAS-ARANCIBIA, S., QUIRARTE, G., AND PRADO-ALCALÁ, R.A. (1990). Over-reinforcement protects against memory deficits induced by muscarinic blockade of the striatum. **Boletín de Estudios Médicos y Biológicos** (México), 38, 49-53.

DIVAC, I., AND OBERG, R.G.E. (1979). **The neostriatum.** Oxford: Pergamon Press .

GIORDANO, M., AND PRADO-ALCALÁ, R.A. (1986). Retrograde amnesia produced by post-trial injection of atropine into the caudate-putamen: Protective effect of the negative reinforcer. **Pharmacology, Biochemistry and Behavior,** 24, 905-909.

JOHN, E.R. (1972). Switchboard versus statistical theories of learning and memory. **Science,** 177:850-864.

KOLB, B. (1984). Functions of the frontal cortex of the rat: A comparative review. **Brain Research Review,** 8, 65-98.

MARKOWITSCH, H.J., KESSLER, J., AND STREICHER, M (1985). Consequences of serial cortical, hippocampal, and thalamic lesions or of different lengths of overtraining on the acquisition and retention of learning task. **Behavioral Neuroscience**, 99, 233-256.

MARTÍN, J.H. (1991). Autoradiographic estimation of the extent of reversible inactivation produced by microinjection of lidocaine and muscimol in the rat. **Neuroscience Letters**, 127, 160-164.

NEILL, D. B., AND GROSSMAN, P.S. (1970) Behavioral effects of lesions or cholinergic blockade of dorsal and ventral caudate of rats. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, 71, 311-317.

PARENT, M.B., QUIRARTE, G.L., AND MC GAUGH, J.L. (1993, August). Inhibitory avoidance retention impairment produced by post-training amygdala lesions: Effects of variations in footshock intensity. Paper presented at the Annual Meeting of the Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Acapulco, México.

PARENT, M.B., TOMAZ, C., AND MC GAUGH, J.L.(1992). Increased Training in an aversively motivated task attenuates the memory-impairing effects of post- training N- Methyl-D-A-Aspartate induced amygdala lesions. **Behavioral Neuroscience**, 106, 789-797.

PAXINOS, G. AND WATSON, C.**The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates** (Academic, San Diego, 1982).

PÉREZ-RUIZ, C., AND PRADO- ALCALÁ, R.A. (1989). Retrograde amnesia induced by lidocaine Injection into the striatum: Protective effect of the negative reinforcer. **Brain Research Bulletin**, 22, 599-603.

PRADO-ALCALÁ, R.A., BERMÚDEZ-RATTONI, F., VELÁSQUEZ-MARTÍNEZ, D.,AND BACHA, M.G. (1978). Cholinergic blockade of the caudate nucleus and spatial alternation performance in rats: Overtraining-induced protection against behavioral deficits. **Life Sciences**, 23, 889-896.

PRADO- ALCALÁ, R.A., CEPEDA, G., VERDUZCO, L., JIMÉNEZ, A. AND VARGAS- ORTEGA, E. (1984). Effects of cholinergic stimulation of the caudate nucleus on active avoidance. **Neuroscience Letters**, 51, 31-36.

PRADO-ALCALÁ, R.A., GRINBERG, Z.J., ALVAREZ- LEEFMANS, F.J., GÓMEZ, A., SINGER, S., AND BRUST-CARMONA, H.(1972). A possible caudate-cholinergic mechanism in two instrumental conditioned responses. **Psychopharmacology**, 25; 339-346.

PRADO-ALCALÁ, R.A. In Plasticity in the Central Nervous System. **Learning and Memory** (eds. Mc Gaugh, J.L., Bermúdez-Rattoni, F. and Prado- Alcalá, R.A. (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N.J., 1995).

SALADO-CASTILLO, R., DÍAZ DEL GUANTE, M.A., ALVARADO, R., QUIRARTE, G.L. AND PRADO-ALCALÁ, R.A. (1996). Effects of regional gabaergic blockade of the striatum on memory consolidation. **Neurobiology of Learning and Memory** 66, 102-108.

SARTER, M. AND MARKOWITSCH, H.J. (1985). Involvement of the amygdala in learning and memory: A critical review, with emphasis on anatomical relations. **Behavioral, Neuroscience**, 99,342-380.

SCHMAJUK, N.A. (1984). Psychological theories of the hippocampal function. **Physiological Psychology**, 12, 166-183.

SQUIRE, L.R. (1981). **Memory and Brain**. New York: Oxford Univ. Press.

THATCHER, R.W., AND KIMBLE, D.P. (1966). Effect of the amygdaloid lesions on retention of an avoidance response in over trained and non-overtrained rats. Psychonomic Science, 6, 9-10.

THOMPSON, R.F., BERGER, T.W., AND MADDEN IV, J (1983).Cellular processes of learning and memory in the mammalian CNS. **Annual Review of Neuroscience**, 6:447- 491.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro reconocimiento a las siguientes instituciones por el apoyo brindado en la realización de esta investigación:

Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (proyecto IN-202094). Facultades de Psicología y Medicina, Universidad de Panamá.

A la psicóloga Martina Fernández y a la estudiante Amarilis Del C. Salado De Gracia por su revisión técnica.

INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES

Política

El propósito de la Revista **Scientia** es publicar resultados de investigación originales e inéditas, en ciencias básicas y tecnología. 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 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 Director y 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 año un suplemento que contendrá los Índices de Materias 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, portugués o inglés. Los artículos redactados en otros idiomas deberán ser consultados con el Consejo Editorial.

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 estos representen una contribución sustancial 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 investigaciones 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 Director. Se recomienda reducir al máximo las notas al pie de página. Estas deben ser designadas con sobrescritos arábicos en el orden en que parecen en el texto.

PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

CORRESPONDENCIA

Los manuscritos y toda correspondencia deberán ser dirigidos al Director de la Revista **Scientia**, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, Estafeta Universitaria, República de Panamá. Tel. 223-9985 y 264-4242.

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 (originales y 2 copias), escritas mediante el procesador de palabras Microsoft word e impreso a máquina a doble espacio, en tinta negra y en papel bond 22x28 cm. (8 ½" x 11"). El margen izquierdo debe ser de 4.0 cm (1.2") y el derecho 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 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 Materias.

Los subtítulos principales en el texto (v.g. RESUMEN, INTRODUCCIÓN, etc.) se colocarán en el margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra èn mayúscula.

Cualquier otro subtítulo debe colocarse también al margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra en mayúscula.

Cada página debe ser enumerada e identificada escribiendo el apellido del autor (es) y el año: (D'Croz, 2002); (v.g. Agrazal, 2 de 10).

Las referencias que se mencionan en el texto deben ir entre paréntesis con el apellido del autor(es) y el año (D'Croz, 2002); Torres, Peredes y Averza (1997); (Díaz *et al.*, colaboradores, 2001).

ESTRUCTURACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito debe estructurarse de la siguiente manera: RESUMEN, PALABRAS O FRASES CLAVES, INTRODUCCIÓN, PARTE EXPERIMENTAL, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN, SUMMARY (resumen en inglés), REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS y AGRADECIMIENTO.

La selección del título 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 objeto 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 leida de su trabajo.

INTRODUCCIÓN

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 sustancialmente. Se debe incluir también el detalle de las condiciones experimentales bajo las cuales fueron obtenidos los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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.

CONCLUSIÓN

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se debe utilizar el sistema de Harvard para las referencias bibliográficas, con el(los) apellido(s) del(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 Medical Periodicals** (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 de 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 e incluir fecha de comunicación y dirección de la persona.

Las referencias bibliográficas deberán aparecer ordenadas de la siguiente forma:

-Artículos científicos:

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

-Libros:

BUNGE, M. 2000. **La investigación científica: su estrategia y filosofía.** Colección "Convivium" No. 8. Barcelona: Editorial Ariel, S.A. 544 pp.

HOLMES, W.N. y DONALDSON, 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. Nueva York: Academic Press.

FARMACOPEA INTERNATIONAL. 1980, 3ª. edición, Vol. I. Ginebra: **Organización Mundial de la Salud.** 56 pp.

Harris, J. y Duncan, I.S. (Eds)1982. **Constantes de disociación de ácidos orgánicos en solución acuosa.** Londres: Butterwoth: págs. 234 y 296.

-Tesis:

LEÓN, A.J. 2002. **Estructura Económica de Panamá.** Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, Londres. 120 pp.

-Simposium-Seminario-Conferencia

MARINO, I.C. 2001. La problemática de la economía panameña. II Congreso Científico Nacional, 2-4 diciembre. Universidad de Panamá. Resumen N°. 28. (*En manuscrito*)

NAVARRO, S.G., 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 22x28 cm (8 1/2" x 11"). Cada figura debe estar acompañada de un título o 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 10x12 cm (6"X4"). Cada ilustración (con su título e inscripción) debe ser inteligible en forma independiente del texto principal.

CUADROS

Los cuadros (un original y dos 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 arábicos) 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.

SCIENTIA
Revista de Investigación de la Universidad de Panamá

Para correspondencia, canje o subscripción dirigirse a:
Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica (CIDCYT)

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Estafeta Universitaria,
Universidad de Panamá, Panamá, República de Panamá.
Teléfono 264-4242; 262-6133, Ext. 309-310
Fax (507) 264-4450
(507) 223-7282
Correo electrónico: upvip@ancon.up.ac.pa

Tarifa (subscripción anual):

Personal en Panamá	B/.8.00
Personal Exterior..	US$12.00
Institucional América Latina y el Caribe	US$16.00
Institucional Resto del Mundo	US$20.00

Precio de Venta: ———————— B/.5.00

A las personas o instituciones interesadas en recibir permanentemente la Revista **Scientia**, sírvanse completar el formato presente y junto con el mismo remitan giro o cheque (a nombre de Fundación Universidad de Panamá - Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). La tarifa incluye la subscripción anual correspondiente a dos números, incluyendo importe por correo.

Nombre o Institución: ______________________________

____

Dirección: ______________________________

____

Ciudad: ______________________________

Zona Postal: ______________________________

Provincia o Estado: ______________________________

País: ______________________________

Esta revista se terminó de imprimir en los
Talleres de la Imprenta de la Universidad de Panamá
bajo la administración del Rector Magnífico
Dr. Gustavo García de Paredes

Abril, 2008

ÍNDICE

FÍSICA

TECNOLOGÍA

MATEMÁTICA

NEUROPSICOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE PANAMA
UP-VIP
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO