

Revista Científica



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS
Y BIOLÓGICAS

VOL. 26 NO. 1 ISSN 2070-8246



1.0mm

Escuela de Biología

- Catálogo de las abejas del género *Bombus* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) de Guatemala.
- Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala.

Escuela de Química Biológica

- Nuevos registros de hongos anamórficos para Guatemala.
- Descripción e identificación microscópica de ejemplares del género *Lactarius* de las secciones *Uvidus* y *Zonarii* en Guatemala.

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-

- Aceptabilidad y uso en el hogar de un alimento complementario listo para consumir en el área rural de Guatemala.

Instituto Nacional de Endocrinología de Cuba

- Envejecimiento poblacional y efecto en la diabetes *mellitus* en Cuba.

Artículo de revisión: Clínica de Enfermedades Infecciosas del Hospital Roosevelt

- Elementos para evitar errores en el diseño de investigaciones en ciencias de la salud.



AÑO
2016

La Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, es un órgano de difusión de investigación científica en las áreas de salud, industria, recursos naturales y tecnología. Aparece semestralmente, a finales de los meses de mayo y noviembre, sin fines de lucro. Su contenido es dirigido a la comunidad científica universitaria nacional e internacional. Los derechos de autor quedan regidos por la ley de los países signatarios de la Convención Interamericana sobre Derechos de Autor de obras científicas y por las disposiciones contenidas en el artículo 451 del Código Civil de la República de Guatemala. La propiedad intelectual de los artículos es de los autores, sin embargo se permite la reproducción parcial o total de esta publicación, siempre que se indique su procedencia. Registrada en el Centro Internacional ISSN (International Standard Number) bajo el No. 2070-8246 versión impresa y electrónica 2224-5545.

540

**R454 Revista Científica / Universidad de San Carlos de Guatemala,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. -- Guatemala:
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, 1983.**

v. : il. ; 24 cm.

Semestral

ISSN 2070-8246

ISSN-L 22245545

Disponible en:

http://revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica

1. Investigación científica 2. Farmacia 3. Biología
4. Química 5. Nutrición I. Título

Ficha elaborada por:

Licda. Dora María Cardoza
Bibliotecóloga CIERIS-USAC

Bib. Gral. Odilia Mejía

Procesos Técnicos
Biblioteca Central-USAC

La correspondencia debe ser dirigida a:

Aura Lissete Madariaga Monroy
Edificio T-13, 1er. Nivel, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono: 502 24769844
Correo: revistacientifica@usac.edu.gt, almadariagal@gmail.com

Fotografía de portada: Carmen Lucía Yurrita

Descripción: Ejemplar de *Bombus variabilis*

Consejo editorial

Rubén Dariel Velásquez Miranda
Presidente del Consejo Editorial

Karin Larissa Herrera Aguilar
Directora del Instituto de Investigaciones
Químicas y Biológicas

Juan Francisco Pérez Sabino
Jefe de la Unidad de Análisis Instrumental

Jorge Erwin López Gutiérrez
Profesor titular de la Escuela de Biología

Sully Margot Cruz Velásquez
Profesora titular de la Escuela de Química
Farmacéutica.

Michele Marie Monroy Valle
Profesora de la Unidad de Biometría

Gerardo Arroyo Catalán
Profesor titular de la Escuela de Química
Biológica

Oscar Federico Nave Herrera
Profesor de la Unidad de Biometría. Instituto
de Investigaciones Químicas y Biológicas

Lissete Madariaga Monroy
Profesora titular del Instituto de Investigaciones
Químicas y Biológicas y Secretaria del Consejo Editorial

COMITÉ DE EVALUADORES Y REVISORES EXTERNOS

Noel W. Solomons
Director ejecutivo del Centro de Estudios
de la Discapacidad Sensorial Envejecimiento
y Metabolismo (CESSIAM)

María Carlota Monroy Escobar
Investigadora asociada del Laboratorio de Entomología
y Parasitología, Escuela de Biología (LENAP) USAC

José Vega Baudrit
Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología
(LANOTEC) Costa Rica

Laura Benitez Cojulúm
Bióloga y estudiante de la Licenciatura en Letras

Armando Cáceres Estrada
Profesor titular jubilado de la Escuela de Química
Biológica

Pedro Daniel Pardo Villegas
Estudiante de Maestría en la Universidad
Técnica de Dresden, Alemania

COLABORADORES PARA ESTA EDICIÓN

Rosa del Carmen Cotom Nimatuj
Diseño y diagramación

María José Dardón Peralta
Profesora del Instituto de Investigaciones Químicas
y Biológicas

Christian S. Alvarez Privado
Departamento de Epidemiología,
Escuela de Salud Pública, Universidad de Michigan.

Enio B. Cano
Profesor del Museo de Historia Natural de la Escuela
de Biología

Vanesa Alonzo Xico
Estudiante de la Licenciatura en Ciencias Lingüísticas

EDITORA

Lissete Madariaga Monroy

JUNTA DIRECTIVA

Rubén Dariel Velásquez Miranda
Decano

Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza
Secretaria

Miriam Carolina Guzmán Quilo
Vocal I

Juan Francisco Pérez Sabino
Vocal II

Carlos Manuel Maldonado Aguilera
Vocal III

Andreina Delia Irene López Hernández
Vocal IV

Carol Andrea Betancourt Herrera
Vocal V

Contenido

| | | | |
|--|-----------|--|-----------|
| Editorial | 7 | Aceptabilidad y uso en el hogar de un alimento complementario listo para consumir en el área rural de Guatemala. | 59 |
| Catálogo de las abejas del género <i>Bombus</i> Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) de Guatemala. | 9 | Acceptability and use at home of ready to use complementary food in families of rural Guatemala. | |
| Catalogue of the bees of the genus <i>Bombus</i> Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) in Guatemala. | | Miguel Cuj, Manolo Mazariegos, Edward Fischer, Ana V. Román | |
| María J. Dardón, Carmen L.Yurrita y Mabel Vásquez | | | |
| Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. | 20 | Envejecimiento poblacional y efecto en la diabetes <i>mellitus</i> en Cuba. | 70 |
| Lichens as bioindicators of air pollution in the metropolitan corridor Guatemala City. | | Population ageing and effect on diabetes <i>mellitus</i> in Cuba. | |
| Gretchen Cohn-Berger y Maura Quezada | | Luisa Álvarez-Vázquez, Yuri Arnold-Domínguez | |
| Nuevos registros de hongos anamórficos para Guatemala. | 40 | Artículo de revisión | |
| New records of anamorph fungi from Guatemala. | | Elementos para evitar errores en el diseño de investigaciones en ciencias de la salud. | 77 |
| Ricardo Figueroa, María del C. Bran, Osberth Morales y Rafael Castañeda-Ruiz | | Elements to avoid mistakes in the design of research in health sciences. | |
| Descripción e identificación microscópica de ejemplares del género <i>Lactarius</i> de las secciones <i>Uvidus</i> y <i>Zonarii</i> en Guatemala. | 50 | Carta a la editora | 92 |
| Descripción e identificación microscópica de ejemplares del género <i>Lactarius</i> de las secciones <i>Uvidus</i> y <i>Zonarii</i> en Guatemala. | | María Milla, Michel Monroy-Valle, Andrés Agudelo-Suárez, Luis G. Cuervo, Louisa Stuwe, David Bann, María S. Burrone, Patricia O'Campo. | |
| Carlos Porrás y Roberto Flores | | | |

Editorial

La familia que conforma de uno u otro aspecto la *Revista Científica* se congratula en presentar este No. 26 (1), ya que desde sus inicios en el año 1983 se ha trabajado en su avance y calidad, implementando varias iniciativas de cambio para brindar y ofrecer contenido de alta calidad y rigor científicos, entre ellos puede compartirse los siguientes:

La Revista tiene presencia en portales bibliográficos internacionales, recientemente ha sido aceptada y está alojada en el Directory of Open Access Journals (DOAJ). Este directorio de revistas con libre acceso es un servicio que permite acceso a revistas con libre acceso de calidad revisada. Tiene como objetivo aumentar la visibilidad y facilitar el uso de las revistas científicas de libre acceso promoviendo su uso e impacto.

Consejo Editorial integrado por profesionales con altos conocimientos y experiencia en investigación y publicación que potencializa la precisión y rigurosidad de los contenidos.

Uso de la plataforma de OJS, que es un software de código abierto para la gestión de revistas creado por el Public Knowledge Project y que fue diseñado para apoyar el desarrollo de publicaciones de acceso libre, proporcionando la infraestructura técnica para la presentación en línea de artículos de revista, y el desarrollo editorial por completo.

La Revista puede ser vista en dos formatos, impresa y en línea, en forma digital puede verse e imprimirse a texto completo en forma gratuita. En el Web site www.revistaiiqb.usac.edu.gt

En ese orden de ideas, la presente edición esta conformada por secciones de Artículos originales entre ellos, la participación de la Escuela de Biología que presenta los temas:

Catálogo de las abejas del género *Bombus* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) de Guatemala.

Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala.

La Escuela de Química Biológica participa con los títulos siguientes: Nuevos registros de hongos Anamórficos para Guatemala y, Descripción e identificación de ejemplares del género *Lactarius* de las secciones *Uvidus* y *Zonarii* en Guatemala.

De igual manera la Escuela de Nutrición presenta el trabajo titulado: Aceptabilidad y uso en el hogar de un alimento complementario listo para consumir en el área rural de Guatemala.

El Instituto Nacional de Endocrinología de Cuba aporta resultados con el manuscrito, titulado: Envejecimiento poblacional y efecto en la diabetes *mellitus* en Cuba.

En esta oportunidad el artículo invitado de Revisión Bibliográfica es el que se refiere al tema de: Elementos para evitar errores en el diseño de investigaciones en ciencias de la salud.

En el orden, se presenta con agrado y beneplácito la carta enviada a la editora de la Revista.

Manuscrito creado por un grupo de profesionales internacionales del área de Nutrición.

Se aprovecha la oportunidad para invitar a todo el personal académico de la Facultad y otras Unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para que formen parte de la *Revista Científica* con temas afines a la misma, cumpliendo con el objetivo principal de promover y difundir la cultura y el saber científico.

“Id y enseñad a todos”

Lisette Madariaga Monroy

Editora

Catálogo de las abejas del género *Bombus* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) de Guatemala

Catalogue of the bees of the genus *Bombus* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) in Guatemala

María J. Dardón¹, Carmen L. Yurrita² y Mabel Vásquez³

¹ Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas

² Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)

dardon.mariajose@usac.edu.gt, majodar24@yahoo.com

Recibido: enero, 2016 • Aceptado: marzo, 2016

Resumen

Este catálogo contiene un inventario actualizado de las especies del género *Bombus* que han sido citadas para Guatemala. Se presentan los datos taxonómicos, incluyendo sinonimias, de un total de 13 especies. Además, para cada especie se indica su distribución geográfica y las regiones bióticas de Guatemala en las que se ha recolectado. Este trabajo es la base para la posterior revisión del género *Bombus* en Guatemala.

Palabras clave: Biomas, abejas, Holartica, Neotropical.

Abstract

This catalog contains an updated list of the species of the genus *Bombus* registered for Guatemala. Taxonomic data are presented for a total of 13 species, including synonyms and their geographical distribution, with emphasis in Guatemala. This work is the basis for the subsequent revision of the genus *Bombus* in Guatemala.

Keywords: Biomes, bees, Holarctic, Neotropical.

Introducción

Las abejas del género *Bombus* Latreille, 1802 se encuentran distribuidas principalmente en la región Holártica y Neotropical. Se reconocen al menos 240 especies en todo el mundo, distribuidas en 39 subgéneros (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Michener, 2007). El género *Bombus* incluye especies de tamaño mediano (0.8 cm) a grande (3 cm), de cuerpo robusto y con abundante pilosidad. Las alas presentan una venación completa, bien definida y con un pterostigma pequeño. Las hembras exhiben una tibia posterior ensanchada que forma una corbícula. Las especies muestran una morfología externa poco variable. Los patrones de coloración expuestos en la pubescencia del cuerpo, con raras excepciones, son característicos de cada especie y resultan útiles como caracteres diagnósticos (Michener, 2007).

Pocos estudios sobre taxonomía y distribución han sido realizados en la región Neotropical, en donde se reportan al menos 42 especies de abejorros. Los trabajos más relevantes son los de Franklin (1913), Frison (1925), Milliron (1961), Labougle (1990), y Abrahamovich y Díaz (2001, 2002). En la región que comprende América Central y el sur de México, se citan 25 especies, distribuidas en diez subgéneros, de acuerdo a las publicaciones de Labougle (1990), Asperen de Boer (1992), y Abrahamovich y Díaz (2002), así como la información presentada por Williams (2016). La situación taxonómica de algunas especies del género *Bombus* en esta región es compleja (Cockerell, 1912; Duennes, Lozier, Hines, & Cameron, 2012; Labougle, Ito, & Okazawa, 1985; Williams, 1998, 2007), con un alto número de sinonimias reconocidas para especies como *Bombus ephippiatus* Say, 1837. Además, es cuestionada la validez de especies como *Bombus xelajuensis* Asperen de Boer, 1992, descrita para Quetzaltenango, Guatemala: análisis genéticos sugieren que corresponde a una especie válida pero aún

se espera mayor información para determinar su estatus (Williams, 2016). Abrahamovich y Díaz (2002) reportan para Guatemala la presencia de diez especies, mientras que Enríquez, Yurrita, Ayala, Marroquín, y Griswold (2012) listan 12 especies, Moure y Melo (2012) indican un total de 14 especies.

El objetivo de este trabajo es presentar un listado de las especies del género *Bombus* en Guatemala, sus sinonimias e información referente a la distribución en el país, considerando el acervo de las colecciones entomológicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala que albergan ejemplares recolectados en muestreos sistemáticos enfocados en el estudio de la diversidad de abejorros en el país. Esto constituye la base para la posterior revisión taxonómica en la cual se profundizará sobre las localidades que habitan las especies y la corroboración del estatus taxonómico de ciertas especies.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Guatemala se localiza en el norte de la región centroamericana (Figura 1); su territorio está dividido políticamente en 22 departamentos y tiene una extensión territorial pequeña (108,889 km²). El país está atravesado por varios sistemas montañosos importantes con altitudes desde los 2,200 hasta los 4,200 msnm. Algunos ejemplos son la Sierra Madre, la Sierra de las Minas, los Cuchumatanes y la Montaña del Merendón, que se disponen principalmente en una orientación de este a oeste. Aunada a la topografía del país, la posición geográfica favoreció la confluencia de elementos de la flora y fauna de las regiones Neotropical y Neártica, como ocurre con las especies del género *Bombus* que son de origen Holártico. En este trabajo se utiliza el sistema de biomas propuesto por Villar-

Anleu (1998) el cual divide al país en siete biomas (Figura 1) definidos por condiciones

climáticas y geográficas, así como por características de la vegetación.

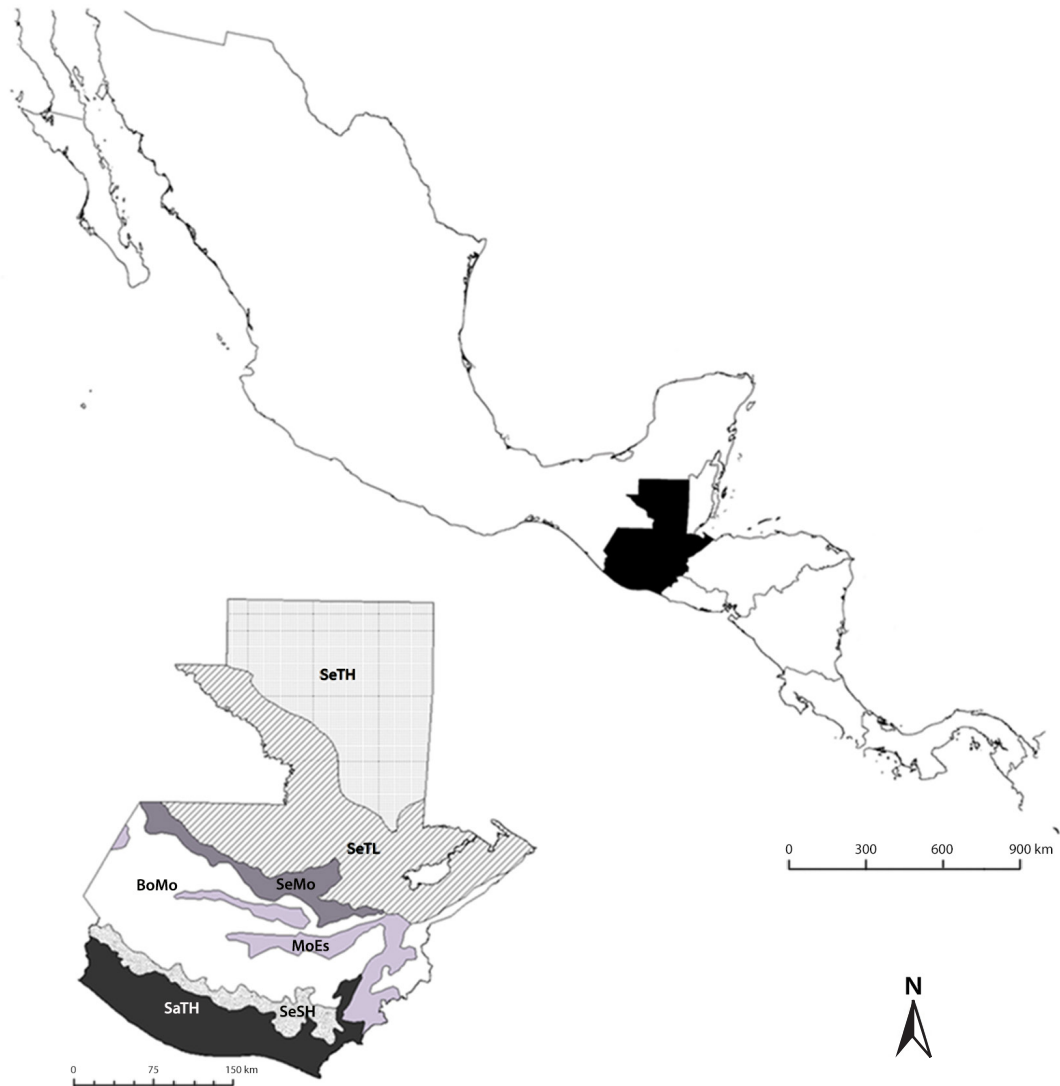


Figura 1. Localización de Guatemala y tipos de biomas presentes en el país según Villar-Anleu (1988): Selva Tropical Húmeda (SeTH), Selva Tropical Lluviosa (SeTL), Selva de Montaña (SeMo), Bosque de Montaña (BoMo), Monte Espinoso (MoEs), Selva Subtropical Húmeda (SeSH), Sabana Tropical Húmeda (SaTH).

Fuentes de información

Este catálogo ha sido elaborado a partir de registros obtenidos de literatura especializada, como descripciones originales para las especies consideradas válidas hasta la fecha, y otros trabajos taxonómicos. Para varios de los nombres no válidos (sinónimos), no se indica la bibliografía de los autores en la sección de literatura citada.

También se revisó el material disponible en la “Colección Abejas Nativas de Guatemala” de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, del Centro de Estudios Conservacionistas, y en la Colección Entomológica del Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología, ambas pertenecientes a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Listado de especies

El trabajo lista, agrupadas por subgéneros, a las especies del género *Bombus* (Figura 2) reportadas para Guatemala, sus sinonimias, distribución geográfica conocida y los biomas en que han sido recolectadas. Los nombres válidos de las especies se presentan en negrita, y los sinónimos, en letra normal. Las referencias geográficas exactas serán pormenorizadas en la revisión taxonómica del género que está siendo preparada para Guatemala. Cuando se ha considerado oportuno, se discuten datos relacionados con la taxonomía de las especies.

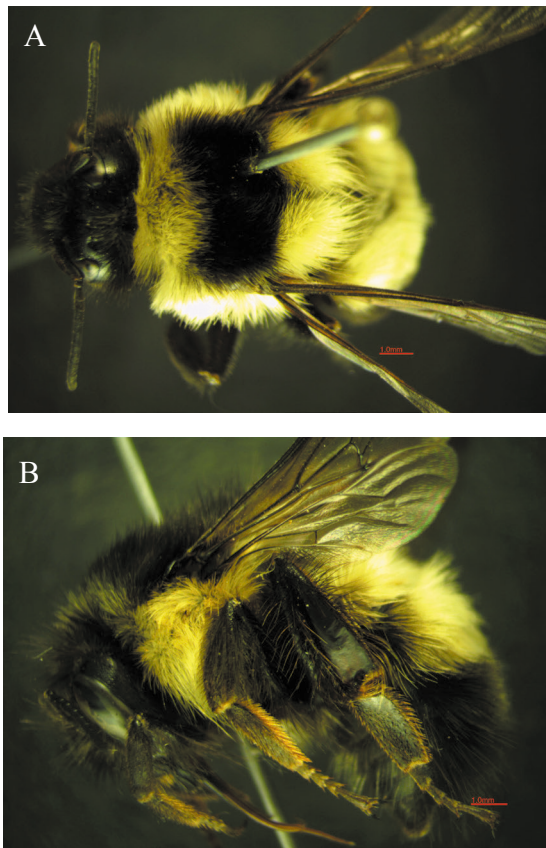


Figura 2. Ejemplares de *Bombus* spp.: (A) vista dorsal de *Bombus wilmattae* Cockerell, 1912; (B) vista lateral de *Bombus weisi* Friese, 1903.

Resultados

El género *Bombus* en Guatemala se encuentra conformado por 13 especies,

que corresponden a cuatro subgéneros: *Cullumanobombus*, *Psithyrus*, *Pyrobombus* y *Thoracobombus*.

Bombus Latreille, 1802

Bombus Latreille, 1802. *Histoire naturelle des fourmis*: 437-438. Género masculino. Especie tipo por monotipia: *Apis terrestris* Linnaeus, 1758.

Bombus (*Cullumanobombus*) Vogt, 1911

Bombus (*Cullumanobombus*) Vogt, 1911. *Sitz. Ber. der gesell. Naturforsch. Freunde, Berlin*. 57.

Especie tipo: *Apis cullumana* Kirby, 1802, por designación de Frison, 1927: *Trans. Am. Entomol. Soc.* 53:51-78.

Bremus (*Rufocincto bombus*) Frison, 1927.

Trans. Am. Entomol. Soc. 53:78.

Especie tipo: *Bombus rufocinctus* Cresson, 1863: *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:83-116, monobásico.

Brachycephalibombus Williams, 1985. *Syst. Entomol.* 10: 247.

Especie tipo: *Bombus brachycephalus* Handlirsch, 1888: *Ann. K-K. Naturhist. Mus. Wien* 3(3): 209-250, por designación original.

Coccineobombus Skorikov, 1922.

Petrograd. 4:157.

Especie tipo: *Bombus coccineus* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol* 3: 253-255. Por designación subsecuente ver Sandhouse (1943).

Crotchiibombus Franklin, 1954. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 80:51.

Especie tipo: *Bombus crotchii* Cresson, 1878. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 30: 187, por designación original.

Dasybombus Labougle y Ayala, 1985. *Fol. Entomol. Mex.* 66:49.

Especie tipo: *Bombus macgregori*

Labougle y Ayala, 1985, por designación original.

Fraternobombus Skorikow, 1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes Petrograd*, 4: 156.
Especie tipo: *Apathus fraternus* Smith, 1854, por designación original de Frison, 1927. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 53:63.

Rubicundobombus Skorikow, 1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes Petrograd*, 4: 155.
Especie tipo: *Bombus rubicundus* Smith, 1854, por designación de Sandhouse, 1947. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 92:597.

Separatobombus Frison, 1927. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 53:64.
Especie tipo: *Bombus separatus* Cresson, 1863 = *Apis griseocollis* DeGeer, 1773, por designación original.

Distribución: El subgénero se distribuye en la región Holártica y al norte de la región Neotropical. Han sido descritas al menos 23 especies (Michener, 2007; Williams 1998), de las cuales dos se reportan para Guatemala.

Bombus (Cullumanobombus) brachycephalus Handlirsch, 1888

Bombus brachycephalus Handlirsch, 1888. *Ann. Naturh. Hof. Wien.*, III. p. 244.

Bremus neotropicus Frison, 1928. *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 23: 151-152.

Bombus krusemani Asperen de Boer, 1990. *Entomol. Ber.* 50:1-3.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Guatemala, El Salvador, Honduras y México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye principalmente en la región oeste del país, encontrándose en el bioma Bosque de Montaña a partir de los 2,500 msnm.

Bombus (Cullumanobombus) macgregori Labougle y Ayala, 1985

Bombus macgregori Labougle y Ayala, 1985. *Fol. Entomol. Mex.* 66:50.

Bombus menchuae Asperen de Boer, 1995. *Ent. Ber.* 55: 47.

Bombus rasmonti Asperen de Boer, 2007. *Entomol. Zeit.* 117: 236.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Guatemala y México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye principalmente en las regiones oeste y central, encontrándose en el bioma Bosque de Montaña a partir de los 2,720 msnm.

Bombus (Psithyrus) Lepeletier, 1833

Psithyrus Lepeletier, 1833. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 1:373.

Especie tipo: *Apis rupestris* Fabricius, 1793, por designación de Curtis, 1833: pl. 468.

Distribución: El subgénero es de distribución principalmente holártica, encontrándose al menos una especie en la región Neotropical, específicamente en Guatemala, Honduras y sur de México. Se han descrito al menos 29 especies; todas ellas son especies parásitas obligatorias (Michener, 2007; Williams, 1998).

Bombus (Psithyrus) variabilis (Cresson, 1872)

Apathus intrudens Smith, 1861. *J. Entomol.* 1:146-155.

Apathus variabilis Cresson, 1872. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 4: 73:284.

Psithyrus guatemalensis Cockerell, 1912. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10(8):21.

Psithyrus sololensis. Franklin, 1915. *Entomol. News*. 26:409-417.

?*Psithyrus bicolor* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:73-200.

Psithyrus mysticus Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:138.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Guatemala, Honduras y México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye ampliamente, aunque aún no ha sido recolectada en el norte del país. Se ha encontrado en el bioma Bosque de Montaña a partir de los 1,780 msnm.

Bombus (Pyrobombus) Dalla Torre, 1880

Bombus (Pyrobombus) Dalla Torre, 1880. *Die Naturhistoriker*, 2:40.

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758. Monobásico, por designación original.

Bombus (Poecilobombus) Dalla Torre, 1882. *Ber. Naturwiss.-Med. Vereins Innsbruck*. 12:23.

Especie tipo: *Bombus sitkensis* Nylander, 1848, por designación de Sandhouse, 1943: 589.

Bombus (Pratobombus) Vogt, 1911. *Sitz. Ber. der gesell. Naturforsch. Freunde, Berlin*: 49.

Especie tipo: *Apis ptratorum* Linnaeus, 1761, por designación de Frison, 1927. *Trans. Am. Entomol. Soc.* :67.

Bombus (Anodontobombus) Krüger, 1917. *Entomologische Mitteilungen*. 6:61.

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758, por designación de Williams, 1991: 69.

Bombus (Uncobombus) Krüger, 1917. *Entomologische Mitteilungen*. 6:65.

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758, por designación de Williams, 1991: 69.

Bombus (Hypnorobombus) Quilis, 1927. *Trabajos del Laboratorio de Historia Natural de Valencia*. 16:97

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758, monobásico.

Bombus (Lapponicobombus) Quilis, 1927. *Trabajos del Laboratorio de Historia Natural de Valencia*. :19, 22, 63.

Especie tipo: *Apis lapponica* Fabricius, 1793, por designación de Milliron, 1961:58.

Distribución: El subgénero está presente en Europa, Asia, Norteamérica y Centroamérica. Es considerado como el subgénero con mayor número de especies, con al menos 43 especies descritas (Michener, 2007; Williams y otros, 2008).

Bombus (Pyrobombus) ephippiatus Say, 1837

Bombus ephippiatus Say, 1837. *Boston Journ. Nat. Hist.* 1(4): 414.

Bombus ephippiatus variegatus Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:139.

Bombus ephippiatus pretiosus Milliron, 1962. *Can. Entomol.* 94(7): 731.

Bombus formosus Smith, 1854. *British Museum*. 403p.

Bombus lateralis Smith, 1879. *British Museum*. 134p.

Bombus pulcher Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2: 108.

?*Bombus schneideri* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3: 253.

?*Bombus schneideri badiocollis* Friese, 1916. *Stett. Entomol. Ztg.* 77: 298, 348.

?*Bombus schneideri fuliginosus* Friese,
1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.*
3: 253.

Bombus vau-flavus Cockerell, 1949. *Proc.*
U.S. Nat. Mus. 98:486.

Bremus folsoni Frison, 1922. *Trans. Am.*
Entomol. Soc. 48:322.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala es una especie abundante y ampliamente distribuida. Se encuentra principalmente en los biomas Bosque de Montaña y Selva de Montaña a partir de los 1,000 msnm. Es una especie que exhibe patrones de coloración variables, por lo que ha sido descrita reiteradamente. Se señala que *Bombus wilmattae* Cockerell, 1912 puede corresponder a esta especie (Cameron, Hines, & Williams, 2006; Cameron, Hines, & Williams, 2007).

Bombus (Pyrobombus) wilmattae Cockerell,
1912

Bombus lateralis wilmattae Cockerell, 1912.
Ann. Mag. Nat. Hist. 10(8): 21.

Bombus guatemalensis Franklin, 1912.
Trans. Amer. Ent. Soc. 38: 197.

Bombus alboniger Franklin, 1915. *Entomol.*
News. 26: 409.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Guatemala y sur de México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala es una especie abundante y de distribución amplia, que se encuentra principalmente en el bioma Bosque de Montaña a partir de los 1,000 msnm.

Bombus (Thoracobombus) Dalla Torre,
1880

Bombus (Thoracobombus) Dalla Torre,
1880. *Die Naturhistoriker*, 2: 40.
Especie tipo: *Apis sylvarum* Linnaeus,
1761 por designación de Sandhouse,
1943: 604.

Bombus (Chromobombus) Dalla Torre,
1880. *Die Naturhistoriker*, 2: 40.
Especie tipo: *Apis muscorum* Linnaeus,
1758 por designación de Sandhouse,
1943: 538.

Bombus (Agrobombus) Vogt, 1911. *Sitz.*
Ber. dergesell. Naturforsch. Freunde,
Berlin,: 52.
Especie tipo: *Apis agrorum* Fabricius,
1787 (*non* Shcrank, 1781) = *Apis*
pascuorum (Scopoli), 1763, por
designación de Sandhouse, 1943: 523.

Bombus (Ruderariobombus) Krüger, 1920.
Zool. Jahrb. Abt. Syst. Oekol. Geogr.
Tiere. 42: 350.
Especie tipo: *Apis ruderaria* Müller, 1776,
por designación de Yarrow, 1971: 27.

Agrobombus (Adventoribombus) Skorikov,
1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes*
Petrograd, 4: 25.
Especie tipo: *Apathus sylvarum*
Linnaeus, 1761, por designación de
Yarrow, 1971: 28.

Distribución: El subgénero presenta distribución holártica principalmente, con algunas especies en zonas tropicales. Se han descrito 19 especies correspondientes a este subgénero (Michener, 2007; Williams, 1998).

Bombus (Thoracobombus) digressus
Milliron, 1962

Bombus digressus Milliron, 1962. *Can.*
Entomol. 94(7): 730.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Costa Rica y Guatemala (Abrahamovich & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). Sin embargo, el reporte para Guatemala, para Escuintla, dado por Abrahamovich, & Díaz (2002), resulta dudoso, ya que los autores no hacen referencia a especímenes, y en la consulta de las colecciones entomológicas realizada en este trabajo no fueron encontrados ejemplares.

Bombus (Thoracobombus) diligens Smith, 1861

Bombus diligens Smith, 1861. *J. Entomol.* 1: 154.

Bombus dolichocephalus Handlirsch, 1888. *Ann. K-K. Naturhist. Mus. Wien.* 3(3): 244.

Distribución: Especie con distribución neártica y neotropical. Su presencia ha sido reportada en Guatemala y México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). No obstante, la cita de *B. diligens* dada por Abrahamovich y Díaz (2002) para Guatemala, para los departamentos de Guatemala y Sololá, resulta dudosa, ya que los autores no hacen referencia a especímenes, y en la consulta de las colecciones entomológicas realizada en este trabajo no fueron encontrados ejemplares.

Bombus (Thoracobombus) medius Cresson, 1863

Bombus medius Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:97

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye en el norte del país. Se encuentra en los biomas de Selva Tropical Húmeda y

Selva Tropical Lluviosa, desde los 700 hasta los 1,700 msnm.

Bombus (Thoracobombus) mexicanus Cresson, 1878

Bombus mexicanus Cresson, 1878. *Proc. Acad. Nat. Sc. Phila.* 30: 187.

Bombus unifasciatus Smith, 1879. *British Museum.* 133p.

Bombus mexicanus adani Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98: 488.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye principalmente en la zona central, en donde se encuentra en el bioma Bosque de Montaña, desde los 1,400 hasta los 2,125 msnm.

Bombus (Thoracobombus) pensylvanicus (De Geer, 1773)

Apis pensylvanica De Geer, 1773. *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes.* 3: 696.

Bombus sonorus Say, 1837. *Boston J. Nat. Hist.* 1(4): 413.

Distribución: Especie con distribución neártica y neotropical. Su presencia ha sido dada para Canadá, Estados Unidos de América, Guatemala y México. Ha sido reportada para Guatemala hasta los 2,740 msnm (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). Esta especie no ha sido encontrada en las colecciones consultadas.

Bombus (Thoracobombus) pullatus Franklin, 1913

Bombus pullatus Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39: 122.

Bombus niger Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39: 120.

Distribución: Especie con distribución exclusiva neotropical. Su presencia ha sido reportada en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye en el este, oeste y norte del país, en donde se encuentra en los biomas Selva Tropical Lluviosa y Selva de Montaña, desde los 1,600 hasta los 1,760 msnm.

Bombus (Thoracobombus) weisi Friese, 1903

Bombus laboriosus Smith, 1861. *J. Entomol.* 1: 153.

Bombus weisi Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3: 253.

Bombus nigrodorsalis Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18: 90.

Bombus nigrodorsalis laticollis Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18: 91.

Bombus mateonis Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98: 487.

Distribución: Especie con distribución neártica y neotropical. En el Neotrópico su presencia ha sido reportada en Costa Rica, Guatemala, Honduras y México (Abrahamovich, & Díaz, 2002; Moure, & Melo, 2012). En Guatemala se distribuye en la región central, de este a oeste. Se encuentra en los biomas Bosque de Montaña y Selva Subtropical Húmeda, desde los 1,600 hasta los 3,150 msnm.

Bombus (Thoracobombus) xelajuensis Asperen de Boer, 1992

Bombus xelajuensis Asperen de Boer, 1992. *Entomol. Ber. (Amst).* 52(11): 162.

Distribución: Especie endémica de Guatemala, donde se presenta en la región oeste (Asperen de Boer, 1992). Se encuentra en el bioma Bosque de Montaña, a partir de los 2,920 msnm. Enríquez y otros, (2012) indican la sinonimia entre *B. xelajuensis* y *Bombus (Fervidobombus) trinominatus* Dalla Torre, 1890; no obstante, en dicho trabajo no se respalda la sinonimia y en la elaboración de este catálogo no se encontró bibliografía que sustente esta afirmación.

Discusión

En este trabajo se presentan los datos taxonómicos de las trece especies reportadas para Guatemala en distintas publicaciones. Únicamente 10 de estas especies (*B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. variabilis*, *B. ephippiatus*, *B. wilmattae*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus*, *B. weisi* y *B. xelajuensis*) se encuentran representadas en las colecciones entomológicas revisadas. El género está distribuido ampliamente en Guatemala, y aunque la mayoría de las especies se encuentran principalmente en la meseta central, en altitudes entre los 1,000 y 3,500 msnm, existen registros de especies distribuidas en zonas bajas. De acuerdo al alto número de ejemplares depositados en las colecciones estudiadas, *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* son probablemente las especies más abundantes. *Bombus xelajuensis* es una especie poco común, restringida a la zona oeste del país y presente a altitudes superiores a los 2,920 msnm. La mayoría de especies se ubican en zonas templadas del país; sin embargo, *B. medius* se reporta a altitudes menores y con temperatura más cálida. Durante la revisión del material bibliográfico y la consulta de especímenes en las colecciones entomológicas, se corroboró la necesidad de realizar un estudio taxonómico más profundo del género *Bombus* en Guatemala, especialmente de las especies con situación taxonómica dudosa como *B. wilmattae* y *B. ephippiatus*. También

se hizo patente la necesidad de corroborar la presencia en el país de *B. pensylvanicus*, *B. diligens* y *B. digressus*; sin embargo, al citarlas, los reportes de literatura no indican localidades específicas que permitan priorizarlas para muestreos. Actualmente, se prepara una revisión taxonómica que brindará información al respecto y permitirá conocer la situación taxonómica de las especies del género *Bombus* en Guatemala.

Agradecimientos

Las autoras agradecemos el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de los proyectos FODECYT 013-2009 y FODECYT 032-2012. Asimismo, a todos los que han contribuido a enriquecer la Colección Abejas Nativas de Guatemala de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, así como la Colección de Invertebrados del Museo de Historia Natural. Agradecemos también el apoyo brindado por los grupos de investigación del Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología y los herbarios BIGU y USCG, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Agradecemos también los valiosos comentarios de los revisores anónimos. Por último, reconocemos el valioso apoyo de Ana Gabriela Armas, Natalia Escobedo, Jessica López y Ricardo Ayala para la realización de este trabajo.

Referencias

- Abrahamovich, A., & Díaz, N. (2001). Distribución geográfica de las especies del género *Bombus* Latreille (Hymenoptera: Apidae) en Argentina. *Revista Brasileira de Entomologia*, 45(1), 23-26.
- Abrahamovich, A., & Díaz, N. (2002). Bumble bees of the Neotropical Region (Hymenoptera: Apidae). *Biota Colombiana*, 3(2), 199-214.
- Asperen de Boer, J. R. J. Van. (1992). *Bombus xelajuensis* -a new bumblebee species from Guatemala (Hymenoptera: Apidae). *Entomologische Berichten*, 52, 162-164.
- Cameron, S. A., Hines, H. M., & Williams, P. H. (2007). A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 91, 161-188.
- Cockerell, T. D. A. (1912). Descriptions and records of bees XLV. *Annals and Magazine of Natural History*, 10(8), 21-31.
- Duennes, M., Lozier, J., Hines, H., & Cameron, S. (2012). Geographical patterns of genetic divergence in the widespread Mesoamerican bumble bee *B. ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 64, 219-231.
- Enríquez, E., Yurrita, C. L., Ayala, R., Marroquín, A., y Griswold, T. (2012). Diversidad de abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de Guatemala. En Cano, E. B., y Schuster, J. C. (Eds.), *Biodiversidad de Guatemala* (Vol. 2, pp. 281-299). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Franklin, H. (1913). The Bombidae of the new world (continued). *Transaction of the American Entomological Society*, 39, 73-200.
- Frison, T. H. (1925). Contribution to the classification of the Bremidae (bumblebees) of Central and South America. *Transaction of the American Entomological Society*, 51, 137-165.

- Hines, H. M., Cameron, S. A., & Williams, P. H. (2006). Molecular phylogeny of the bumble bee subgenus *Pyrobombus* (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) with insights into gene utility for lower-level analysis. *Invertebrate Systematics*, 20, 289-303.
- Labougle, J. M., Ito, M., & Okazawa, T. (1985). The species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) of Chiapas, Mexico and Guatemala; with a morphometric and altitudinal analysis. *Folia Entomológica Mexicana*, 64, 55-72.
- Labougle, J. M. (1990). *Bombus* of Mexico and Central America (Hymenoptera, Apidae). *University of Kansas Science Bulletin*, 54, 35-73.
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World* (2a. Ed.). Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- Milliron, H. E. (1961). Revised classification of the bumblebees -a synopsis (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 34, 49-61.
- Moure, J. S., & Melo, G. A. R. (2012). Bombini Larerille, 1802 In Moure, J. S., Urban, D., & Melo, G. A. R. (Orgs.), *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Recuperado de <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>
- Villar-Anleu, L. (1998). *La Flora Silvestre de Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Williams, P. H. (1998). An annotated checklist of bumblebees with an analysis of patterns of description. *Bulletin of the Natural History Museum* [London] (Entomology), 67, 79- 152.
- Williams, P. H. (2007). The distribution of bumblebee colour patterns worldwide: possible significance for thermoregulation, crypsis, and warning mimicry. *Biological Journal of the Linnean Society*, 92, 97-118.
- Williams, P. H. (2016). *Bombus* (Th.) *trinominatus* Dalla Torre. Recuperado de <http://www.nhm.ac.uk/researchcuration/research/projects/bombus/th.html#trinominatus>.

Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala

Lichens as bioindicators of air pollution in the metropolitan corridor Guatemala City

Gretchen Cohn-Berger,¹ y Maura Quezada²

¹Escuela de Biología, ²Sección Macrohongos, herbario BIGU, Escuela de Biología
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
gretcohn@hotmail.com

Recibido: febrero, 2016 • Aceptado: marzo, 2016

Resumen

El incremento en las sustancias tóxicas a la atmósfera en la ciudad de Guatemala ha generado un empeoramiento paulatino de la calidad del aire. Por lo tanto, es necesaria la incorporación de un sistema de monitoreo que sea económico y que permita determinar las áreas de la ciudad con altos índices de contaminación aérea, para posteriormente tomar medidas adecuadas para su mitigación. En este sentido, el presente estudio categorizó los niveles de contaminación aérea por medio del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), complementado con coberturas de cada especie, el Factor de Clasificación Ambiental (ECF) y el cambio en la diversidad de líquenes en árboles de jacaranda en 32 puntos del corredor metropolitano en la ciudad de Guatemala. Los resultados reportan 16 familias, 23 géneros y 65 especies de líquenes, de las cuales 26 son nuevos registros para el país y 5 para la ciudad. Los valores de IPA variaron de 4.5 a 25.5 indicando homogeneidad en los índices de contaminación aérea a lo largo del corredor metropolitano. En los puntos P5 Instituto Normal para Señoritas Centro América (INCA) y P13 (Parroquia Santa Marta) se obtuvieron los menores valores de IPA por lo que son los puntos con mayor grado de contaminación aérea; y los puntos P28 (Universidad Francisco Marroquín) y P21 (Avenida las Américas 1) obtuvieron los mayores siendo las áreas menos contaminadas. La incorporación del valor de cobertura al IPA, permite categorizar las áreas a una escala más fina, dándole mayor peso a especies toxitolerantes y toxisensibles. Estos resultados evidencian que los líquenes pueden complementar mediciones físico-químicas de contaminación aérea, especialmente en puntos en donde no se cuenta con equipo para ello y pueden indicar lugares con problemas ambientales que necesiten investigación instrumental, como los puntos P5 y P13. Así mismo, se proponen 10 especies foliosas de líquenes para ser utilizadas como indicadoras de contaminación aérea en futuras investigaciones.

Palabras clave: Líquenes, Índice de Pureza Atmosférica, Factor de Clasificación Ambiental, bioindicador, *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

Abstract

The increase of toxic substances into the atmosphere in Guatemala City has led to a progressive deterioration of the air quality. Therefore, it is necessary to incorporate an economic monitoring system that is able to identify the areas of the city with the highest levels of air pollution, and after that, be able to take the appropriate mitigation measures according to it. In this regard, this study categorized the levels of air pollution through the Index of Atmospheric Purity (IAP) complemented with coverage of each specie, the Environmental Classification Factor (ECF) and the change in diversity of lichens on Jacaranda trees in 32 points of metropolitan corridor of Guatemala City. The result reports 16 families, 23 genera and 65 species of lichens, whose 26 are new records for the country, and 5 for the city. IAP rate varied from 4.5 to 25.5, indicating that the metropolitan corridor is homogeneous regarding to high levels of air pollution. In points P5 (INCA) and P13 (Parish Church Parroquia Santa Marta) the lower rate of IAP were found, meaning that these are the points with the higher degree of air pollution; and points P28 (Marroquín University) and P21 (Avenida las Americas 1) obtained the highest degree, being the least polluted areas. The incorporation of the value of coverage to the IAP allows categorizing areas at a finer scale, giving more importance to toxitolerant and toxisensitive species. These results demonstrate that lichens can complement physical-chemical measurements of air pollution, especially in places where there is no equipment for it and it and therefore could indicate places with environmental problems that may need instrumental research, such as points P5 and P13. Furthermore, 10 micro lichen species are proposed to be used as air pollution indicators in future researches.

Keywords: Lichens, Index of Atmospheric Purity, Environmental Classifications Factor, bioindicator, *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

Introducción

La contaminación del aire en la mayoría de las ciudades del mundo se debe a los gases emitidos por motores de combustión, aparatos domésticos para la calefacción y a la industria. Los gases, vapores o partículas sólidas en suspensión perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas. Por lo que muchos países tienen normas sobre la calidad del aire con respecto a las sustancias peligrosas que éste pueda contener.

La ciudad de Guatemala posee una alta densidad poblacional (1,142 hab/km²) y es una importante área de paso que recibe la emisión de más de 1,000,000 de vehículos que circulan diariamente, generando altos niveles de contaminación y hasta el momento no existe ningún normativo que regule la concentración de contaminantes en el aire y las emisiones de las fuentes (Ministerio de

Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS], 1999; Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [FUNDAECO], 2005; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2011; Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], 2013; Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC], 2012.).

Aunque las mediciones de contaminantes por métodos físico-químicos son importantes, no permiten obtener conclusiones sobre los efectos que las concentraciones de contaminantes tienen sobre los seres vivos. Para ello, se utilizan los llamados bioindicadores, que complementan estos métodos, y aportan información acerca de los efectos sobre los organismos. El uso de bioindicadores es el pilar principal en la gestión de la calidad del aire en todo el

mundo, y son utilizados para estimar el riesgo de la contaminación ambiental para los ecosistemas y la salud humana (Anze, Franken, Zaballa, Pinto, & Zeballos, 2007).

Los bioindicadores tienen la capacidad de ofrecer información sobre el estado del medio en el cual se desarrollan y su acción sobre ellos. Los líquenes están considerados entre los mejores bioindicadores dado que dependen de la atmósfera para obtener nutrientes minerales, tienen una amplia distribución geográfica y acumulan elementos minerales más allá de lo que necesitan, sin poseer mecanismos de eliminación (Fernández, Terrón, & Barreno, 2006; Brodo, Sharnoff, & Sharnoff, 2001; Kricke, & Loppi, 2002, 21; Santoni, & Lijteroff, 2006). Debido a estas características son particularmente susceptibles a los compuestos tóxicos transportados por el aire, especialmente al anhídrido sulfuroso (que desorganiza las membranas biológicas impidiendo la fotosíntesis), ácido sulfúrico y nítrico, fluoruros, ozono, hidrocarburos y metales pesados como cobre, plomo, zinc, cadmio, níquel, mercurio y cromo. Así, la presencia o ausencia de líquenes es un índice sensible de la contaminación aérea, obteniendo especies toxitolerantes o toxisensibles (Brodo y otros, 2001; Purvis, 2000).

El número de estudios que han utilizado los líquenes como bioindicadores en ciudades del trópico es reducido. En Caracas, Venezuela, Vareschi (1953) categorizó zonas urbanas según la presencia de líquenes. García, Guerrero, Marcell y Saiki (1997) los utilizaron como indicadores de contaminación en la ciudad de Guarulhos, Sao Paulo, Brasil. Barclay (1992) reporta diferencia en la diversidad líquénica en palmas en dos zonas diferentes de contaminación en Belice. Estrabou (1998) estudió la diferencia de la diversidad líquénica en la ciudad de Córdoba, Argentina, y logra reportar especies tolerantes a la contaminación. Bretschneider y Marcano

(1995) los utilizan como indicadores de contaminación causada por metales pesados (Hawksworth, Iturriaga, & Crespo, 2005). Estos estudios permiten inferir que existe un gran potencial para emplearlos con este objetivo, mediante el IPA, un índice que supone la disminución en la frecuencia de especies a medida que aumenta la contaminación del aire. En el presente estudio se categorizaron los niveles de contaminación aérea por medio del IPA y del cambio en la riqueza y composición de líquenes en árboles de jacaranda (*J. mimosifolia* D. Don.) en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte-Hipódromo del Sur, en la ciudad de Guatemala. Se muestrearon un total de 32 puntos, de los cuales 12 eran arriates, 8 parques municipales, 8 áreas residenciales y 4 áreas comerciales.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Se trabajó en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte-Hipódromo del Sur (HN-HS), el cual es un complejo urbano que recorre la ciudad de norte a sur. En dicho complejo están presentes varios tipos de uso del suelo, tales como: vivienda, comercio, recreación y el basurero municipal. Además, en esta área de muestreo se encuentran ubicados algunos de los parques urbanos con los que cuenta la ciudad capital (Parque Central, Parque Morazán, Parque San Sebastián, Parque Isabel la Católica, Cerrito del Carmen, Parque Concordia y Parque de la Industria) y el Jardín Botánico Universitario, los que a su vez están conectados a través de algunas de las vías de comunicación más concurridas del área metropolitana.

Muestreo e identificación

Se tomaron 32 puntos de muestreo a lo largo del área seleccionada en la ciudad capital, con un área de 0.5 km² cada uno

(Verein Deutscher Ingenieure [VDI 3957], 2004), en cada punto se muestrearon 4 árboles (unidades experimentales) de *J. mimosifolia* D. Don., con un total de 128 árboles analizados (Tabla 1). En cada árbol se tomaron 10 muestras de 10 x 10 cm, con un total de 1,280 muestras. Con el fin de que el único factor ecológico variable entre las diversas estaciones de muestreo fuera la contaminación atmosférica, los puntos de muestreo se ubicaron en zonas donde no hay áreas verdes naturales, como barrancos, para evitar muestreos en microambientes distintos.

Para obtener datos del IPA se utilizó un acetato de 50 cm de largo x 20 cm de ancho dividido en 10 cuadros de 10 x 10 cm, el cual se colocó verticalmente con el borde inferior a 100 cm del suelo, en el área del árbol más propensa a recibir emisiones y se dibujó la silueta de cada especie con un marcador, para medir la cobertura de cada especie de líquen en cada árbol. Luego, de cada cuadro de 10 x 10 cm se tomaron todas las especies de líquenes presentes. (VDI 3957, 2004).

En el sitio mismo de la recolección, se procuró eliminar del ejemplar cualquier exceso de material no liquénico, para facilitar su herborización. Las muestras obtenidas durante el muestreo fueron identificadas mediante la utilización de diferentes claves taxonómicas propuestas por una variedad de autores, dentro de los cuales se incluye a Sipman (2005a, b, c, d) con claves para líquenes del Neotrópico, obtenidas vía internet, en donde se cubren cerca de 300 géneros. Se emplearon las claves de Lücking, Chaves, Sipman, Umaña y Aptroot, (2008) para la familia Graphidaceae; las de Brodo (2001) para Norte América; las de Aptroot, Lücking, Sipman, Umaña y Chaves (2008) para líquenes pirenocarpos, entre otros. Para dicho fin se describieron las características macro y microscópicas de los líquenes, además se realizaron pruebas punto en la corteza y la médula de los ejemplares

colectados, cuando fue necesario para identificar las especies. Las muestras fueron herborizadas y depositadas en la sección de hongos, del Herbario BIGU de la Escuela de Biología de la USAC, para su preservación y posteriores estudios.

Análisis de datos

Diversidad: Los índices de diversidad se calcularon en base a las coberturas de cada especie en cada sitio, utilizando el q1 o índice de Shannon modificado, el cual tiene la ventaja que se puede dividir en valores de alpha y beta independientes y además, se basa en frecuencias, sin favorecer especies raras o comunes ($q_0 = \sum P_i$, $q_1 = e^{\sum P_i \ln P_i}$, $q_2 = 1 / \sum P_i^2$) (Jost, 2006).

IPA: Para calcularlo en cada estación se suman las frecuencias de todas las especies en cada árbol y se divide entre el número de árboles muestreados en dicho punto de muestreo. Este método permite delimitar áreas con diferente calidad de aire. Este método de frecuencia permite predecir los niveles de contaminación por sobre un 97% (Szczeplaniak & Biziuk, 2003). $IPA = \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i^*)}{10}$, en donde N= número de especies, Q= factor de sensibilidad, f= frecuencia de cada especie. Y $Q_i = \sum_{j=1}^{A_j} \frac{(A_j - 1)}{E_j}$, en donde Q_i = Factor de sensibilidad de la especie i, A_j = Número de especies presentes en cada estación donde se encuentre i, E_j = Número de estaciones donde se halle i (Kricke, 2002). Para la representación cartográfica se utilizó el programa ArcGis.

Índice IPA utilizando cobertura: El área en cm² de cada líquen en cada árbol se trabajó con ayuda del programa Autocad 2012, con el que se calculó el porcentaje de cobertura de cada especie. Para calcular el IPA utilizando coberturas, se utilizó una escala de frecuencia de 1 a 5 (1. 1 árbol, 0-20% cobertura; 2. 2 árboles, 0-20% cobertura; 3. 2-3 árboles 0-40% cobertura; 4. 2-3 árboles cobertura 40-80%; 5. 3-4 árboles 80-100% cobertura).

El ECF propuesto por Käffer (2011), incorpora parámetros del IPA como un factor de corrección a través de una escala de porcentajes de cobertura de cada forma de crecimiento de los líquenes encontrados (costrosos y foliosos), $ECF = (CMGc + CMGfo + CMGfr) * \frac{IPA}{100}$, en donde CMGc= Escala de cobertura para especies costrosas, CMGfo= Escala de cobertura para especies foliosas, CMGfr= Escala de cobertura para especies fruticosas, IPA= Índice de Pureza Atmosférica (Tabla 1) (Käffer, 2011).

Posteriormente los datos obtenidos de los índices se clasificaron en las categorías establecidas por Le Blanc y De Sloover en 1970: Clase I-Liquen ausente, con valores de IPA de 1.0-5.5, Clase II-Liquen pobre (5.6-15.5), Clase III-Área de Transición (15.6-35.5), Clase IV-Normal (35.6-75.5) y Clase V-Excelente (arriba de 75.6).

Análisis de la comunidad: Para determinar los patrones en las comunidades líquénicas presentes en los diferentes puntos de muestreo se utilizó un análisis de agrupamiento jerárquico, el cual permite la representación gráfica de las relaciones entre los objetos de un conjunto de datos. Además se utilizó un análisis exploratorio de escalamiento multidimensional no métrico (nmDS). Los datos se analizaron en el programa R utilizando el paquete Vegan. Ambos análisis se utilizaron para evaluar qué tan iguales son los puntos entre sí y se obtuvieron gráficos que permiten visualizar la composición de la comunidad líquénica (Jongman, Braak, & Tongeren, 1995; McCune, & Grace, 2002).

Análisis de especies indicadoras: El Índice Ecológico (Q) representa la tolerancia o sensibilidad de una especie ante la contaminación aérea, para un bajo Q las especies muestran alta tolerancia y para un alto Q es baja tolerancia. Está definido por el número de especies acompañantes

de la especie indicadora (Kricke, & Loppi, 2002).

Resultados

Riqueza y Diversidad

Se identificaron 65 especies divididas en 23 géneros y 16 familias, de las cuales 26 especies son nuevos registros para el país. De las 37 especies que ya habían sido reportadas para el país, 5 no habían sido reportadas para la ciudad de Guatemala (Tabla 1). La morfoespecie *Chroodiscus* sp. no fue posible identificarla hasta especie debido a la escasez de claves de dicho género, el cual solamente ha sido reportado para el departamento de Petén.

En cuanto a grupos morfológicos, el 49% corresponde a especies costrosas y el 51% pertenece a especies foliosas. La familia Physciaceae representa el mayor número de especies (20%), seguida por las familias Graphidaceae (13.5%), Caliciaceae (9.2%) y Collemataceae (9.2%). El género con mayor cantidad de especies es *Graphis* (13.9%), seguido por *Leptogium* (9.2%) y *Physcia* (9.2%). La especie más frecuente fue *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold, presente en 27 de los 32 puntos de muestreo, seguida por *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer y Poelt, presente en 24 puntos (Tabla 1).

De los puntos de muestreo el que presentó mayor número de especies fue el P28 con 28 especies, seguido por el P21 con 26 especies. El P8 fue el que presentó menor cantidad de especies, con solamente 4, seguido por el P14 con solamente 5 especies.

Se obtuvieron los valores de diversidad $\alpha_1=14.46$ y diversidad $\beta_1=13.38$ con un índice de similitud de Shannon de 53.48, lo que indica que son 14 especies efectivas. El 47% de los puntos son diferentes en cuanto

a composición de especies, presentándose un bajo recambio de especies entre los sitios.

En cuanto a la cobertura, el área total muestreada fue de 4,000 cm² en cada punto de muestreo. Se observó que el P6 (2,565.5 cm²) y el P7 (2,501.3 cm²) presentaron los mayores valores, mientras que el punto P13 (334.5 cm²) y el P18 (343.3 cm²) generaron los menores valores. La especie con la mayor cobertura fue *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt (10,107.2 cm²) y la de menor cobertura fue *Arthonia complanata* Fée. (0.4 cm²) El mayor porcentaje de líquenes foliosos se registró en el P7 (58.6%), y para los líquenes costrosos fue el P28 (10.2 cm²) (Tabla 2).

Índice de Pureza Atmosférica y Factor de Clasificación Ambiental

Los valores de IPA oscilan entre 4.5 y 25.5, siendo un 6.25% de clase I, 68.75% de clase II y 25% de clase III (Tabla 3, Figura 1). Los valores de IPA utilizando cobertura oscilan entre 11.1 y 75.4, siendo un 12.5% de clase II, 53.13% de clase III y 34.37% de clase IV (Tabla 3, Figura 2). Ambos índices (IPA e IPA+Cob) coinciden en que los valores más bajos se encuentran en el punto P5 y e P8, y los más altos se encuentran en los puntos P28 y P21 (Tabla 3). Los valores del ECF oscilan entre 1.7 y 15.1, siendo un 56.25% de clase I y 43.75% de clase II (Figura 3).

... continuación de Tabla 1. Líquenes presentes en cada punto de muestreo en la Ciudad de Guatemala, las x representan presencia, Co indica costrosos y Fo foliosos, (*) nuevos reportes para el país, (**) especies nuevas para Guatemala reportadas en el estudio de Lücking y otros, 2011 y (***) nuevos reportes para la ciudad.

| Especie | Familia | Talo | Puntos de muestreo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|--|
| | | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P19 | P20 | P21 | P22 | P23 | P24 | P25 | P26 | P27 | P28 | P29 | P30 | P31 | P32 | | | | |
| <i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt | Physciaceae | Fo | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | | x | x | | x | | x | x | | | x | x | x | x | x | x | | x | x | | | | | | |
| <i>Hyperphyscia minor</i> (Fée) Kalb** | Physciaceae | Fo | | | | x | | x | | | x | x | x | | x | x | x | x | | | x | x | x | x | x | x | | | x | x | | | | | | | | |
| <i>Hyperphyscia pandani</i> (H. Magn.) Moberg | Physciaceae | Fo | x | x | | x | x | | | | x | x | | | | x | | x | x | x | x | x | x | | x | x | | | x | x | | x | x | | | | | |
| <i>Hyperphyscia pyrithrocardia</i> (Müll. Arg.) Moberg & Aptroot** | Physciaceae | Fo | | x | x | x | | | | x | x | x | | x | x | x | | | x | | x | x | x | | | | x | x | x | | | | x | x | | | | |
| <i>Lecanora cupresii</i> Tuck.* | Lecanoraceae | Co | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | |
| <i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Arch.* | Lecanoraceae | Co | | | | | | | | | | x | x | | | | x | | | | | | x | | | | | | | | | | x | | x | | | |
| <i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieff* | Lecanoraceae | Co | | x | x | x | | | | | x | | | | | | x | | | | x | x | x | | | x | | | | | | x | x | | x | | | |
| <i>Lecanora thysanophora</i> R.C. Harris** | Lecanoraceae | Co | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | x | | | | |
| <i>Leptogium austroamericanum</i> (Malme) C.W. Dodge*** | Collemataceae | Fo | | | | | | | | x | x | | | | | | x | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | x | x | x | | | |
| <i>Leptogium azureum</i> (Sw. ex Ach.) Mont.* | Collemataceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| <i>Leptogium chloromelum</i> (Ach.) Nyl. | Collemataceae | Fo | x | | | | | x | | | | | | | x | | | x | x | | | | x | | | x | | | | | | | x | | x | x | | |
| <i>Leptogium marginellum</i> (Sw.) Gray | Collemataceae | Fo | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leptogium milligranum</i> Sierk | Collemataceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | x | |
| <i>Leptogium phyllocarpum</i> (Pers.) Mont. | Collemataceae | Fo | | | | x | x | | | | | x | | | x | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | x | x | x | | x | | |
| <i>Mycomicrothelia subfallens</i> (Müll. Arg.) D. Hawksw.* | Arthopyreniaceae | Co | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy*** | Parmeliaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Parmotrema dilatatum</i> (Vain.) Hale* | Parmeliaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Parmotrema mellissii</i> (CW. Dodge) Hale | Parmeliaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.*** | Physciaceae | Fo | x | x | | | | | x | x | | x | x | x | x | | | x | | | | | x | x | | x | x | | | | | | x | x | x | x | x | |
| <i>Physcia americana</i> g. Merr.* | Physciaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr.* | Physciaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Physcia millegrana</i> Degel.* | Physciaceae | Fo | | | x | | | | | | | x | x | x | | | | x | x | | | | | | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| <i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge | Physciaceae | Fo | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl. | Physciaceae | Fo | | | x | x | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyrenula confinis</i> (Nyl.) R.C. Harris** | Pyrenulaceae | Co | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyrenula punctella</i> (Nyl.) Trevis* | Pyrenulaceae | Co | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Imshaug*** | Galiciaceae | Fo | x | x | x | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyxine caesiopruinosa</i> (Tuck.) Imshaug** | Galiciaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyxine cocoës</i> (Sw.) Nyl. | Galiciaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pyxine petricola</i> Nyl. | Galiciaceae | Fo | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soraliaverde | | Co | x | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr. | Teloschistaceae | Fo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2

Valores de riqueza, cobertura (cm²) y porcentaje de formas de crecimiento de un total de 4,000 cm² de área muestreada en cada punto.

| Lugar | Riqueza | SumCob | % Foliosos | % Costrosos |
|-------|---------|----------|------------|-------------|
| P1 | 10 | 1897.85 | 47.2 | 0.2 |
| P2 | 12 | 2066.263 | 45.1 | 6.6 |
| P3 | 9 | 438.8022 | 9.4 | 1.6 |
| P4 | 12 | 670.8155 | 7.2 | 9.6 |
| P5 | 6 | 955.3084 | 14.2 | 9.7 |
| P6 | 14 | 2565.484 | 55.2 | 9.0 |
| P7 | 16 | 2501.274 | 58.6 | 4.0 |
| P8 | 4 | 2100.782 | 50.7 | 1.8 |
| P9 | 8 | 1406.198 | 35.2 | 0.0 |
| P10 | 14 | 1468.499 | 36.5 | 0.2 |
| P11 | 19 | 1310.374 | 32.1 | 0.7 |
| P12 | 17 | 655.9761 | 14.1 | 2.3 |
| P13 | 6 | 334.5101 | 8.4 | 0.0 |
| P14 | 5 | 1456.363 | 36.4 | 0.0 |
| P15 | 12 | 440.6074 | 9.0 | 2.0 |
| P16 | 20 | 703.3332 | 16.1 | 1.5 |
| P17 | 10 | 1281.058 | 31.5 | 0.5 |
| P18 | 11 | 343.2683 | 6.2 | 2.4 |
| P19 | 10 | 970.8858 | 23.3 | 1.0 |
| P20 | 14 | 834.6639 | 17.7 | 3.2 |
| P21 | 26 | 994.099 | 17.1 | 7.8 |
| P22 | 15 | 942.8025 | 22.04 | 1.2 |
| P23 | 17 | 2072.907 | 50.4 | 1.4 |
| P24 | 14 | 1110.866 | 25.0 | 2.7 |
| P25 | 19 | 940.4587 | 19.5 | 4.0 |
| P26 | 7 | 503.021 | 10.0 | 2.6 |
| P27 | 10 | 959.2107 | 23.6 | 0.4 |
| P28 | 28 | 1023.265 | 15.4 | 10.2 |
| P29 | 10 | 1086.626 | 27.2 | 0.0 |
| P30 | 10 | 1525.875 | 36.1 | 2.1 |
| P31 | 20 | 1766.248 | 41.3 | 2.9 |
| P32 | 11 | 706.6387 | 16.2 | 1.4 |

Tabla 3

Valores del índice de pureza atmosférica y del factor de clasificación ambiental.

| Lugar | IPA | Clase | IPA+Cob | Clase | ECF | Clase |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| P1 | 12.7659 | II | 32.2246 | III | 5.8232 | II |
| P2 | 13.7165 | II | 31.8043 | III | 4.2743 | I |
| P3 | 12.6436 | II | 23.8657 | III | 6.7109 | II |
| P4 | 12.8005 | II | 29.5009 | III | 4.6205 | I |
| P5 | 4.5537 | I | 11.9557 | II | 5.0887 | I |
| P6 | 15.6419 | III | 36.7317 | IV | 4.5567 | I |
| P7 | 18.0622 | III | 37.1788 | IV | 7.2138 | II |
| P8 | 6.0676 | II | 11.0774 | II | 5.1559 | I |
| P9 | 9.0794 | II | 19.8041 | III | 5.8771 | II |
| P10 | 14.4725 | II | 32.5244 | III | 11.0118 | III |
| P11 | 15.6025 | III | 37.2828 | IV | 4.6381 | I |
| P12 | 14.6374 | II | 36.0007 | IV | 6.6945 | II |
| P13 | 5.2412 | I | 15.0901 | II | 5.9002 | II |
| P14 | 7.4991 | II | 14.4958 | II | 4.7731 | I |
| P15 | 6.7560 | II | 20.8856 | III | 5.9486 | II |
| P16 | 20.4940 | III | 39.1996 | IV | 15.0769 | II |
| P17 | 12.1174 | II | 26.9123 | III | 4.1771 | I |
| P18 | 7.2472 | II | 26.9123 | III | 3.5647 | I |
| P19 | 8.7974 | II | 23.7463 | III | 5.8544 | II |
| P20 | 11.3675 | II | 29.1161 | III | 4.8442 | I |
| P21 | 22.4998 | III | 55.0592 | IV | 7.6240 | II |
| P22 | 12.2322 | II | 37.1918 | IV | 3.6995 | I |
| P23 | 19.6988 | III | 53.7590 | IV | 4.6782 | I |
| P24 | 12.0749 | II | 25.3151 | III | 7.2001 | II |
| P25 | 11.4930 | II | 36.0691 | IV | 8.6014 | II |
| P26 | 10.3850 | II | 18.4977 | III | 2.3911 | I |
| P27 | 13.3669 | II | 25.7671 | III | 3.0180 | I |
| P28 | 25.4563 | III | 75.3847 | IV | 5.4936 | I |
| P29 | 9.6942 | II | 22.0105 | III | 1.7724 | I |
| P30 | 9.9927 | II | 25.9898 | III | 2.6093 | I |
| P31 | 19.8673 | III | 47.6503 | IV | 3.9619 | I |
| P32 | 10.1295 | II | 27.4681 | III | 7.8399 | II |

Clase I- Liquen ausente (1.0-5.5), Clase II- Liquen pobre (5.6-15.5), Clase III-Área de transición (15.6-35.5), Clase IV-Normal (35.6-75.5), Clase V-Excelente (más de 75.6).

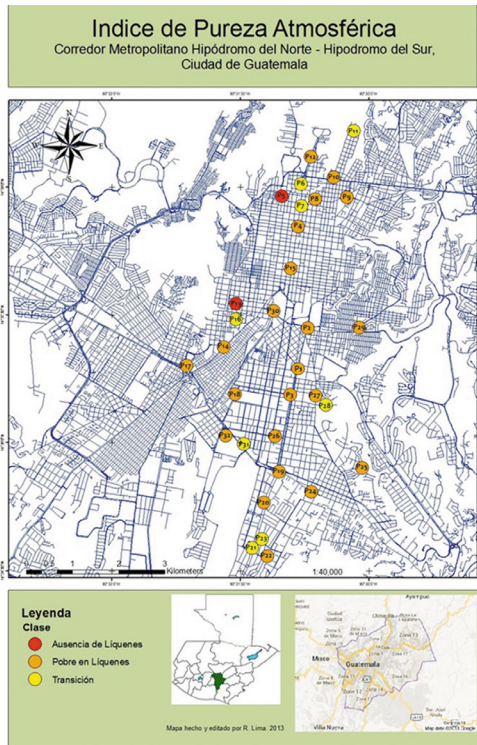


Figura 1. Mapa de la ciudad de Guatemala utilizando el índice IPA

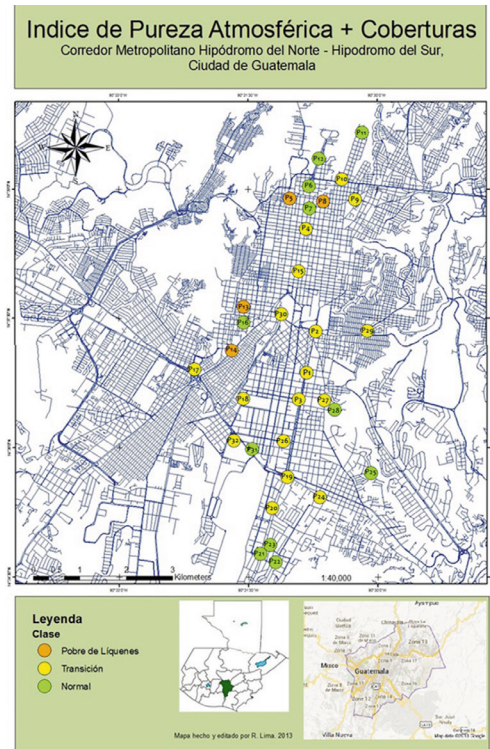


Figura 2. Mapa de la ciudad de Guatemala utilizando el índice IPA+Cobertura

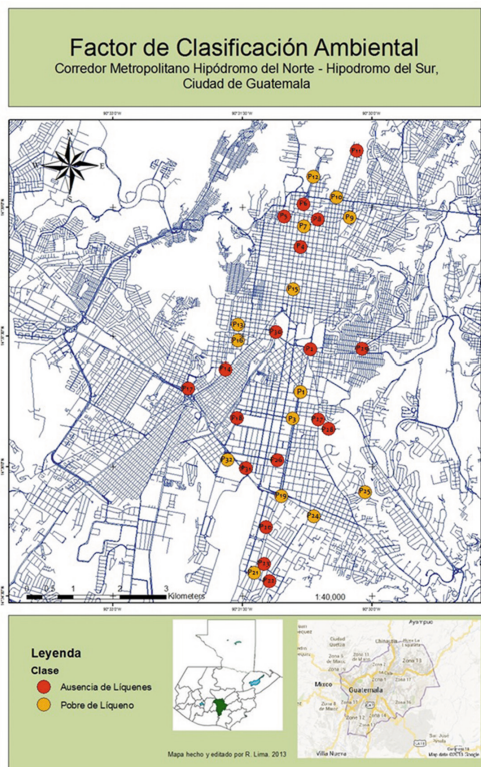


Figura 3. Mapa de la ciudad de Guatemala utilizando el índice ECF

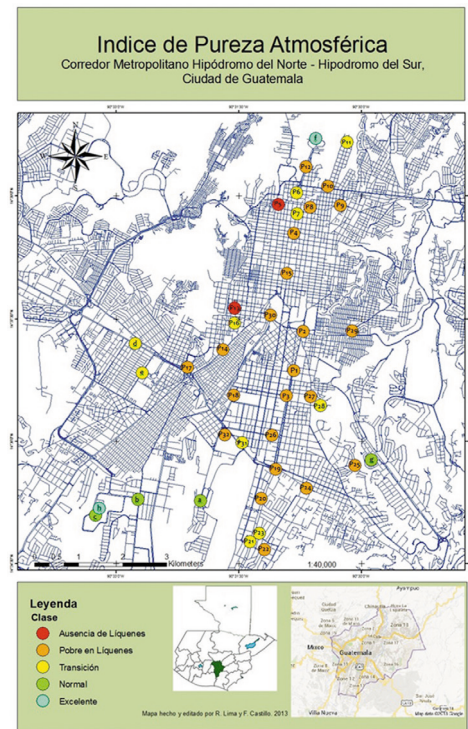


Figura 4. Mapa de la ciudad de Guatemala utilizando la escala IPA, incluyendo los resultados de Lücking et al (2011), en donde: a)INSIVUMEH, b)EFPEM, c)USAC-T10, d)Hino, e) INCAP, f)Hipódromo del Norte, g)Colonia el Maestro, h)Iglú.

Patrones de la comunidad liquénica a lo largo del cinturón Metropolitano HN-HS

En el dendrograma se pueden distinguir dos grupos principales, en el primero (azul) se agrupan los puntos P8, P5 y P14, en el segundo (verde) se puede observar un pequeño subgrupo (rojo) que agrupa a los puntos P28, P21 y P23. Esto coincide con las clases agrupadas por medio de los

índices utilizados (Figura 5). El análisis de ordenación (nmDS) presentó un stress de 0.2, observándose el mismo patrón resultante del análisis de agrupamiento (Figura 5) en donde dos grandes grupos se traslapan, en el área marcada de celeste se encuentran los puntos con menores valores de IPA y el área en rosado indica los dos puntos con mayores valores de IPA.

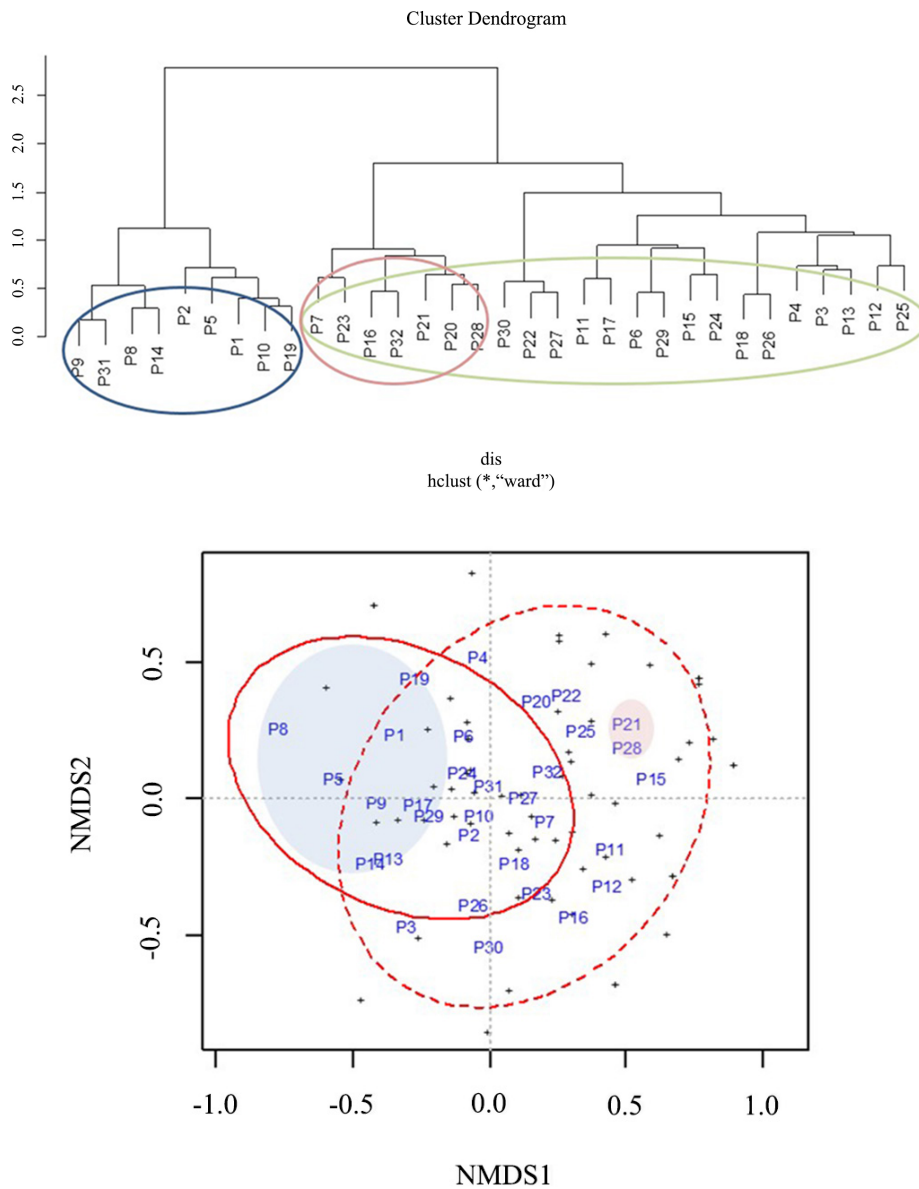


Figura 5. Dendrograma de los 32 puntos de muestreo en base a la cobertura de cada especie y Modelo de ordenación del NMDS (stress de 0.2)

Especies de líquenes como indicadoras de áreas urbanas

El Índice Ecológico Q indica que las especies foliosas toxitolerantes son *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer y Poelt, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Physcia caesia* (Hoffm.) Hampe ex Fürnr., *Leptogium azureum* (Sw. ex Ach.) Mont., *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold, *Leptogium*

milligranum Sierk, *Pyxine cocoës* (Sw.) Nyl. y *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr. entre otras. De las especies costrosas toxitolerantes, cuatro pertenecen al género *Graphis* y dos al género *Arthopyrenia*. Las especies foliosas *Parmotrema crinitum* (Ach.) M. Choisy y *Heterodermia granulifera* (Ach.) W.L. Culb. podrían ser consideradas como toxifóbicas o más sensibles a la contaminación urbana (Tabla 4).

Tabla 4

Valores de Q para cada especie, en donde los valores bajos indican especies tolerantes y los altos especies sensibles, señalando las especies foliosas toxitolerantes.

| Especie | Q | Especie | Q |
|---|---|---|----|
| <i>Graphis lineola</i> (Ach.) | 3 | <i>Graphis rimulosa</i> (Mont.) Trevis. | 6 |
| <i>Arthopyrenia planorbis</i> (Ach.) Müll. Arg. | 4 | <i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Irnshaug | 6 |
| Soralia verde | 4 | <i>Coccocarpia palmicola</i> (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway | 6 |
| <i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg. | 4 | <i>Pyrenula confinis</i> (Nyl.) R.C. Harris | 6 |
| <i>Graphis chondroplaca</i> (Redinger) Lücking | 4 | <i>Pyrenula punctella</i> (Nyl.) Trevis. | 7 |
| <i>Graphis dracena</i> Vain. | 4 | <i>Arthonia patellulata</i> Nyl. | 7 |
| <i>Graphis submarginata</i> Lücking | 4 | <i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. | 7 |
| <i>Leptogium azureum</i> (Sw. ex Ach.) Mont. | 4 | <i>Cryptothecia striata</i> G. Thor | 7 |
| <i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fürnr. | 4 | <i>Enterographa micrographa</i> (Nyl.) Redinger | 7 |
| <i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl. | 4 | <i>Graphis anfractuosa</i> (Eschw.) Eschw. | 7 |
| <i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt | 4 | <i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieff. | 7 |
| <i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold | 5 | <i>Physcia americana</i> G. Merr. | 7 |
| <i>Leptogium milligranum</i> Sierk | 5 | <i>Arthonia rubella</i> (Fée) Nyl. | 7 |
| <i>Pyxine cocoës</i> (Sw.) Nyl. | 5 | <i>Bacidia rosella</i> (Pers.) De Not. | 8 |
| <i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr | 5 | <i>Heterodermia diademata</i> (Taylor) D.D. Awasthi | 8 |
| <i>Graphis furcata</i> Fée | 5 | <i>Xanthoria candelaria</i> (L) Th. Fr. | 8 |
| <i>Graphis librata</i> Fée | 5 | <i>Heterodermia albicans</i> (Pers.) Swinscow & Krog | 8 |
| <i>Mycomicrothelia subfallens</i> (Müll. Arg.) D. Hawksw. | 5 | <i>Parmotrema mellissii</i> (C.W. Dodge) Hale | 8 |
| <i>Parmotrema dilatatum</i> (Vain.) Hale | 5 | <i>Candelaria fibrosa</i> (Fr.) Müll. Arg. | 8 |
| <i>Leptogium chloromelum</i> (Ach.) Nyl. | 5 | <i>Dirinaria picta</i> (Sw.) Schaer. ex Clem. | 9 |
| <i>Hyperphysia pandani</i> (H. Magn.) Moberg | 5 | <i>Caloplaca pollinnii</i> (A. Massal.) Jatta | 9 |
| <i>Leptogium austroamericanum</i> (Malme) C.W. Dodge | 5 | <i>Chroodiscus</i> sp | 10 |
| <i>Pyxine caesiopruinosa</i> (Tuck.) Imshaug | 5 | <i>Leptogium marginellum</i> (Sw.) Gray | 10 |

... continuación de Tabla 4. Valores de Q para cada especie, en donde los valores bajos indican especies tolerantes y los altos especies sensibles, señalando las especies foliosas toxitolerantes.

| Especie | Q | Especie | Q |
|--|---|--|----|
| <i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi | 5 | <i>Bacidia schweinitzii</i> (Fr. ex Tuck.) A. Schneid. | 11 |
| <i>Pyxine petricola</i> Nyl. | 5 | <i>Arthonia caesia</i> H. Olivier | 11 |
| <i>Canoparmelia crozalsiana</i> (B. de Lesd.) Elix & Hale | 6 | <i>Arthonia complanata</i> Fée | 11 |
| <i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge | 6 | <i>Lecanora thysanophora</i> R.C. Harris | 11 |
| <i>Hyperphyscia pyrithrocardia</i> (Müll. Arg.) Moberg & Aptroot | 6 | <i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach. | 12 |
| <i>Hyperphyscia minor</i> (Fée) Kalb | 6 | <i>Heterodermia granulifera</i> (Ach.) W.L. Culb. | 13 |
| <i>Leptogium phyllocarpum</i> (Pers.) Mont. | 6 | <i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy | 13 |
| <i>Physcia millegrana</i> Degel. | 6 | <i>Graphis elegans</i> (Borrer ex Sm.) Ach. | 15 |
| <i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R. Laundon | 6 | <i>Lecanora cupressii</i> Tuck | 16 |
| <i>Coenogonium moniliforme</i> Tuck. | 6 | | |

Discusión

Riqueza

El presente estudio reporta 26 nuevos registros para el país (Tabla 1), lo que indica que el estudio de líquenes en Guatemala es bastante reciente y escaso, evidenciado en las escasas publicaciones y el reducido número de registros de colecta disponibles en los herbarios del país, “Profesor José Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía (AGUAT), Herbario BIGU, Herbario USCG de la USAC y Herbario de la Universidad del Valle de Guatemala (UVAL), en donde se han reportado poco más de 500 especies (Cohn, & Sunum, 2012) de las 3,000 estimadas para la República de Guatemala (Lücking, Rivas, Chaves, Umaña, & Sipman, 2009). Se debe considerar, además, que en áreas urbanas las comunidades liquénicas no son tan diversas como en ambientes naturales y por lo general están compuestas de especies que toleran el exceso de luz y contaminantes aéreos.

Los líquenes foliosos se han reportado como los más sensibles a los factores atmosféricos (Hawskworth, & Rose, 1970), sin embargo, la

familia Physciaceae es la más abundante y la especie *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer y Poelt de dicha familia, cubre la mayor superficie, indicando que esta especie tiene una alta capacidad para colonizar áreas adversas, lo que apoya su potencial como bioindicador de alta contaminación (valor Q=4). Estos resultados coinciden con lo reportado por Estrabou (1998) quien propone dos especies de *Hyperphyscia* como bioindicadoras y Saipunkaew, Wolseley, Chimonides y Boonpragob (2004) que reportan a *H. adglutinata* como tolerante a la contaminación.

La segunda familia más abundante es Graphidaceae, compuesta de líquenes costrosos, los cuales son menos vulnerables a las alteraciones de la calidad del aire (Hawskworth, & Rose, 1970), dado que presentan una unión más estrecha con el sustrato, tienen crecimiento marginal y no poseen corteza inferior. *Graphis* presenta una riqueza de nueve especies lo que coincide con otros estudios (Dixon, & Kelly, 1979; Ederra, 1996; Das, 2013), en donde especies de este género han sido reportadas como tolerantes a la contaminación.

En cuanto a los valores de diversidad ($\alpha_1=14.46$ y $\beta_1=13.38$) se puede observar poca diferencia entre los puntos de muestreo, manifestándose que la comunidad líquénica en el corredor es homogénea lo que puede explicarse por los altos índices de contaminación aérea en el corredor metropolitano HN-HS, y la poca diferencia en los valores de IPA para los diferentes puntos de muestreo. Fernández y otros, (2006) evaluaron un área de España diez años después de su primer muestreo con bioindicadores, y no encontraron grandes cambios en la composición líquénica a pesar que las emisiones de SO_2 aumentaron, sin embargo, observaron un aumento en la frecuencia de especies toxitolerantes, las cuales se ven favorecidas por el aumento de emisiones de contaminantes. Este panorama podría darse en la ciudad de Guatemala en un futuro si no se regulan y disminuyen las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Patrones de contaminación

La presente investigación sigue una tendencia mundial con relación a investigaciones liquenológicas que permiten identificar y registrar tendencias con cambios en las comunidades líquénicas en áreas urbanas. Los valores de IPA reportados en el presente estudio (4.5 - 25.5) indican que la mayoría de puntos de muestreo (22) se encuentran dentro de la clase pobre en líquenes, seguidos por áreas de transición (8) y los puntos P5 y P13 con valores tan bajos que se encuentran dentro de la clase ausencia de líquenes (Figura 1). Por otro lado, el presente estudio propuso incluir al IPA valores de cobertura de las especies en cada punto de muestreo para visualizar las especies dominantes en las comunidades. Los valores obtenidos en esta variante del IPA (11.1- 75.4) indican que la mayoría de puntos (17) se encuentran en la clase transición, seguido por normal (11) y luego cuatro puntos pobres en líquenes (Figura 2). Los valores más bajos de IPA+cobertura corresponden

a las áreas más contaminadas en donde se encuentran los puntos P5 y P13, los cuales coinciden con los valores de IPA, y a este grupo se añaden los puntos P8 y P14 debido a que la especie toxitolerante *H. adgluinata* es dominante por el grado de cobertura (1,936 y 1,241 cm^2). Los puntos con mayor valor de IPA+cobertura, que corresponden a áreas menos contaminadas son P6, P7, P11, P16, P31, P23, P21 y P28, los cuales coinciden con los valores de IPA, y a este grupo se añaden los puntos P12, P25 y P22 los cuales en general tienen bajo grado de cobertura (656, 941 cm^2 y 943 cm^2) pero poseen especies toxisensibles como *Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach. y *Lecanora thysanophora* R.C.Harris, por lo que se incluyen dentro de este grupo. Por lo tanto, se puede inferir que el valor de cobertura les confiere mayor sensibilidad a los datos, permitiendo un valor de IPA más ajustado a la biología de las especies, con base en especies toxitolerantes y toxisensibles.

Con ambas metodologías, los valores más bajos se encuentran en los puntos P5 y P8, y los más altos se encuentran en los puntos P28 y P21 (Tabla 3). El punto P5 se encuentra en la ruta de salida al Atlántico del país, la cual mantiene una alta afluencia de vehículos pesados durante todo el día, lo que explica la alta contaminación. Además, habría que evaluar el efecto que tiene la industria cervecera con sus múltiples áreas de producción que se encuentran próximas a este punto. El punto P13 se encuentra en las cercanías del basurero municipal y del Cementerio General, de donde provienen fuertes emisiones de gases que contaminan la atmósfera y son transportados por los vientos predominantes del noroeste hacia donde se localiza el punto P13. Por lo descrito anteriormente, se propone la implementación de dos estaciones de medición de la calidad del aire en dichos puntos, además se debería evaluar el efecto de la contaminación aérea sobre las personas que habitan o que transitan en ese sector.

Las áreas pobres en líquenes se ubican en los puntos más transitados, tales como avenidas principales, áreas comerciales, y pocas áreas residenciales y a pesar de que se incluyen cinco parques municipales se puede observar que éstos se ven afectados por el tránsito vehicular intenso a su alrededor. Las áreas en transición a su vez, se encuentran en la periferia de la ciudad, dentro de parques municipales o en puntos cercanos a barrancos de áreas verdes. Los barrancos del área metropolitana de Guatemala (amg), dada su condición orográfica, ayudan a limpiar el aire, en donde existe una vía libre para la circulación del viento proveniente del noreste la mayor parte del año. Esta condición representa una adecuada dilución y dispersión de los contaminantes gaseosos particulados, favoreciendo un continuo sistema de limpieza del aire en la ciudad (USAC, 2012; MARN, 2009). Sin embargo, habría que analizar en un futuro el efecto del incremento de la carga vehicular para estos sitios, pudiendo incrementarse la contaminación y disminuir los valores de IPA y cambiar a la clase “pobre en líquenes”.

En relación a los valores del ECF obtenidos (1.7 y 15.1) se puede observar que la mayoría se encuentran en la clase I (ausencia de líquenes) seguida por la clase II (pobre en líquenes) (Figura 3). El índice ECF toma en cuenta la composición y la dominancia de cada forma de crecimiento. Los valores obtenidos indicaron una escala muy baja; esto se puede deber a que en realidad no existe mayor dominancia en cuanto a formas de crecimiento, ya que solamente se encontraron líquenes costrosos y líquenes foliosos representando un 49% y 51% respectivamente. Los líquenes fruticosos son los primeros en desaparecer de un ecosistema urbano como consecuencia de la contaminación atmosférica (Hawksworth, & Rose, 1970), lo que se confirma con los datos obtenidos, ya que no se encontraron líquenes fruticosos y el área con mejor

calidad de aire se encuentra en la zona de clasificación de “área de transición”, lo cual es bastante bajo. Por lo tanto, por el alto grado de contaminación presente en la ciudad de Guatemala, este índice no resulta útil ya que la ausencia de líquenes fruticosos no permite evaluar a una escala más fina la comunidad liquénica.

Los datos de Lüking y otros, (2011), fueron obtenidos de muestreos realizados en 5 de las seis estaciones de medición de calidad del aire monitoreadas en la ciudad por la Escuela de Química de la USAC, más un parque natural (Hipódromo del Norte), un área residencial (Colonia El Maestro) y otro punto dentro de la Universidad (Iglú). Según el IPA reportado, en las estaciones Iglú e Hipódromo del Norte, la calidad del aire es excelente, mientras que para las estaciones INSIVUMEH, EFPEM, USAC T10 y Colonia El Maestro la calidad del aire es normal y para las estaciones Hino e Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), la calidad del aire está en estado de transición (Figura 4). Estos resultados tienen una alta coincidencia con los datos reportados por el laboratorio de calidad del aire, especialmente para las PM10. Tomando en cuenta estos valores de IPA, se puede observar que en tres de las seis estaciones la calidad del aire va desde normal hasta excelente, y que el punto que presenta mayor grado de contaminantes es el INCAP, clasificándose en estado de transición. Sin embargo, estos resultados no reflejan la realidad de la calidad del aire de la ciudad capital, dado que todo el centro de la ciudad se encuentra en un área “pobre en líquenes”. Por otro lado, se debe considerar que los valores obtenidos por dichas estaciones indican que existen contaminantes en el aire que sobrepasan los valores requeridos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), pero no lo suficiente para incentivar la aplicación de leyes para mejorar la calidad del aire.

En el análisis de agrupamiento se identificaron dos grupos principales, uno con las áreas con valores de IPA+cobertura en un grupo pequeño, y el resto de puntos de muestreo en otro grupo, el cual a su vez contiene un subgrupo en donde se encuentran los sitios con mayores valores de IPA+cobertura. Esto confirma que los puntos P5, P8 y P14 se encuentran en las áreas con mayor grado de contaminación atmosférica y que los puntos P21, P23 y P28 se encuentran en las áreas menos contaminadas de todos los puntos de muestreo, y el resto se encuentra en un área de transición que está siendo afectada por la contaminación. En los puntos P12, P25 y P26 se observó que los líquenes presentaban daños en su estructura, tales como zonas de blanqueamiento, lo que causa una disminución en la capacidad fotosintética y adaptativa del líquen. Según Crespo, Barreno, Sancho y Bueno (1977), esta alteración se presenta en ambientes contaminados, posiblemente como consecuencia de la pérdida de iones que induce alteraciones en las membranas celulares del alga asociada y ruptura de los mecanismos homeostáticos. Así mismo, en los puntos de transición P1, P4, P17, P18, P25, P26 y P32 se observaron talos estériles. Esto se explica con lo reportado por Hawksworth & Rose (1970), quienes indican que las estructuras reproductivas no se desarrollan en ambientes donde los líquenes están expuestos a contaminación y Le Blanc y De Sloover (1970) reportan que el SO₂ estimula la producción de soralioides e isidios.

La reducción de tamaño de la misma especie en diferentes puntos de muestreo es uno de los caracteres más comúnmente reportado en estudios de líquenes como bioindicadores (Gaio, & Branquinho, 1999; Carreras, Gudino, & Pignata, 1998; Crespo y otros., 1977; Hawksworth, & Rose, 1970), así como se puede observar en el caso de

H. adglutinata tiene mayor porcentaje de cobertura en el punto P23 y se encuentra ausente en los puntos P8 y P5.

En el modelo de ordenación se puede observar que dentro del grupo de puntos con menor IPA, más contaminados, está incluido el P1 que pertenece al Jardín Botánico de la USAC. Una posible explicación a esto es que en el Jardín Botánico hay árboles muy altos, proyectan sombra sobre las jacarandas de donde se tomaron los datos, lo que no permite que los líquenes allí presentes obtengan suficiente luz para su crecimiento. Por otra parte, los puntos P21 y P28 con los IPA más altos, están agrupados con datos de contaminación intermedia, lo que indica que a pesar de poseer los valores más altos, no son lo suficientemente altos y que todos pertenecen a un área de transición. El punto P23 también posee un IPA alto pero no se encuentra agrupado con el P21 y el P28, lo que se debe a que la cobertura no es tan alta como en dichos puntos.

Especies indicadoras

Con base en el Índice Ecológico Q se puede concluir que las especies foliosas toxitolerantes son *Leptogium azureum* (Sw. ex Ach.) Mont., *Physcia caesia* (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr., *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Hyperphyscia adglutinata** (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt, *Candelaria concolor** (Dicks.) Arnold, *Leptogium milligranum** Sierk, *Pyxine cocoës** (Sw.) Nyl., *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr., *Parmotrema dilatatum* (Vain.) Hale, *Leptogium chloromelum* (Ach.) Nyl., *Hyperphyscia pandani** (H. Magn.) Moberg, *Leptogium austroamericanum* (Malme) C.W. Dodge, *Pyxine caesiopruinosa* (Tuck.) Imshaug, *Dirinaria applanata** (Fée) D.D. Awasthi y *Pyxine petricola** Nyl. (Tabla 7). Las especies que poseen un asterisco (*) según los datos obtenidos por Lücking y otros, (2011), también son

posibles bioindicadoras, dado su bajo valor de Q. Las especies foliosas son más fáciles de identificar en el campo, por lo que son propuestas como guía para futuros estudios.

Cabe resaltar que la bioindicación con líquenes no puede evaluar condiciones ambientales o ecológicas por sí solas, y la idea de que los líquenes pueden reemplazar instrumentos fisicoquímicos no es del todo correcta. Sin embargo, los resultados presentados sugieren que los líquenes pueden complementar mediciones físico-químicas, especialmente en donde no existen estaciones para ello y pueden indicar áreas con problemas ambientales que necesiten investigación instrumental, como por ejemplo los puntos P5 y P13. Por otro lado, desde la Cumbre de la Tierra Progra de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) de 1992, la biodiversidad se convirtió en un factor clave en estudios ambientales, y los líquenes deben ser considerados valiosos por sí solos, y amenazados por la contaminación atmosférica. Actualmente, en la ciudad de Guatemala no se cuenta con una normativa específica que regule la concentración de contaminantes en el aire y las emisiones de las fuentes. Dado que el país es considerado sumidero de carbono, donde las absorciones son mayores que las emisiones, es importante no perder de vista el hecho que la contaminación aérea no solo provoca la pérdida de diversidad de especies, sino también se ve afectada la salud humana. Por lo tanto, se espera que la información obtenida a partir del presente estudio pueda utilizarse como base para incorporar los líquenes como complemento al monitoreo de calidad de aire en la ciudad capital y otras zonas urbanas en el país.

Agradecimientos

Agradezco al Herbario USCG, CECON y al Doctor Robert Lücking y a los Licenciados

Roselvira Barillas, Mario Cifuentes por su apoyo en cada etapa del estudio.

Referencias

- Anze, R., Franken, M., Zaballa, M., Pinto, M., Zeballos, G., Cuadros, M., Canseco, A., De la Rocha, A., Estellano, V., & Del Granado, S. (2007). Bioindicación en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. Unidad de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología. Carrera de Biología, UMSA, La Paz, Bolivia. en Revista Virtual REDESMA, junio 2007.
- Aptroot, A., Lücking, R., Sipman, H., Umaña, L., & Chaves, H. (2008). Pyrenocarpous lichens with biunicate asci: a first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica. *Bibliotheca Lichenologica*. 97,1-162.
- Barclay, P. (1992). Lichens of *Cocos nucifera* on Caye Caulker, Belize. *Lichenologist*. 24,249-254.
- Bretschneider, S., & Marcano, V. (1995). Utilización de líquenes como indicadores de contaminación por metales pesados y otros agentes en el Valle de Mérida. *Revista Forestal Venezolana*. 1,35-36.
- Brodo, I., Sharnoff, S.D., & Sharnoff, S. (2001). Lichens of North America. Italia: Yale University press.
- Carreras, H., Gudino, G., & Pignata, M., (1998). Comparative biomonitoring of atmospheric quality in five zones of Cordova city employing the transplanted lichen *Usnea* sp. *Environmental Pollution*. 103,317-325.

- Cohn, G., & Sunum, R. (2012). Líquenes de Guatemala: Historia natural y lista actualizada. En E. Cano & J. Schuster (Eds) *Biodiversidad de Guatemala Volumen II*. Pp 63-113. Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala.
- Crespo, A., Barreno, E., Sancho, L., & Bueno, A. (1981). Establecimiento de una red de valoración de pureza atmosférica en la provincia de La Coruña (España) mediante bioindicadores líquénicos. *Lazaroa*. 3,289-311.
- Das, P., Joshi, S., Rout, J., & Upreti, D. (2013). Lichen diversity for environmental stress study: application of index of atmospheric purity (IAP) and mapping around a paper mill in Barak valley, Assam, northeast India. *Tropical Ecology*. 54 (3), 355-364.
- Dixon, J., & Kelly, D. (1979) A study of Jamaican lichens. En: C. Davis, (Ed.) *Proceedings of a symposium on environmental studies in Jamaica*, 25-26 May 1979, pp. 193-200. University of West Indies, Mona.
- Ederra, A. (1996). *Botánica Ambiental Aplicada: Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra*. Navarra: EUNSA.
- Estrabou, C. (1998). Lichen species identification and distribution according tolerance to airborne contamination in the city of Córdoba (Argentina). In: M.P. Marcelli & M.R.D. Seaward (Eds.) *Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications*. São Paulo, Brazil: CETESB.
- Fernández, A., Terrón, A., & Barreno, E. (2006). Bioindicadores de la calidad del aire en La Robla diez años después. *Lazaroa*, 27, 29-41.
- Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación. (2005). *Propuesta técnica para el establecimiento del Cinturón Ecológico Metropolitano de la Ciudad de Guatemala*. Capítulo Metropolitano. Guatemala.
- Gaio-Oliveira, C., & Baranquinho, C. (1999). Spatial impact of atmospheric dust from a cement mill in Sierra da Arrábida, using lichens as biomonitoring. *Revista de Biología*. 17,33-42.
- García, M.F.F., Guerrero, D., Marcelli M. P., & Saiki, M. (1997). Aplicação didática de um estudo sobre indicadores de poluição na cidade de Guarulhos, Estado de São Paulo. En M. P. Marcelli, A. Salino, & C. H. Riveiro (Eds), *Recollecting Vaino y GLAL-3, Catas Atlas*. Sao Paulo, Brazil: *International Association for Lichenology*.
- Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22, 71-82.
- Hawksworth, D., & Rose, F. (1970). Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227,145-48.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2013). *Boletín de la calidad del aire 210-2013 del 31 de Julio 2013*. Recuperado de: <http://www.insivumeh.gob>.

- gt:8080/calidadaire/documentos/BOLETIN%20CALIDAD%20AIRE%2031%2007%202013.pdf
- Jongman, R., Braak, T., & Tongren, O. (1995). *Data Analysis in community and landscape ecology*. New York: Cambridge University Press.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *OIKOS*, 113(2), 363-375.
- Kricke, R., & Loppi, S. (2002). Bioindication: The IAP approach. In P.L. Nimis, C. Scheidegger & P. A. Wolseley (Eds.), *Monitoring with lichens- Monitoring lichens* (pp.21-37) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Käffer, M. (2011). *Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de liquens na cidade de Porto Alegre, RS*. (Tesis de Doctorado). Universidade Feredal do Rio Grande do Sul. Brasil.
- Le Blanc, F., & Sloover, J. (1970). Relation between industrialization and distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 48:1485-1496.
- Lücking, R., Chaves, J., Sipman, H., Umaña, L., & Aptroot, A. (2008). A first assessment of the ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Graphis*, with notes on the genus *Hemithecium* (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae). *Fieldiana: Botany*. 46,1-130.
- Lücking, R., Rivas Plata, E., Chaves, J.L., Umaña, L., & Sipman, H. (2009). How many lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica*. 100, 399-418.
- McCune, B., & Grace, J. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Oregon: MjM Software Desing.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Informe Ambiental del Estado de Guatemala*. Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – Universidad Rafael Landívar/ Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2009). *Informe ambiental del estado- GEO Guatemala 2009*. Guatemala.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (1999). Densidad poblacional de Guatemala. Recuperado de: <http://www.geosalud.com>
- Purvis, W. (2000). *Lichens*. London: Natural History Museum.
- Saipunkaew, W., Wolseley, P., Chimonides, J., & Boonpragob, K. (2004) Lichens as monitors of urban pollution in northern Thailand. In: T. Randlane, & A. Saag, (Eds.) *IAL5 Book of abstracts: Lichens in focus*. Tartu. 67-68.
- Santoni, C., & Lijteroff, R. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 22, (1) 49-58.
- Sipman, H. (2005a). *Identificacion key and literature guide to the genera of Lichenized Fungi (Lichens) in the Neotropics*. Botanic Garden & Botanical Museum Berlin-Dahlem. Free University of Berlin.
- Sipman, H. (2005b). *Key to crustose, not foliicolous lichens*. Botanic Garden &

Botanical Museum Berlin-Dahlem.
Free University of Berlin..

Sipman, H. (2005c). Key to foliose lichens.
Botanic Garden, & Botanical
Museum Berlin-Dahlem. Free
University of Berlin.

Sipman, H. (2005d). *Compiled, provisional
key to the species of Hyperphyscia,
with short diagnoses*. Botanic
Garden & Botanical Museum Berlin-
Dahlem. Free University of Berlin.

Szczepaniak, K., & Biziuk, M. (2003).
Ecotoxicology: Aspects of the
biomonitoring studies using mosses
and lichens as indicators of metal
pollution. *Environmental Research*,
93(3), 221-230.

Universidad de San Carlos de Guatemala y
Ministerio de Ambiente y Recursos
Naturales (2012). Informe anual 2011:
monitoreo del aire en la ciudad de
Guatemala. Guatemala: Autor.

Vareschi V., & Moreno, E. (1973). La
contaminación en Caracas en los
años 1953 y 1973. *Boletín de la
Sociedad Venezolana de Ciencias
Naturales*, 30: 387-444.

Verein Deutscher Ingenieure, 2004
*Biological measurement procedures
for determining and evaluating the
effects of ambient air pollutants on
lichens (bio-Indication): Mapping
the diversity of epiphytic lichens as
indicators of air quality*. 3957, Part
13. 24 pp. Recuperado de: [http://
www.vdi.de/presse/mitteilungen_
details/index.php?ID=1015947](http://www.vdi.de/presse/mitteilungen_details/index.php?ID=1015947)

Nuevos registros de hongos anamórficos para Guatemala

New records of anamorph fungi from Guatemala

Ricardo Figueroa¹, María del Carmen Bran¹, Osberth Morales¹ y Rafael Castañeda-Ruiz²

¹Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

²Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT), Santiago de Las Vegas, C. Habana, Cuba, C.P
figueroaricard@gmail.com

Recibido: febrero, 2016 • Aceptado: marzo, 2016

Resumen

Los hongos anamorfos constituyen un grupo muy diverso microscópicos cuya forma de reproducción es asexual a través de conidios. Actúan como agentes de degradación de la materia vegetal en el suelo, lo cual es un proceso clave en el reciclaje de nutrientes. Debido a la importancia y al vacío de información que existe sobre estos hongos en Guatemala, en este trabajo se identificaron 12 especies, por medio de características microscópicas; luego de la extracción de las estructuras fúngicas desarrolladas en hojas, ramas y semillas recolectadas en una parcela de la Reserva Ecológica Cayalá de la Ciudad de Guatemala. El material de referencia está depositado en la colección de hongos anamorfos de la Micoteca de Macrohongos de Guatemala “Lic. Rubén Mayorga Peralta” (MICG).

Palabras clave: Reserva ecológica, hongos conidiales, hojarasca.

Abstract

Anamorphic fungi are a diverse group of microscopic fungi that reproduce asexually through conidia. They degrade plant debris on the soil, which is a key process in nutrients recycling. Because of its importance and the lack of information regarding to these fungi in Guatemala, In this article, 12 species were identified through microscopic characteristics, after extraction of fungal structures developed in leaves, twigs and seeds collected at the Cayalá Ecological Reserve in Guatemala City. Reference materials are placed at the anamorphic fungi collection at *Micoteca de Macro hongos de Guatemala*, “*Dr. Ruben Mayorga Peralta*” (MICG).

Keywords: Ecological reserve, conidial fungi.

Introducción

Los hongos anamorfos constituyen un grupo de microorganismos que se reproducen de forma asexual o mitótica, a través de la producción de conidios o propágulos. La mayoría de ellos pertenecen a Ascomycota y Basidiomycota. Las funciones que estos hongos desempeñan en el ambiente son muy relevantes y variadas; ya que se encuentran directa o indirectamente relacionados con procesos ecológicos como la descomposición y el reciclaje de compuestos de carbono y nitrógeno, que son esenciales para mejorar la estructura del suelo y la reutilización de materiales que de otra manera, se acumularían al punto de disminuir la productividad de los ecosistemas (Seifert, Morgan-Jones, Gams, & Kendrick, 2011).

En Guatemala no existen estudios acerca de los hongos anamórficos, por tal razón, en este trabajo se identificaron este tipo de hongos que se asocian a la hojarasca de *Quercus* sp, en la Reserva Ecológica Cayalá, un bosque urbano ubicado en la Ciudad de Guatemala que en la actualidad constituye uno de los últimos remanentes boscosos del área metropolitana (Quiñónez, 2006). Lo anterior no solamente con el fin de incrementar el conocimiento de la diversidad de hongos del país, sino también para valorar biológicamente dicha reserva y justificar así su conservación.

Materiales y Métodos

Recolección de muestras de hojarasca

En la Reserva Ecológica Cayalá, en un área dominada por *Quercus* sp., se delimitó una parcela de 25 m² (N 14°37'7.57" y O 90°29'33.35") y se dividió en 25 sub-parcelas de 1m². Los muestreos se realizaron en 10 subparcelas al azar cada mes, por cuatro meses (agosto a noviembre de 2013). En cada subparcela se tomaron 15.0 g de la hojarasca

más próxima al suelo (hojas, ramitas y semillas) y se transportaron al laboratorio en bolsas de papel (Heredia, Castañeda-Ruiz, Becerra, & Arias, 2006).

Preparación de cajas de Petri para cultivo

Se esterilizaron cajas de Petri con una pieza circular de papel de filtro a 121°C y 1.0 kg/cm² de presión durante 15 min. A continuación en cada caja se colocaron 2.0 a 4.0 g de fragmentos de hojarasca repartida de forma homogénea, de cada una de las muestras de las subparcelas. A cada caja se le agregó 1 ml de agua estéril (Ulloa, & Hanlin, 1978).

Las cajas de Petri se colocaron en una cámara húmeda preparada en un recipiente con aislamiento térmico. Se agregaron 500 ml de agua estéril en el fondo adicionada con 5.0 ml de glicerina para favorecer la evaporación. Además se recubrió con papel filtro las paredes internas (Castañeda-Ruiz, 2005).

Las muestras fueron aireadas utilizando un ventilador por lo menos cuatro veces al día durante un mes, para estimular el desarrollo de las estructuras fúngicas. La extracción de los conidióforos se inició a partir de las dos semanas de incubación (Castañeda-Ruiz, 2005).

Extracción de los conidióforos

La hojarasca se observó con un microscopio estereoscópico y se procedió a la extracción de los conidióforos con una aguja de disección y se montaron en porta y cubre objetos con alcohol polivinílico. Posteriormente las preparaciones se observaron en microscopio en aumentos de 40X y 100X para su descripción (Ulloa, & Hanlin, 1978). Se estudiaron 123 muestras que correspondieron a 71 especímenes.

Identificación de las especies

Las descripciones microscópicas de los hongos encontrados incluyeron, color, forma, diámetro (μm) de las hifas; forma, color, tamaño (largo y ancho, en μm) de las células conidiógenas y conidios. También se observó el tipo de conidiogénesis. Las descripciones fueron comparadas con literatura especializada para la identificación de las especies, entre ellas Ellis (1976), Nawawi, Kuthubutheen, & Sutton (1990), Seifert y otros (2011).

Conservación de las muestras

Las muestras de la hojarasca que contenían los conidióforos y conidios se deshidrataron a 65°C por 24 h, luego se congelaron a -8°C por 48 h y posteriormente se deshidrataron nuevamente a 65°C por 24 h (Ulloa, & Hanlin, 1978). Finalmente se empacaron en bolsas plásticas y se depositaron en la Micoteca MICG, del Departamento de Microbiología.

Resultados

Se describieron e ilustraron 12 especies de hongos anamórficos saprobios de restos vegetales, todas ellas constituyen nuevos registros para Guatemala. También se anotó la preferencia de sustrato así como la temporalidad de fructificación de cada una. A continuación se describen e ilustran cada una de ellas.

Taxonomía

Bactrodesmium longisporum M.B. Ellis, More Dematiaceous Hyphomycetes (Kew): 68 (1976).

(Figura 1. A)

Conidioma sinematoso, erecto, rígido, pardos, $220\text{-}250 \times 35 \mu\text{m}$. Conidióforos macronematosos, simples, lisos, pardos, subhialinos hasta pardos pálidos hacia el ápice, de $4\text{-}5 \mu\text{m}$ ancho. Células conidiógenas

monoblásticas, integradas, terminales, cilíndricas, pardas pálidas, de $4\text{-}5 \mu\text{m}$ de ancho. Conidios solitarios, fusiformes, truncados en la base, obtusos en el ápice, con $12\text{-}13$ septos, pardos, de $40\text{-}65 \times 6\text{-}7 \mu\text{m}$.

Sustrato examinado: sobre ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 17 de noviembre de 2013. R. Figueroa 109 (MICG 4986) y 123 (MICG 4987).

Observaciones: Esta especie se caracteriza por producir cuerpos fructíferos tipo sinema y por los conidios fusiformes multiseptados. Este género es de amplia distribución y la especie fue descrita originalmente de Gran Bretaña (Ellis, 1976). En este estudio fue encontrada dos veces en el mes de noviembre.

Beltrania rhombica Penz., Michelia 2: 474 (1882)

(Figura 1, B)

Setas simples, erectas, cilíndricas, acerosa en el ápice, con $0\text{-}5$ septos, pardas oscuras, de hasta $131 \mu\text{m}$ largo. Conidióforos macronematosos, simples, rectos o flexuosos, pardos, de $32\text{-}40 \mu\text{m}$ largo. Conidios rómbicos o bicónicos, rostrados en el ápice, truncados en la base, unicelulares, pardo-oliváceos, con una banda ecuatorial subhialina, lisos, de $25\text{-}30 \times 7\text{-}10 \mu\text{m}$, Rostro hialino, $4\text{-}15 \mu\text{m}$ de largo.

Sustrato: sobre hojarascas y ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 15 de septiembre

de 2013, R. Figueroa 39 (MICG 4989). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 88 (MICG 4988).

Observaciones: *B. rhombica* sobresale por poseer conidios rómbicos o bicónicos. Ha sido citada en varios países de Asia, África y América del Sur (Pirozynski, 1963). En esta investigación se encontró durante los meses septiembre y noviembre.

Cacumisporium pleuroconidiophorum (Davydkina & Melnik) R.F. Castañeda, Heredia, & Iturr., Mycotaxon 100:332 (2007)

(Figura 1, C)

Conidióforos macronematosos, mononematosos, simples, solitarios, rectos, pardos hacia la base, pardos pálidos hacia el ápice, lisos, de 200-215 x 3-4 μm . Células conidiógenas integradas, terminales, con extensiones percurrentes enteroblásticas y simpodiales holoblásticas, de 15-30 x 3-4 μm . Conidios elipsoidales hasta naviculares, curvados, con 3 septos, lisos, pardos, de 2530 x d11-13 μm .

Sustrato: en hojarascas, ramitas y semillas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 14 de agosto de 2013, R. Figueroa 10 (MICG 4997) y 14 (MICG 4998). 15 de septiembre de 2013, R. Figueroa 21 (MICG 5002), 24 (MICG 5006), 31 (MICG 5000), 35 (MICG 5008), 38 (MICG 5003) y 44 (MICG 5007). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 79 (MICG 4996), 82 (MICG 5001), 98 (MICG 5004), 102 (MICG 5005) y 122 (MICG 4999).

Observaciones: *C. pleuroconidiophorum* se distingue por tener conidios de color café con

tres septos y con una base cóncava. Ha sido citada en México y Venezuela (Castañeda, Heredia, Arias, Saikawa, Minter, & Stadler, 2007). En esta investigación se encontró en los meses agosto, septiembre y noviembre.

Cryptophiale guadalcanalensis Matsush, Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea (Osaka): 15 (1971)

(Figura 1, D)

Conidióforos setiformes de 180-185 x 6-7 μm , rectos, macronematosos, ramificados, bifurcados o dicotómicos, ramas 30-42 μm de largo, ápice, septados, de paredes gruesas, pardos. Células conidiógenas fialídicas, subdoliiformes, dispuestas en un escudo compacto, 90-93 x 4-5 μm . Conidios subuliformes, hialinos, 17-26 x 1.0-1.5 μm , agregados en masas mucosas.

Sustrato: en hojarascas y ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 15 de septiembre de 2013, R. Figueroa 30 (MICG 4994), 34 (MICG 4990) y 41 (MICG 4995). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 86 (MICG 4992), 89 (MICG 4991) y 121 (MICG 4993).

Observaciones: Este hongo destaca por presentar una masa de conidios hialina que fructifica a los laterales de la seta. Ha sido citada en algunos países de Oceanía (Matsushima, 1971). Se encontró fructificando durante los meses de septiembre y noviembre.

Junewangia globulosa (Tóth) W.A. Baker, & Morgan-Jones, Mycotaxon 81: 308 (2002)

(Figura 1, E)

Conidióforos macronematosos, mononematosos, rectos o flexuosos de 4.0-

6.0 µm de ancho y 60.0-70 µm de largo, lisos, pardos a pardos pálidos hacia el ápice. Células conidiógenas monoblásticas, integradas, terminales, lisas, pardas. Conidios solitarios, globosos, dictioseptados, pediculados en la base, secos, de 25-28 µm de ancho; pedículos pardos, de 1-2 x 3-4 µm.

Sustrato: en ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 85 (MICG 4949).

Observaciones: Se diferencia por desarrollar conidios globosos con varios septos transversos y longitudinales. Ha sido citada en algunos países de México y América del Sur (Baker, Partridge, & Morgan-Jones, 2002). Se encontró en el mes de noviembre.

Synnemacrodityps stilboidea (J. Mena, & Mercado) W.A. Baker, & Morgan-Jones, Mycotaxon 110: 107 (2009).

(Figura 1, F)

Conidomas sinematosos, recto, septados, lisos, pardos, pálidos hacia el ápice, de 300-400 x 14-16 µm. Células conidiógenas monoblásticas, rectas o curvadas, integradas, esféricas, hialinas o pardas pálidas, 10-11 x 13-14µm.,s Conidios solitarios, elipsoidales, muriformes, pardos de 34.5-69 x 19-52.0 µm.

Sustrato: en ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 19 de octubre de 2013, R. Figueroa 48 (MICG 4946) y 67 (MICG 4947). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 97 (MICG 4948).

Observaciones: *S. stilboidea* se caracteriza por producir cuerpos fructíferos tipo sinema y por desarrollar conidios elipsoidales. Ha sido citada en algunos países de Asia (Karandikar, & Patwardhan, 1986). Se encontró fructificando durante octubre y noviembre.

Mariannaea elegans (Corda) Samson, Stud. Mycol. 6: 75 (1974)

(Figura 1, G)

Conidióforos macronematosos, erectos, verticilados, verruculosos cerca de la base, hialinos, de 390-400 x 3-4 µm. Células conidiógenas monofialídicas, subuliformes o lageniformes hialinas de 12-20 x 3-4 µm. Conidios fusiformes o elipsoidales, lisos, hialinos, de 4-5 x 1-3 µm, pseudo-catenulados.

Sustrato: en hojarascas, ramitas y semillas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada La Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 24 de agosto de 2013, R. Figueroa 16 (MICG 4941). 19 de octubre de 2013, R. Figueroa 47 (MICG 4942) y 61 (MICG 4944).17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 87 (MICG 4943) y 116 (MICG 4945).

Observaciones: Se distingue por presentar conidióforos largos y hialinos, por las fialídes y por desarrollar conidios elipsoidales y fusiformes. Este género es de amplia distribución (Samson, 1974), se encontró durante agosto, octubre y noviembre.

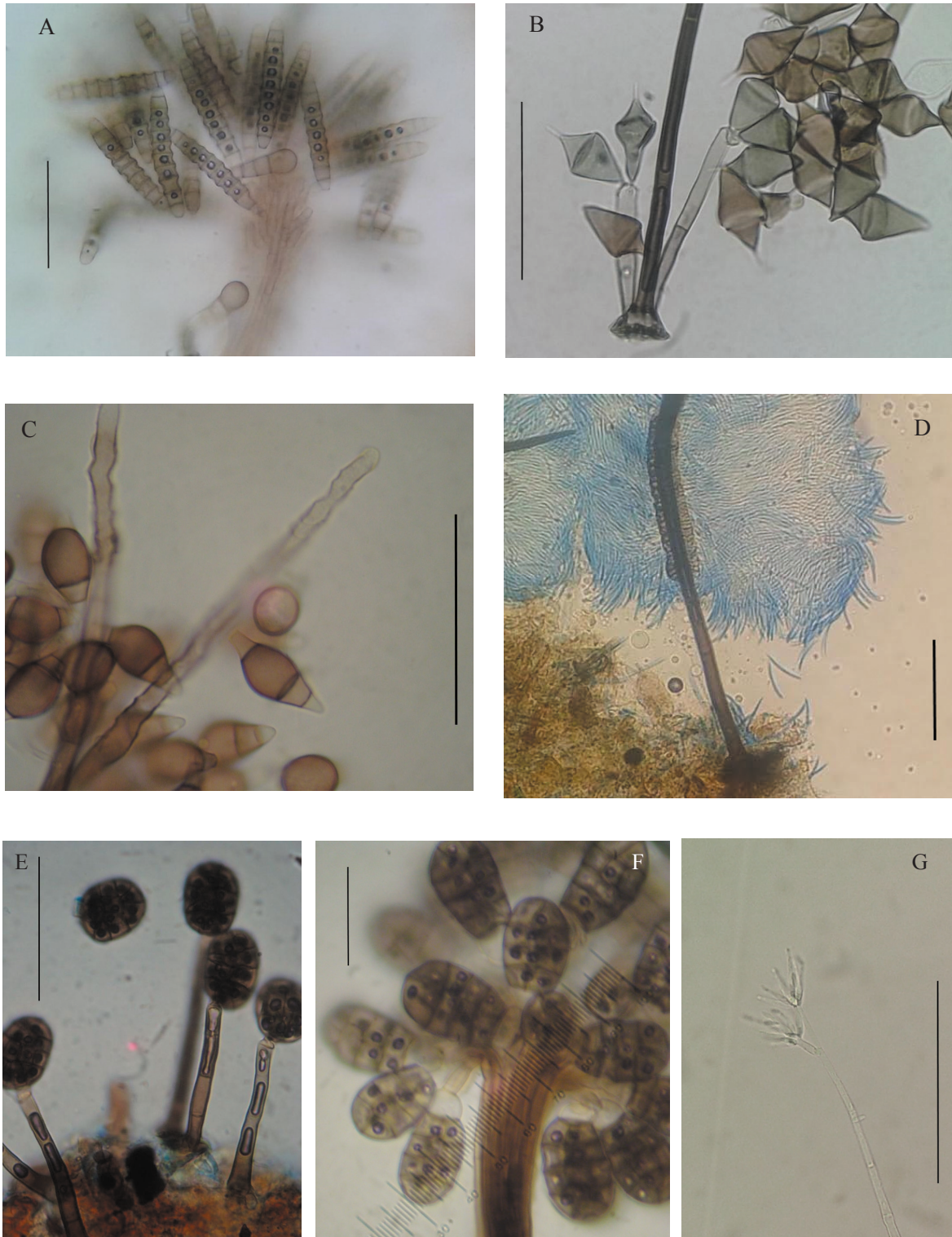


Figura 1. Hongos anamórficos de la Reserva Ecológica Cayalá. A) *B. longisporum*. Sinema y conidios B) *B. rhombica* Conidióforos, seta y conidios. C) *C. pleuroconidiophorum* Células conidiógenas y conidios. D) *C. guadalcanalensis* Conidióforos y conidios. E) Células conidiógenas y conidios globulosos de *J. globulosa*. F) Sinema y conidios elipsoidales muriformes de *S. stilboidea* G) Conidióforo y fiálides de *M. elegans*. (Barras figs. 1, A-G: 50 μ m).

Neopodoconis megasperma (Boedijn) Rifai, Reinwardtia 12(4): 278 (2008)

(Figura 2, A)

Conidióforos macronematosos, mononematosos, cilíndricos, simples, rectos o flexuosos, lisos, pardos oscuros a pardos, de 450-480 x 8-15 μm . Células conidiógenas tréticas, terminales e intercalares, integradas de 10-15 μm de ancho. Conidios solitarios, obclaviformes, rostrados, cicatrizados en la base, con 4-7 septos, pardos oscuro, de 80-90 x 20-23 μm .

Sustrato: en hojarascas, ramitas y semillas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 94 (MICG 4939) y 118 (MICG 4940).

Observaciones: Los conidios de grandes dimensiones y de color café oscuro son característicos de esta especie. Se conoce únicamente de Indonesia (Rifai, 2008) y se encontró durante noviembre.

Physalidiella matsushimae (R.F. Castañeda & W.B. Kendr.) M. Morelet, Ann. Soc. Sci. Nat. Arch. Toulon et du Var 47(2): 91 (1995)

(Figura 2, B)

Conidióforos macronematosos, mononematosos, ramificados, rectos, septados, lisos, pardos a pardos pálidos, de 290-300 x 5-6 μm . Células conidiógenas monoblásticas, discretas, dispuestas en verticilos, de 9-10 x 1-2 μm . Conidios solitarios, semi-estrellado, tricelulares, célula central bicónica, fusiforme, turbinada o navicular, parda, lisa, de 2.0-3.0 μm , de diámetro, dos células laterales obturbinadas,

lisas, hialinas a subhialinas de 1.0-2.0 μm de radio.

Sustrato: ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 19 de octubre de 2013, R. Figueroa 62 (MICG 4964). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 108 (MICG 4965).

Observaciones: Esta especie desarrolla conidióforos con ramas laterales y células conidiógenas distribuidas de la parte media al ápice lo que la hace característica. Ha sido reconocida en México y Cuba (Heredia, Reyes, Arias, Mena-Portales, & Mercado, 2004). Se encontró en octubre y noviembre.

Thozetella nivea (Berk.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 873 (1891),

(Figura 2, C)

Conidomas esporodoquios o sinemas, dispersos, pardos a pardos pálidos, 250-260 μm de diámetro.

Conidióforos macronematosos, ramificados hacia el ápice, densamente fasciculados, pardos, lisos, 2-3 μm ancho. Microaristas incurvadas, unciniformes, hialinas, de 50-55 x 3-4 μm . Células conidiógenas monofialídicas subuliformes, pardas pálidas. Conidios falcados, unicelulares, hialinos, de 17-24 x 3-4 μm , dispuestos en masa mucosas, blancas y provistos de una sétula en cada extremo, de 6-7 μm largo.

Sustrato: En hojarascas y ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16,

Parque Ecológico Cayalá. 24 de agosto de 2013, R. Figueroa 1 (MICG 4957), 4 (MICG 4955) y 11 (MICG 4956). 15 de septiembre de 2013, R. Figueroa 20 (MICG 4953), 22 (MICG 4958), 36 (MICG 4959), 40 (MICG 4951) y 45 (MICG 4954). 17 de noviembre de 2013 R. Figueroa 90 (MICG 4950), 101 (MICG 4960), 104 (MICG 4952), 110 (MICG 4962), 115 (MICG 4963) y 119 (MICG 4961).

Observaciones: La producción de microaristas y de conidióforos agrupados en sinemas es característica del género. Esta especie es de amplia distribución en el mundo, fue descrita originalmente en Alemania (Paulus, Gadek, & Hyde, 2004). Se encontró durante agosto, septiembre y noviembre.

Vermiculariopsiella immersa (Desm.) Bender, Mycologia 24(4): 412 (1932).

(Figura 2, D)

Conidias esporodoquios dispersos, setosos, de 270–275.0 μm de diámetro. Setas cilíndricas, obtusas hacia el ápice, rectas o ligeramente curvadas, lisas, pardas oscura, com 7–10 septos, de 354–690 \times 9–11 μm . Conidióforos macronematosos, cilíndricos, densamente fasciculados, pardos. Células conidiógenas monofialídicas, subcilíndricas, subhialinas hasta hialinas 16–20 \times 4–5 μm , provistas de un collarín infundibuliforme. Conidios cilíndricos ligeramente curvados en el ápice, unicelulares, lisos, hialinos, 13.5–20 \times 2–3 μm .

Sustrato: en hojarascas y ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada La Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 15 de septiembre de 2013, R. Figueroa 28 (MICG 4973) y 32 (MICG 4972). 19 de octubre de 2013, R. Figueroa

57 (MICG 4971) y 73 (MICG 4970). 17 de noviembre de 2013, R. Figueroa 120 (MICG 4969).

Observaciones: *V. immersa* se caracteriza por fructificar en esporodoquios setosos con una masa de conidios hialinos. Esta especie ha sido reportada en Asia y América del Sur (Olivera, Pascholati, & Costa, 2008). Se encontró durante septiembre, octubre y noviembre.

Yuccamyces cubensis (R.F. Castañeda) R.F. Castañeda, Univ. Waterloo Biol. Ser. 35: 122 (1991).

Conidias esporodoquios superficiales, pulvinados, dispersos rosáceos de 290–300 \times 150–220 μm . Conidióforos macronematosos, fasciculados, septados, ramificados, irregulares, erectos, rectos o flexuosos, lisos, hialinos de 35–37 \times 3–4 μm . Células conidiógenas poliblasticas, terminales, simpodiales, cilíndricas, hialinas de 15–17 \times 2–3 μm . Conidios cilíndricos hasta fusiformes, unicelulares, blastocatenulados, lisos, hialinos, 18–22.0 \times 1–1.5 μm .

Sustrato: en hojarascas y ramitas de *Quercus* sp.

Material estudiado: Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, kilómetro 2.5 carretera a Santa Rosita y Calzada la Paz, zona 16, Parque Ecológico Cayalá. 24 de agosto de 2013, R. Figueroa 8 (MICG 4968) y 17 (MICG 4967). 19 de octubre de 2013, R. Figueroa 75 (MICG 4966).

Observaciones: *Y. cubensis* sobresale por fructificar en esporodoquios solitarios de color rosado y por los conidios catenulados. Este género es de amplia distribución: se ha reportado en Cuba, América del Norte y América del Sur (Castañeda, & Kendrick, 1991). Se encontró durante agosto y octubre.

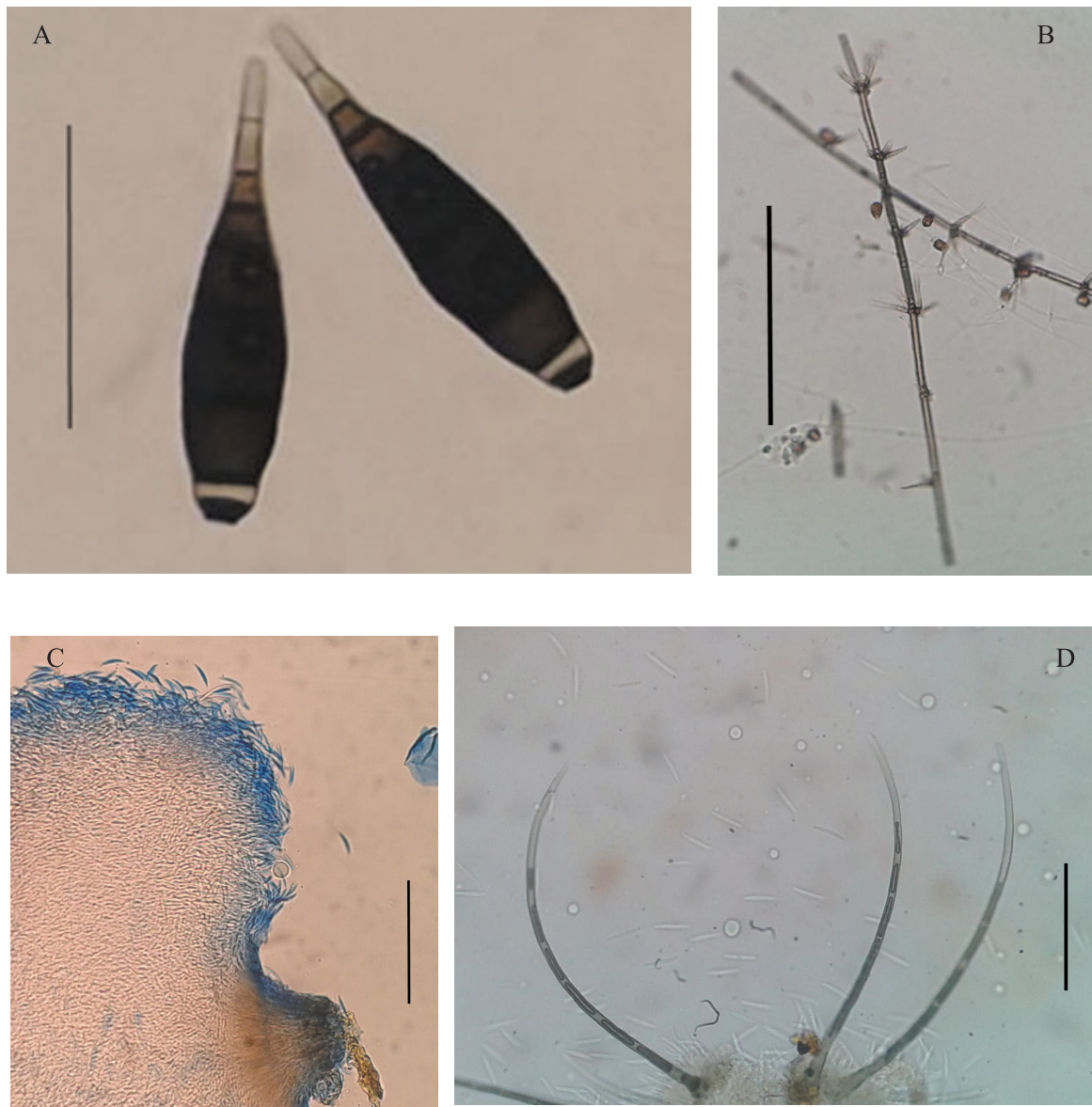


Figura 2. Especies de hongos anamórficos de la Reserva Ecológica Cayalá. A) *N. megasperma*. Conidios B) *P.* Conidióforos y células conidiógenas opuestas y verticiladas de C) *T. nivea*. Sinema D) *V. immersa* Conidioma y conidios. (Barras figs. 2, A-D: 50 μ m).

Discusión

Se describieron e ilustraron 12 especies de hongos anamórficos, todas ellas saprobias de restos vegetales, de manera que el estudio se basó principalmente en la descripción taxonómica y evaluación de la preferencia de sustrato, así como la temporalidad de fructificación.

En cuanto a la preferencia de sustrato, se observó que *C. pleuroconidiophorum*, *M. elegans* y *N. megasperma* colonizaron hojas, ramitas y semillas, en tanto que *Y. cubensis*, *V. immersa*, *T. nivea*, *C. guadalcanalensis* y *B. rhombica* se encontraron solo en hojas y ramitas; mientras que *B. longisporum*, *J. globulosa*, *P. matsushimae* y *S. stilboidea* se desarrollaron en ramitas. Estas diferencias

pueden deberse a que la distribución de estos hongos en los restos vegetales no es homogénea, ya que algunas especies colonizan sustratos específicos para que realicen el proceso de degradación de forma eficiente (Lodge, 1997; Cannon, & Sutton, 2004).

Por otra parte, las especies más comunes y que aparecieron durante todo el lapso de muestreo fueron *C. pleuroconidioforum* y *T. nivea*, probablemente, tal y como lo indica Cannon y Sutton, (2004), estos hongos exhiben una estrategia de vida tolerante al estrés, lo que les permite crecer en condiciones ambientales adversas y con pocos nutrientes, comparado con otros hongos anamórficos. En contraste, *B. longisporum* y *J. globulosa* solo se encontraron en el mes de noviembre, lo cual puede indicar que se trata de especies efímeras y ruderales con periodos de vida cortos pero con un alto potencial reproductivo. Sin embargo estas diferencias también pueden atribuirse a la sucesión fúngica presente en los diferentes estadios de degradación de la hojarasca tal y como se mencionó anteriormente.

Debido a que los hongos anamórficos han sido poco estudiados en Guatemala, este trabajo sienta las bases para el estudio de estos microorganismos en el país y a la vez proporciona un valor biológico a la Reserva Ecológica Cayalá, con lo cual puede justificarse aún más su conservación.

Agradecimientos

Este trabajo formó parte del proyecto “Diversidad de macrohongos y microhongos de Guatemala” que se ejecuta en la Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos, a la que se agradece por el apoyo otorgado. A la Reserva Ecológica Cayalá por avalar la realización de este trabajo. A los revisores por las mejoras y sugerencias realizadas a este manuscrito.

Referencias

- Baker, W., Partridge, E., & Morgan-Jones, G. (2002). Notes on Hyphomycetes. LXXXV. *Junewangia*, a genus in which to classify four *Acrodictys* species and a new taxon. *Mycotaxon*, 81, 293-319.
- Castañeda, R., & Kendrick, B. (1991). Ninety-nine conidial fungi from Cuba and three from Canada. *University of Waterloo Biology Series*, 35, 1-132.
- Castañeda–Ruiz, R.F. (2005). *Metodología en el estudio de los hongos anamorfos*. En: Anais do V Congresso Latino Americano de Micología.(pp. 182-183). Brasilia.
- Castañeda, R., Heredia, G., Arias, R., Saikawa, M., Minter, D., & Stadler, M. (2007). Anamorphic fungi from submerged plant material: *Phaeomonilia pleiomorpha*, *P. corticola* and *Cacumisporium pleuroconidiophorum*. *Mycotaxon*, 100, 327-336.
- Ellis, M. (1976). *Dematiaceous hyphomycetes*. Surrey: Commonwealth Mycological Institute.
- Heredia, G., Castañeda-Ruiz, R.F., Becerra C., & Arias, R. (2006). Contribución al conocimiento de los hongos anamorfos saprobios del Estado de Tabasco. *Revista Mexicana de Micología*, 23, 53-62.
- Heredia, G., Reyes, M., Arias, R., Mena–Portales, J., & Mercado, A. (2004). Adiciones al conocimiento de la diversidad de los hongos conidiales del bosque mesófilo de montaña del Estado de Veracruz. *Acta Botánica Mexicana*, 66, 1-22.

- Karandikar, K., & Patwardhan, P. (1986). Two new generic reports to fungi of India. *Current Science*, 55(4), 197-198.
- Matsushima, T. (1971). *Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea*. Osaka: Nippon Printing Publishing.
- Nawawi, A., Kuthubutheen, A., & Sutton, B. (1990). New species and combinations in *Vermiculariopsiella* (Hyphomycetes). *Mycotaxon*, 37, 173–182.
- Olivera, M., Pascholati, L., & Costa, L. (2008). Espécies de *Vermiculariopsiella* (Hyphomycetes) associadas a substratos vegetais em fragmento de Mata Atlântica, Serra da Jibóia, Estado da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 31(4), 659-665.
- Paulus, B., Gadek, P., & Hyde, K. (2004). Phylogenetic and morphological assessment of five new species of *Thozetella* from an Australian rainforest. *Mycologia*, 96(5), 1074–1087.
- Pirozynski, K. (1963). *Beltrania* and related genera. *Mycological Papers*, 90, 7-11.
- Quiñónez, J. (2006). *Estudio sobre la riqueza y la abundancia de especies de aves en dos áreas de bosque con diferente grado de perturbación antropogénica* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Rifai, M. (2008). Another note on *Podoconis megasperma* Boedijn (Hyphomycetes). *Reinwardtia*, 12(4), 277-279.
- Samson, R. (1974). *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. *Studies in Mycology*, 6, 1-119.
- Seifert, K., Morgan-Jones, G., Gams, W., & Kendrick, B. (2011). *The genera of Hyphomycetes*. Hong Kong: APS Press.
- Ulloa, M., & Hanlin, R. (1978). *Atlas de micología básica*. México, D.F.: Concepto, S.A.

Descripción e identificación microscópica de ejemplares del género *Lactarius* de las secciones *Uvidus* y *Zonarii* en Guatemala

Microscopic description and identification of specimens of the genus *Lactarius* of the sections *Uvidus* and *Zonarii* in Guatemala

Carlos Porras¹ y Roberto Flores¹

¹ Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)
cfpl22@hotmail.com

Recibido: mayo, 2015 • Aceptado: febrero, 2016

Resumen

El género *Lactarius* (Basidiomycetes) se encuentra distribuido a nivel mundial y se caracteriza por presentar basidiomas coloridos que exudan látex. En este trabajo se estudiaron, con la finalidad de identificar la especie a la que pertenecen, 28 ejemplares de *Lactarius* adscritos a las secciones *Uvidi* y *Zonarii*, recolectados en Guatemala y que están depositados en la Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” MICG, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se analizaron las esporas, crestas y el índice Q (relación largo/ancho), basidios, esterigmas, pleurocistidios, queilocistidios y estructura del pileipellis. También se analizaron características cualitativas como la reacción de las microestructuras al reactivo de Melzer y la presencia de incrustaciones en hifas. Se encontró que las microestructuras de 6 ejemplares analizados coincidieron en forma y dimensión con las especies *Lactarius mexicanus*, *L. psammicola*, *L. argillaceofolius* y *L. chrysorheus*, y 23 fueron afines a *L. uvidus* y *L. montanus*. Este trabajo confirmó la presencia en Guatemala de algunas especies reportadas en Norteamérica como *L. montanus* y *L. mexicanus* o *L. psammicola* informado sólo para Costa Rica.

Palabras clave: *Lactarius*, sección *Uvidi* y *Zonarii*, Neotrópico.

Abstract

The genus *Lactarius* (Basidiomycetes) is distributed worldwide and is characterized by colorful basidiomata, which exude latex. On this study were analyzed, with the purpose of identifying the species where they belong, 28 dried mushroom samples of *Lactarius*, attached to *Uvidus* and *Zonarii* Sections, collected in Guatemala and placed at the *Micoteca “Rubén Mayorga Perlata”-MICG-* (herbarium) of the Faculty of Chemistry and Pharmacy, University of San Carlos of Guatemala. Spores, their crests and Q index were analyzed (length / width ratio). It also was analyzed the size of basidia, sterigmata, pleurocystidia, cheilocystidia, and pileipellis structure; as well were analyzed qualitative characteristics such as microstructures reaction of Melzer’s reagent and presence incrustations in hyphae. It was found that the microstructures of six samples match in shape and dimensions with *Lactarius mexicanus*, *L. psammicola*, *L. chrysorheus*. 23 are related to *L. uvidus*. This study confirms the presence of species In Guatemala which were only reported in North America such as *L. montanus*, *L. mexicanus* or separately reported in Costa Rica as *L. psammicola*.

Keywords: *Lactarius*, *Uvidi* and *Zonarii* section, Neotropic.

Introducción

Lactarius es un género que se caracteriza por presentar exudados con látex y esporas amiloides, y estar asociado de forma micorrízica a coníferas y fagáceas. Se encuentra distribuido en el hemisferio norte, sureste de Asia, parte de África tropical y parte del Neotrópico (Hesler, Smith, Homola, & Weber, 1979). En Guatemala se asocia particularmente con *Pinus* y *Quercus* (Flores, Díaz, & Honrubia, 2005).

Taxonómicamente, el género ha sido dividido en 13 secciones y 10 subsecciones con base en el color del basidioma y del látex, así como por la procedencia geográfica (Basso, 2005, Heilmann-Clausen, Verbeke, & Vesterholt, 2000). Los hongos incluidos en las secciones *Uvidi* y *Zonarii* del género *Lactarius* poseen un látex blanquecino-lechoso que se torna púrpura y amarillo respectivamente, al entrar en contacto con el aire (Heilmann-Clausen y otros, 2000). A la fecha no existe ningún estudio previo sobre las distintas secciones del género *Lactarius* en Guatemala ni de las especies que lo conforman; únicamente se cuenta con recolectas de cuerpos fructíferos, descritos macroscópicamente e identificados con nombres de especies muy similares de Europa y Norteamérica.

En esta investigación, se propuso identificar la especie de los ejemplares herborizados de *Lactarius* de las secciones *Uvidi* y *Zonarii* recolectados en Guatemala, lo cual amplía el conocimiento sobre macrohongos en el país y marca el punto de partida para investigaciones que utilicen herramientas de biología molecular para comprobar el endemismo de las especies identificadas. Los resultados obtenidos se compararon con las descripciones de aspectos microscópicos de especies similares de Norteamérica y Europa, con el fin de realizar una identificación más completa.

Materiales y Métodos

Los ejemplares analizados fueron recolectados entre 1997 y 2010. Se escogieron 12 ejemplares de la sección *Uvidi* (Tabla 1) y 16 ejemplares de la sección *Zonarii* (Tabla 2) depositados en la Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” MICG.

De cada ejemplar se analizaron las siguientes características cualitativas: reacción al reactivo de Melzer, forma de las esporas por medio del índice Q, forma de basidios, cistidios y tipo de pileipellis. Para los basidios, cistidios y esporas se realizaron 20 mediciones, las cuales fueron descritas según el siguiente rango: largo (mínimo-máximo) x ancho (mínimo-máximo), obteniéndose una clasificación final.

Dado que se encontraron muchas diferencias en la dimensión de las microestructuras de los ejemplares de *Uvidi*, se realizó un análisis multivariado de conglomerados que separa los ejemplares analizados de las distintas secciones.

Resultados

En las Tablas 1 y 2 se encuentra el nombre con el que fueron identificados inicialmente los ejemplares y el nombre que se propone como resultado de este estudio. Las especies afines identificadas de la sección *Uvidi* fueron: *L. uvidus*, *L. montanus* y *L. argillaceofollius*; para la sección *Zonarii* se identificaron *L. mexicanus*, *L. chrysorheus* y *L. psammicola*.

Tabla 1

identificación final de los ejemplares de la sección *Uvidi*, por microscopía

| No. MICG ¹ | Identificación | |
|------------------------|---|---|
| | Inicial | Propuesta |
| MICG ¹ 2117 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | Afin <i>L. uvidus</i> |
| MICG 2119 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. ² <i>Uvidi</i> |
| MICG 2121 | <i>Lactarius uvidus</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. <i>Uvidi</i> |
| MICG 2125 | <i>Lactarius uvidus</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. <i>Uvidi</i> |
| MICG 2122 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. <i>Uvidi</i> |
| MICG 2124 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. <i>Uvidi</i> |
| MICG 2120 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | <i>Lactarius</i> sp./Sec. <i>Uvidi</i> |
| MICG 2126 | <i>Lactarius uvidus</i> | Afin <i>L. montanus</i> |
| MICG 2127 | <i>Lactarius uvidus</i> | Afin <i>L. argillaceofolius</i> |
| MICG 2128 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | Afin <i>L. argillaceofolius</i> |
| MICG 2130 | <i>Lactarius</i> sp. sección <i>Uvidi</i> | Afin <i>L. argillaceofolius</i> |
| MICG 3900 | <i>Lactarius uvidus</i> | Afin <i>L. argillaceofolius</i> |

1. MICG = Micoteca “Rubén Mayorga Peralta”. 2. Sec.: sección.

Tabla 2

Identificación final de ejemplares de la sección *Zonarii*, por microscopía

| No. MICG | Identificación | |
|------------------------|--|--|
| | Inicial | Propuesta |
| MICG ¹ 1956 | <i>L. chrysorheus</i> | <i>L. chrysorheus</i> |
| MICG 1958 | <i>L. chrysorheus</i> | <i>L. chrysorheus</i> |
| MICG 1959 | <i>L. chrysorheus</i> | <i>L. chrysorheus</i> |
| MICG 2068 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> var. nov. ² |
| MICG 2069 | <i>Lactarius</i> afin <i>mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> var. nov. |
| MICG 2070 | <i>Lactarius</i> afin <i>mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> var. nov. |
| MICG 2071 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> var. nov. |
| MICG 2067 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> |
| MICG 2072 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> |
| MICG 2074 | <i>Lactarius</i> afin <i>mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> |
| MICG 2075 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> |
| MICG 2078 | <i>L. mexicanus</i> | <i>L. mexicanus</i> |
| MICG 2695 | <i>L. psammicola</i> | <i>L. psammicola</i> f. <i>glaber</i> |
| MICG 2671 | <i>L. psammicola</i> | <i>L. psammicola</i> f. <i>glaber</i> |
| MICG 2672 | <i>L. psammicola</i> | <i>L. psammicola</i> f. <i>glaber</i> |
| MICG 3408 | <i>L. psammicola</i> | <i>L. psammicola</i> f. <i>glaber</i> |
| MICG 3409 | <i>L. psammicola</i> | <i>L. psammicola</i> f. <i>glaber</i> |

1. MICG = Micoteca “Rubén Mayorga Peralta”. 2. var. nov.: variedad nueva.

Por medio del análisis de conglomerados se obtuvo una separación en dos grupos, por especie y localidad geográfica: *L. argillaceofolius* (departamento de Guatemala) y el complejo *Lactarius uvidus* (departamentos de Totonicapán y Huehuetenango) (Figura 1). Al aplicar este análisis a los datos obtenidos de la sección *Zonarii*, se produjeron tres

grupos bien diferenciados: *L. psammicola*, *L. mexicanus* y *L. chrysorheus*. De estos, *L. mexicanus* presentó incluso dos variantes, según la localidad: los de Huehuetenango (MICG-2067, MICG-2072, MICG-2074 y MICG-2078) y los de Totonicapán (MICG-2068, MICG-2069, MICG-2070 y MICG-2071) (Figura 2).

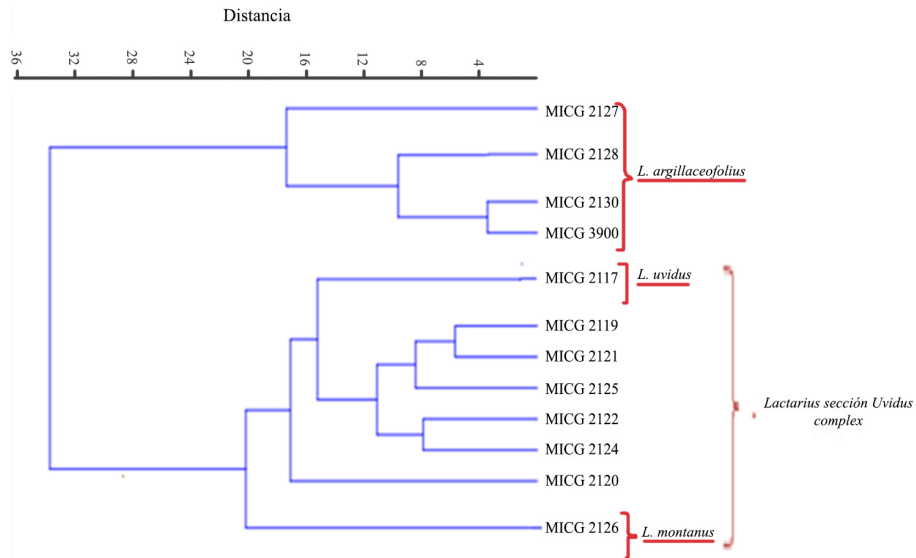


Figura 1. Análisis de conglomerados de los ejemplares guatemaltecos de *Lactarius uvidus* complex.

Las líneas verticales y horizontales representan la separación entre los ejemplares por medio del análisis multivariado en conglomerados (programa Past®) y las llaves representan grupos con características dimensionales afines.

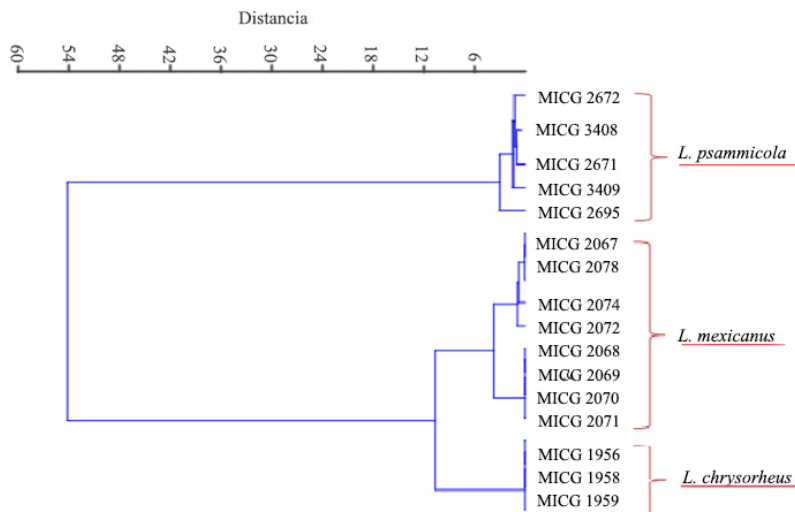


Figura 2. Análisis de conglomerados de los ejemplares guatemaltecos de *Lactarius* sección *Zonarii*.

Las líneas verticales y horizontales representan la separación entre los ejemplares por medio del análisis multivariado en conglomerados (programa Past®) y las llaves representan grupos con características dimensionales afines. 1. Grupo *L. mexicanus* de Huehuetenango. 2. Grupo *L. mexicanus* de Totonicapán.

A continuación, en las figuras 3 y 4 se ejemplifica el aspecto macroscópico (basidioma) y las características

microscópicas (basidios, esporas, cistidios) de las secciones estudiadas (*Uvidi* y *Zonarii*).



Figura 3. Forma macroscópica y microscópica de los ejemplares analizados afines a la sección *Uvidi*. A. Forma macroscópica de los ejemplares analizados. B. Basidios. C. Esporas. D. Cistidios.



Figura 4. Forma macroscópica y microscópica de los ejemplares analizados de la sección *Zonarii*.

A. Píleo con látex amarillo de *L. chrysorheus*. B. Carpofofo de *L. chrysorheus*. C. Esporas. D. Basidio. E. Látex blanco sin cambio de coloración para *L. psammicola*. F. Carpofofo de *L. psammicola*. G. Esporas de *L. psammicola*. H. Basidio de *L. psammicola*. I. Cistidio de *L. psammicola*.

Discusión

Los ejemplares guatemaltecos analizados en este estudio, aunque muestran las características macroscópicas que identifican a cada sección, subsección y especies semejantes, no coinciden exactamente en cuanto a dimensión de sus microestructuras respecto a las referencias norteamericanas y europeas, variando en una o más micras.

Sección *Uvidi*

En Guatemala, las especies de esta sección también poseen color lila-violáceo en el píleo y látex; además, se encuentran asociadas a coníferas y fagáceas como sucede en Europa y Norteamérica (Heilmann-Clausen y otros, 2000) (Figura 3). En Guatemala, la mayoría de ejemplares afines a *L. uvidus* se encontraron únicamente en bosques húmedos de coníferas (*Abies guatemalensis*, *Neocupressus lusitanica*, *Pinus hartwegii* y *P. ayacahuite*) de Huehuetenago y Totonicapán. En México, sin embargo, García (2013) reportó *L. uvidus* en bosques mixtos de pino-encino.

En este estudio se encontró mucha diferencia entre las dimensiones de las microestructuras analizadas, por lo que se consideró oportuno realizar un análisis multivariado en conglomerados para tratar de separar de una mejor manera los grupos de especímenes. El análisis fue oportuno pues muestra más claramente que los 12 ejemplares de la sección forman dos grandes grupos: *L. argillaceofolius* y el complejo de *L. uvidus*, y que este último presenta tres subdivisiones: *L. uvidus*, *L. montanus* y un complejo de especies que se pueden agrupar por su procedencia (Totonicapán y Huehuetenango) tal como sucedió con los ejemplares de *L. mexicanus*. El análisis de las boletas de los ejemplares indica que hay una especie con mamelón en el píleo y estípites más delgado (esta se encontró en los dos lugares) y otra sin mamelón y con pie más grueso. Sin embargo, para poder hacer una mejor

separación, se precisa de más ejemplares y mejores fotografías. Los ejemplares de este grupo fueron recolectados entre 1997 y 1999, y varios ejemplares se perdieron por contaminación en años anteriores. Es preciso recolectar nuevos ejemplares para corroborar que se trata de distintas especies y si existe diferencia entre un sitio y otro, aunque son muy similares en vegetación (*Abies*, *Neocupressus* y *Pinus*) y altitud (3,000 a 3,400 msnm).

La comparación de los datos obtenidos con las claves taxonómicas europeas mostró que existe mucha semejanza macroscópica con los ejemplares guatemaltecos; sin embargo, la microscopía señala grandes diferencias. Las especies europeas más parecidas macroscópicamente son *L. pseudouvidus* y *L. brunneoviolaceus* pero difieren en hábitat, pues crecen en áreas alpinas en asociación con *Salix* (Heilmann-Clausen y otros, 2000). La microscopía de esas especies difiere notoriamente respecto a los ejemplares locales.

Teniendo en cuenta que últimamente en América la clasificación de muchas especies de hongos está cambiando gracias a los avances en biología molecular, y que se corrobora que existe un alto endemismo, es preciso que los ejemplares guatemaltecos sean revisados no solo a nivel macro y microscópico sino también molecular.

En cuanto a especies similares en Norteamérica, Montoya y Bandala (2003) propusieron que *L. uvidus* var. *montanus* y *L. uvidus* var. *uvidus* fueran consideradas como una sola y nueva especie, *L. montanus*, que sería considerada como la versión norteamericana de *L. uvidus*. Sin embargo, no hay estudios publicados sobre este complejo de Norteamérica.

Respecto a *L. argillaceifolius* Hesler y A.H. Sm., se observó que los ejemplares de Mixco, que crecen en bosque de pino-encino, son muy

semejantes a la descripción de la especie a nivel macro y microscópico, que crece en bosques de encinos en EEUU (Hesler y otros, 1979). El análisis multivariado y la observación de basidiomas frescos y fotografías permitieron confirmar la identificación. El hallazgo de esta especie constituye un nuevo reporte para Centroamérica.

Sección *Zonarii*

Las especies que pertenecen a la sección *Zonarii* se caracterizan por presentar basidiomas amarillentos y látex blanco, que puede cambiar a amarillo al contacto con el aire, además de un sabor acre a picante (Heilmann-Clausen y otros, 2000) (Figura 4). En este estudio se analizaron 16 ejemplares con estas características, procedentes de diversas regiones de Guatemala. En este trabajo se identificaron ejemplares pertenecientes a tres especies de esta sección: *L. mexicanus*, *L. psammicola* y *L. chrysorheus*.

Es importante anotar que el nombre de la sección *Zonarii* fue creado para Europa (Heilmann-Clausen y otros, 2000). Sin embargo, Hesler y otros, (1979) sugieren que las especies americanas similares a la sección *Zonarii* sean incluidas dentro de esta misma sección.

Lactarius mexicanus

Los ocho ejemplares guatemaltecos se compararon con *L. scrobiculatus*, una especie inicialmente europea pero que también se reporta en Norteamérica, entre cuyas principales características están la asociación micorrízica con abetos, basidiomas de color amarillo pálido, látex blanquecino que cambia a amarillento, olor cítrico-afutado y sabor fuertemente picante. Se encontró que *L. mexicanus*, descrito por Kong y Estrada (1994), se propuso como la versión americana, al menos para México. Si se toma en cuenta la historia geológica y natural de Guatemala, conviene tener

como referencia los estudios efectuados en México para aquellos géneros con origen neártico.

Se encontró que el tamaño de los basidios varía según la procedencia, por ejemplo: los de Totonicapán poseían basidios de 40-50 μm ; el de Chimaltenango, de 50-60 μm ; y los de Huehuetenango, de 60-70 μm . Es importante señalar que un factor que influye en el tamaño de las microestructuras, según Heilmann-Clausen y otros, (2000), es la madurez de los cuerpos fructíferos y, en algunos casos, el secado de los mismos.

En cuanto a los cistidios de los ejemplares analizados, éstos son más pequeños que los descritos por Kong y Estrada (1994). El análisis de conglomerados muestra una leve separación de los ejemplares en dos grupos relativamente homogéneos. En el primer grupo se ubicaron los especímenes de Totonicapán (MICG-2067, MICG-2072, MICG-2074 y MICG-2078), que coincidieron plenamente con *L. mexicanus*, mientras que los del segundo grupo, de Huehuetenango (MICG-2068, MICG-2069, MICG-2070 y MICG-2071), se separan por las dimensiones obtenidas y la región geográfica. Este grupo podría constituir una variedad local.

Dada la concordancia en la mayoría de microestructuras con la descripción de *L. mexicanus*, se puede afirmar que éste es el primer reporte de dicha especie para Guatemala y se amplía su distribución geográfica conocida.

Lactarius psammicola

L. psammicola es considerado como la versión americana de *L. zonarius* de Europa. Se caracteriza por formar micorrizas con *Quercus* en la zona oriental de Estados Unidos y México, siendo uno de los hongos más prolíficos asociados a nogal americano en Estados Unidos (Hesler y otros, 1979).

Los ejemplares guatemaltecos de *L. psammicola* son similares a *L. zonarius* y existen otras especies similares en coloración, porte y color del látex, como: *L. olimpianus*, *L. yazooensis*, *L. acerrimus*, *L. zonarioides*, *L. evosmus* (De la Osa, 2003), *L. peckii* (Mata, Halling, & Mueller, 2003), pero cada una de ellas presenta diferencias al estudiar su hábitat y características microscópicas.

El tamaño de las esporas (7-9 μm) y su forma (ampliamente elipsoides a elipsoides) concuerdan con las descripciones de *L. psammicola* de Hesler y otros, (1979), Halling y Mueller (2005), Bessette, Harris y Bessette (2009) y Kuo (2011). Sin embargo, resultan ligeramente más pequeñas que las de Costa Rica. En cuanto a la descripción de los cistidios, solamente se encontró uno entre basidiolos y basidios, con un tamaño de 50 x 11 μm (MICG-3408) con forma subcilíndrica (similar a la de basidios y basidiolos), lo que concuerda con Kuo (2011), quien indica que se encuentran inmersos de forma intercalada con los pseudocistidios.

En cuanto al hábitat de los ejemplares analizados, proceden de bosques mixtos con predominancia de *Quercus*, generalmente *Q. peduncularis*, que es el más abundante del altiplano guatemalteco. En un estudio realizado en Tamaulipas, norte de México, se encontró asociado a *Q. polymorpha*, *Q. canbyi* y *Q. laeta* (García, 2013).

Dadas las similitudes macroscópicas y microscópicas, y el análisis multivariado de los ejemplares en el presente trabajo, se puede afirmar que éstos pertenecen a la especie *L. psammicola*. Sin embargo, de todos los ejemplares recolectados en el país, ninguno presenta borde hirsuto como los que crecen en Costa Rica (*L. psammicola* f. *psammicola*) sino que presentan borde liso en todo su desarrollo (*L. psammicola* f. *glaber*), como los de Norteamérica (Bessette y otros, 2009).

Lactarius chrysorheus

L. chrysorheus, subsección *Croceini*, sección *Zonarii*, fue descrito por primera vez por Fries (1838) en Suecia. En este estudio se analizaron tres ejemplares de *L. aff. chrysorheus* recolectados en Altavista, Mixco.

Las esporas de los ejemplares MICG-1956, MICG-1958 y MICG-1959 concordaron con las descripciones europea y norteamericana de *L. chrysorheus*. En cuanto a la forma descrita por el índice Q, todos los ejemplares concuerdan, siendo ésta subglobosa a ampliamente elipsoide. (Heilmann-Clausen y otros, 2000; Fries, 1838).

Se observó variación en las dimensiones de los basidios. En cuanto a los pleurocistidios y el tipo de pileipellis (cutis), se observó similitud con la descripción europea y norteamericana (Heilmann-Clausen y otros, 2000; Fries, 1838).

Respecto al hábitat, los ejemplares se encontraron en bosques mixtos con predominancia de encinos (*Quercus* spp.). En un estudio por García (2013) en México, se encontró asociación de *L. chrysorheus* con *Pinus hartwegii* y *Quercus greggi*.

Dadas las similitudes entre las descripciones macroscópicas, microscópicas, análisis multivariado y hábitat con la especie *L. chrysorheus* Fr., este estudio constituye el primer reporte descriptivo para esta especie en el país, y permite ampliar su distribución conocida.

Referencias

- Basso, T. (2005). *Manual di Microscopia dei Funghi*. Alassio: Mykoflora.
- Bessette, A., Harris, D., & Bessette, A. (2009). *Milk Mushrooms of North America*. New York: Syracuse University Press.

- De la Osa, L. (2003). *Setas del Parque Natural de Aracena y Picos de Aroche*. Huelva: Diputación de Huelva.
- Flores, R., Díaz, G., & Honrubia, M. (2005). Caracterización de cepas de *Lactarius* Sección *Deliciosi* de Guatemala y su comparación con cepas europeas de *L. deliciosus*. *Revista Mexicana de Micología*, 26(1), 51-55.
- Flores, R., Díaz, G., & Honrubia, M. (2005). Mycorrhizal synthesis of *Lactarius indigo* (Schw.) Fr. with five Neotropical pine species. *Mycorrhiza*, 15(1), 563–570.
- Flores, R., Díaz, G., & Honrubia, M. (2007). *Lactarius section Deliciosi in Guatemala: a clue to understand the puzzle*. The Fifth International Workshop of Edible Mycorrhizal Mushrooms. Chuxiong, China.
- Fries, E. (1838). *Epicrisis Systematis Mycologici, seu Synopsis, Hymenomycetum*, Upsala. Suecia; 1-610.
- García, J. (2013). *Diversidad de macromicetos en el Estado de Tamaulipas, México* (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Halling, R., & Mueller, G. (2005). *Common Mushrooms of the Talamanca Mountains*. New York: New York Botanical Garden.
- Hesler, L., Smith, A., Homola, R., & Weber, N. (1979). *North American Species of Lactarius*. Michigan: University of Michigan Press.
- Heilmann-Clausen, J., Verbeken, A., & Vesternhoft, J. (2000). *The Genus Lactarius*. (Vol. 2). Mundelstrup, Denmark: Skive Offset.
- Kong, A., & Estrada, A. (1994). A new species of *Lactarius* from Mexico. *Mycotaxon*, 52(2), 443-466.
- Kuo, M. (2004). *100 Edible Mushrooms*. Michigan: The University of Michigan.
- Kuo, M. (2011). *Lactarius psammicola*. Recuperado de http://www.mushroomexpert.com/lactarius_psammicola.html
- Mata, M., Halling, R., & Mueller, G. (2005). *Macrohongos de Costa Rica*. Heredia: INBio.
- Montoya, L., Guzmán, G., & Bandala, V. (1990). New Records of *Lactarius* from México and discussion of the known species. *Mycotaxon*, 26, 349-395.
- Montoya, L., & Bandala, V. (2003). Studies on *Lactarius*: A new combination and two new species from Mexico. *Mycotaxon*, 85, 393-407.
- Silva, P., & Acosta, A. (1985). Micoflora del Estado de Durango, México. *Revista Mexicana de Micología*, 1, 315-329.

Aceptabilidad y uso en el hogar de un alimento complementario listo para consumir en el área rural de Guatemala

Acceptability and use at home of ready to use complementary food in families of rural Guatemala

Miguel Cuj^{1,2}, Manolo Mazariegos^{1,2}, Edward Fischer^{1,3} y Ana Victoria Román^{1,2}

¹Proyecto Maní+, ²Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-, Guatemala,

³ Vanderbilt University, TN, USA.

miguel@maniplus.org / cujpastor@hotmail.com

Recibido: julio, 2015 • Aceptado: febrero, 2016

Resumen

Con el objetivo de apoyar el plan del Gobierno de Guatemala para reducir las tasas de desnutrición crónica, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) desarrolló un Alimento Complementario Listo para Consumir (ACLC), el cual está hecho con una base de pasta de maní, leche y micronutrientes para aportar un rango entre el 50 y el 60% de las recomendaciones diarias en micronutrientes, según el INCAP para niños de 6-24 meses de edad. El objetivo de este estudio fue evaluar la aceptabilidad y uso del ACLC en niños de 6 a 24 meses de edad (estratificados en grupos de 6-12, 13-18 y >18 meses de edad) y sus madres, en una comunidad rural maya q'eqchi' con alta vulnerabilidad a la desnutrición crónica infantil, ubicada al norte de Guatemala. 46 fueron evaluadas por medio de pruebas sensoriales y grupos focales. 43 niños fueron evaluados a través del consumo del alimento, durante un período de ocho semanas. La aceptabilidad global del alimento por parte de la madre ("le gusta") fue de un 89.8%. La aceptabilidad en 43 niños, evaluada en la séptima semana de intervención (S7), mostró una mediana de consumo de 31.9 + 1.7 g por día (93.8% del producto disponible, cuyo peso promedio fue de 34.0 g por paquete), lo cual fue comparable en los tres grupos etarios estudiados. En conclusión, el ACLC tuvo una aceptabilidad y uso adecuados en la población estudiada, lo que respalda continuar el desarrollo y uso de esta formulación, como una alternativa en la implementación de programas preventivos de la desnutrición crónica infantil en Guatemala.

Palabras clave: Alimento complementario, desnutrición crónica, aceptabilidad, Guatemala.

Abstract

To support national government plan to reduce infant chronic malnutrition rates in Guatemala, (Spanish acronym of: Institute of Nutrition of Central America and Panama) INCAP developed a formula called Complementary Food Ready for Consumption (Spanish acronym: ACLC). It is

made of peanut paste, milk and micronutrients. This formula covers around 50 to 60% of daily micronutrients recommendations (INCAP 2012) for 6-24 months' infants. The objective of this study was to assess the acceptability and use of ACLC (Maní+) in mothers and infants between 6-24 months (stratified in groups of 6-12, 13-18 y >18 months of age), in a Q'eqchi' Mayan rural community located in the north of Guatemala, which has a high chronic child malnutrition rate. Forty six mothers were evaluated through sensory tests and focus groups. Furthermore, forty three infants were evaluated through the formula consumption during a period of eight weeks. Food Global acceptability from mothers (they like it) was 89.8 %. Acceptability in forty-three infants was assessed after seven weeks of intervention. It showed a food consumption of 31.9 +1.7 g per day (93.8% of available product, which average weight was 34.0 g per sachet), which was compared among three age range. Therefore this study showed that ACLC had a good acceptability and appropriate use in the study population. This study bears to continue the use and development of this formula, as an option for preventive programs implementation of infant chronic malnutrition in Guatemala.

Keywords: Complementary food, chronic malnutrition, acceptability, Guatemala.

Introducción

De acuerdo a la literatura, para el tratamiento comunitario de la malnutrición aguda se han propuesto los alimentos terapéuticos listos para consumir a base de maní (ATLC) (Ready to Use Therapeutic Food, RUTF, por sus siglas en inglés), los cuales han generado resultados positivos dado su alto valor calórico y de micronutrientes claves para el tratamiento de la malnutrición aguda (Ciliberto y otros, 2005). Los ATLC fueron normados en Guatemala por el MSPAS en el año 2010, para su uso en el tratamiento comunitario de la malnutrición aguda (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2009). Recientemente se han propuesto los alimentos clasificados como suplementos basados en lípidos (Lipid Nutrient Supplements, LNS, por sus siglas en inglés), para el abordaje de la desnutrición crónica, conocidos como (ALCL) (Siega-Riz y otros, 2014). Estos alimentos de fácil uso contienen una adecuada cantidad de proteína, micronutrientes, y una menor cantidad de calorías, para complementar los requerimientos nutricionales para la alimentación infantil dentro de la ventana de 6 a 24 meses de edad (Phuka y otros, 2011). Este tipo de alimento ha sido implementado

también en algunas áreas de Guatemala, bajo formatos de programas nutricionales por medio de organismos no gubernamentales que trabajan en el área rural, obteniendo resultados positivos (Matias, Chaparro, Perez-Exposito, Peerson, & Dewey, 2011).

Recientemente el INCAP ha formulado un alimento complementario para población vulnerable a la desnutrición crónica infantil (6-24 meses de edad) basado en oleaginosas (maní) fortificado con micronutrientes, y que permite cubrir de un 50% a un 60% de las recomendaciones dietéticas diarias (RDD) (micronutrientes: vitamina D, vitamina C, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, vitamina B6, vitamina B12, ácido fólico, potasio, magnesio, hierro, zinc, cobre, yodo, flúor) (Menchú, & Torun, 2012).

Previo a su promoción y uso a escala, es importante determinar su aceptabilidad y uso en el hogar. Estudios en Ghana y Burkina Faso recomiendan esta metodología para la evaluación de la aceptabilidad de un alimento complementario en madres e infantes (Adu-Afarwuah, Lartey, Zeilani, & Dewey, s.f.;

Hess y otros, 2011). El objetivo del presente estudio fue determinar la aceptabilidad y uso, a nivel del hogar, del (ACLC) en niños de 6 a 24 meses de edad, de una comunidad rural del norte de Guatemala, durante un periodo de ocho semanas.

Materiales y Métodos

Metodología

Este estudio sobre aceptabilidad y uso de un (ACLC) a base de maní (Tabla 1), se hizo en la comunidad Paapa, municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz (norte de Guatemala, población maya q'eqchi'). El grupo estudiado fueron niños y niñas de 6 a 24 meses de edad y sus madres, de 21 a 35 años de edad. La técnica de evaluación de aceptabilidad para los niños y las niñas fue la matriz de aceptabilidad de alimentos de Proceso para la Promoción de la Alimentación del Niño (ProPAN), que evalúa la aceptabilidad del alimento mediante consumo. Se realizó una evaluación inicial, y una final luego de ocho semanas de consumo del alimento. Para las madres se midió la aceptabilidad de características organolépticas en un momento intermedio de la medición.

La gestión comunitaria se realizó mediante la Fundación contra el Hambre Guatemala (FH), y participaron 53 niños y niñas con sus madres, quienes aceptaron y firmaron el formulario de consentimiento informado.

Diseño muestral: El estudio reclutó de forma no aleatorizada, intencional y no probabilística a 53 niños y niñas, de los cuales 47 completaron su participación de ocho semanas en el estudio.

Los criterios de inclusión en el estudio fueron: (a) niños y niñas participantes en el programa de FH, de 6 a 24 meses de edad, (b) niños y niñas que contaran con el consentimiento informado de parte de la madre o encargada, (c) niños y niñas aparentemente sanos (que

al momento del tamizaje no presentaran enfermedad clínica: alergias, fiebre, diarrea, alguna infección, etc.), (d) niños y niñas sin signos de malnutrición aguda moderada o severa (emaciación, edemas).

La localidad seleccionada tiene alta prevalencia de desnutrición crónica y se encuentra listada dentro de los municipios priorizados por el Programa Hambre Cero del Gobierno de Guatemala (SESAN, 2012). Los niños y niñas participantes fueron seleccionados de un listado de participantes del Programa de Nutrición de Fundación contra el Hambre Guatemala FH, y sus características de edad se presentan en el Tabla 2.

Tabla 1

Valor nutricional del ACLC, en 34 gramos*

| Macronutrientes (g) | |
|---------------------|-------|
| Proteína | 6 |
| Carbohidratos | 16 |
| Grasa | 14 |
| Micronutrientes | |
| | ER** |
| Vitamina A | 230.5 |
| | µg |
| Vitamina D | 4 |
| Acido fólico | 63 |
| Cobalamina | 0.5 |
| Cobre | 76 |
| Yodo | 53 |
| Selenio | 38 |
| | mg |
| Vitamina C | 28 |
| Vitamina E | 5.2 |
| Tiamina | 0.5 |
| Riboflavina | 0.5 |
| Niacina | 4.2 |
| Piridoxina | 0.3 |
| Calcio | 131 |
| Hierro | 4 |
| Magnesio | 79 |
| Fosforo | 129 |
| Potasio | 461 |
| Zinc | 3.4 |
| Flúor | 0.5 |

* Ración diaria.

**ER = Equivalentes de retinol.

Tabla 2

Distribución de la muestra por grupo etario, Paapa, municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz (población maya q'eqchi'). Mayo, 2013.

| Rango de edad | n Masculino | n Femenino | N |
|---------------|-------------|------------|----|
| 07-12 meses | 6 | 10 | 16 |
| 13-18 meses | 11 | 3 | 14 |
| >18 meses | 10 | 7 | 17 |
| Total | 27 | 20 | 47 |

Proceso de recolección de datos: Los técnicos de campo que recolectaron los datos fueron personas q'eqchi' hablantes (q'eqchi': idioma maya local) con estudios universitarios y que han estado apoyando al programa de salud y nutrición de FH.

Metodología de evaluación

Descripción del alimento complementario: El perfil de nutrientes y la información nutricional del alimento del estudio se presentan en la Tabla 1. Los ingredientes del alimento incluyen pasta de maní, leche, aceite, azúcar y una formulación de micronutrientes basada en las RDD, (2012) del INCAP, que cubre un rango del 50 al 60% de las recomendaciones (se calculó el porcentaje mediante el promedio de la RDD en función de los grupos de edad: 0-6 meses, 7-12 meses, 1-3 años) para los niños y niñas de 6-24 meses de edad. Este alimento fue desarrollado en la planta piloto del INCAP. El alimento del estudio completó pruebas de calidad e inocuidad de acuerdo a las normas de Codex Alimentarius CAG/GL 8-1991 y CAC/GL C-1985, para el desarrollo de alimentos complementarios para infantes (Organización de las Naciones Unidas para

la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1985; FAO, 1991).

El alimento se presenta en paquetes de 34 gramos netos (ración diaria infantil), empacado en un material trilaminado. No necesita cocción o alguna preparación para ser consumido, por lo que es un ALC. Esta presentación permite que el consumo sea directo del paquete, sin necesidad de usar utensilios o agregar otros ingredientes, evitándose así la contaminación. Se incluye un cuadro comparativo (Tabla 3) del valor nutricional entre un ATLC, enfoque en la malnutrición aguda y un ACLC.

Aceptabilidad del ACLC en las madres:

Se evaluó la aceptabilidad de cuatro características organolépticas en una sola ocasión, previo a realizar la medición de los infantes. Esas características organolépticas fueron color, olor, sabor y textura. La muestra para las pruebas era equivalente a la ración diaria del alimento complementario (34 g), mediante una escala de tres puntos: “le gusta”, “no le gusta” y “le disgusta”.

El instrumento de recolección que midió los aspectos sensoriales evaluados fue previamente validado al idioma local (q'eqchi') mediante el apoyo de traductores locales, para facilitar su comprensión por parte de los participantes (Figura 1).

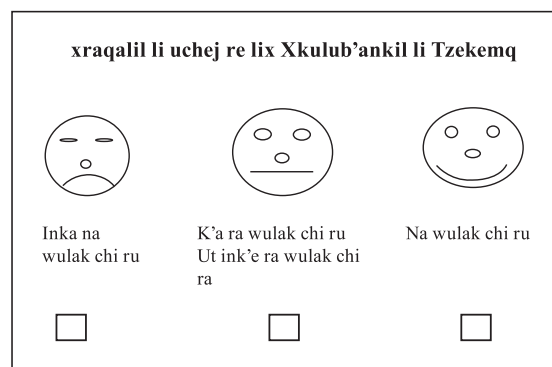


Figura 1. Imagen de uno de los aspectos de boleta de aceptabilidad Característica evaluada: olor

Tabla 3

Comparación del valor nutricional de un ATLC, enfocado en la malnutrición aguda y un ACLC.

| | | ACLC | | ATLC | |
|------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Nutrientes | | Dosis 34 g/día | Valor en 100 g | Dosis 92 g /día | Valor en 100 g |
| | kcal | 220.0 | 550.0 | 500.0 | 543.5 |
| Macro | Proteína (g) | 6.0 | 15.0 | 12.5 | 13.6 |
| | Carbohidrato (g) | 16.0 | 40.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Grasa (g) | 14.0 | 35.0 | 32.8 | 35.7 |
| | A (mcg/día) | 230.5 | 576.3 | 840.0 | 913.0 |
| | C (mg/día) | 28.0 | 70.0 | 49.0 | 53.3 |
| | D (mcg/día) | 4.0 | 10.0 | 15.0 | 16.3 |
| | E (mg/día) | 5.2 | 13.0 | 18.4 | 20.0 |
| Vitaminas | Tiamina B1 (mg/día) | 0.5 | 1.3 | 0.6 | 0.6 |
| | Riboflavina B2 (mg/día) | 0.5 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| | Niacina B3 (mg/día) | 4.2 | 10.5 | 4.9 | 5.3 |
| | B6 (mg/día) | 0.3 | 0.8 | 0.6 | 0.6 |
| | Ácido fólico B9 (mcg/día) | 63.0 | 157.5 | 193.0 | 209.8 |
| | B12 (mcg/día) | 0.5 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| | | 0.0 | 0.0 | 19.3 | 21.0 |
| | | 0.0 | 0.0 | 60.0 | 65.2 |
| | | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 3.1 |
| | Calcio (mg/día) | 131.0 | 327.5 | 276.0 | 300.0 |
| | Cobre (mcg/día) | 76.0 | 190.0 | 1.6 | 1.7 |
| Minerales | Yodo (mcg/día) | 53.0 | 132.5 | 92.0 | 100.0 |
| | Hierro (mg/día) | 4.0 | 10.0 | 10.6 | 11.5 |
| | Magnesio (mg/día) | 79.0 | 197.5 | 84.6 | 92.0 |
| | Fósforo (mg/día) | 129.0 | 322.5 | 276.0 | 300.0 |
| | Potasio (mg/día) | 461.0 | 1152.5 | 1022.0 | 1110.9 |
| | Selenio (mcg/día) | 38.0 | 95.0 | 27.6 | 30.0 |
| | Zinc (mg/día) | 3.4 | 8.5 | 12.9 | 14.0 |
| | Flúor (mg/día) | 0.5 | 1.3 | 0.0 | 0.0 |
| | Sodio | 0.0 | 0.0 | 267.0 | 290.2 |

Aceptabilidad del ACLC en los niños: La aceptación del alimento del estudio en los niños se evaluó a través del uso de la metodología de aceptabilidad de alimentos ProPAN, adaptado al contexto local. Esta metodología se basa fundamentalmente en el registro de la cantidad de alimento consumido en gramos respecto a la ración ofrecida correspondiente a la ración diaria para niños de esta edad. La evaluación se llevó a cabo tanto al comienzo como al final del estudio (ocho semanas), mediante control de entrega de paquetes. La ración ofrecida era de 34 g (dosis reto), sobre la cual se midió lo consumido por cada niño o niña en una merienda, haciendo la diferencia entre el peso directo del paquete al inicio y al final, menos la tara de +/- 2g. Además, se calculó el incremento en el consumo del alimento a través del tiempo del estudio para determinar la significancia de cambio en la media del consumo.

Ración diaria del alimento del estudio: Luego de la evaluación inicial, los niños y niñas consumieron el ACLC durante un periodo de ocho semanas. Durante este tiempo, mediante visita domiciliaria, cada 14 días se realizaron cuatro entregas parciales de la ración diaria del alimento complementario. Las madres recibieron un lote de sobres del ACLC, equivalente al número de raciones para 14 días. Al cabo de este tiempo, se recolectaban los sobres vacíos y se entregaba el nuevo lote de alimento para los siguientes 14 días.

Evaluación cualitativa del uso del alimento complementario: En la sexta semana de implementación, se realizó la evaluación del uso del alimento complementario a nivel del hogar, por medio de grupos de discusión focal con las madres participantes. La metodología utilizada estuvo basada en el informe preliminar de la prueba de aceptabilidad de un ATLC, en niñas y niños de 6 meses a 5 años de edad, así como en

madres, en las comunidades de Tecpán, Chimaltenango, Sanarate y El Progreso, Guatemala (Ministerio de Salud Pública y Asistencia social de Guatemala (MSPAS), 2009), que indaga sobre salud, nutrición, comida y uso del alimento, mediante el idioma local (q'eqchi').

Análisis de datos

Cuantitativo

Madres: Se realizó un análisis preliminar sobre la base de datos de aceptabilidad en niños y niñas por medio de la prueba Kolmogorov, así como una distribución de histogramas, encontrándose que los datos no mostraban una distribución normal. Por ello, el análisis estadístico incluyó el cálculo de la media de puntaje de la aceptabilidad de las madres en cuatro características organolépticas del alimento.

Niños: Para la evaluación de consumo del alimento, se realizó la comparación de medianas del consumo inicial y final entre los tres grupos de edad mediante la prueba de Wilcoxon. Se calculó el promedio de cambio en consumo tanto a nivel global como a nivel de grupos de edad. El análisis de datos inicialmente fue ingresado en una hoja electrónica de Excel 2007, para su posterior análisis por medio del programa estadístico Stata 11.0.

Cualitativo: El análisis incluyó la clasificación de las expresiones generadas en positivas y negativas, para su clasificación en los dominios de salud, nutrición, comida y usos del alimento, de forma descriptiva.

Consideraciones éticas: El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética del INCAP, como investigación de riesgo mínimo. Las familias fueron informadas de la naturaleza del estudio, del alimento, de los procedimientos de evaluación, los riesgos y beneficios y aspectos

de confidencialidad. Con el apoyo de personal local, el formulario de consentimiento informado fue explicado en el idioma local (q'eqchi'). Solamente entraron al estudio las personas que aceptaron voluntariamente participar y que firmaron el formulario.

Resultados

Población de estudio: 47 participantes completaron el estudio.

La edad promedio de las madres participantes fue de 28 (± 7.2 D.S.) años. Todas eran q'eqchi' hablantes, de nivel socioeconómico bajo.

Aceptabilidad en madres

La prueba de aceptabilidad del producto se enfocó en las características sensoriales de: color, olor, sabor y textura. De acuerdo a los cuatro criterios del estudio, 9 de cada 10 madres (89.8%) aceptaron el alimento (Tabla 4).

Tabla 4

Aceptabilidad de las madres para las características organolépticas de un alimento complementario en Paapa, municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz (población maya q'eqchi'). Mayo, 2013.

| n= 46 | Color | Olor | Sabor | Textura | Aceptabilidad global |
|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------------------|
| | % (n) | % (n) | % (n) | % (n) | Promedio (%) |
| Gusta | 84.9 (39) | 100 (0) | 91.4 (42) | 82.8 (38) | 89.8 |
| Neutral | 0 (0.0) | 0 (0) | 2.1 (1) | 8.6 (4) | 2.7 |
| Disgusta | 15.1 (7) | 0 (0) | 6.5 (3) | 8.6 (4) | 7.5 |
| Total | 100 (46) | 100 (46) | 100 (46) | 100 (46) | 100.0 |

Aceptabilidad en niños y niñas

De acuerdo a los criterios del estudio, la aceptabilidad del ACLC por parte de los niños y niñas participantes fue del 100%. El consumo promedio fue del 93.8 % de la dosis disponible.

Uno de los resultados del estudio es el incremento global en el consumo del alimento entre la evaluación inicial y la

final, durante un período de 8 semanas (21.3 g vs 31.9, equivalente a un 93.8% de la dosis disponible). Los datos indican que los niños de 6 a 12 meses de edad que inicialmente presentaron el menor consumo mostraron el mayor incremento. Los niños de 13 a 18 meses de edad y los mayores de 18 meses, quienes mostraron inicialmente mejor consumo del alimento, también mostraron un aumento considerable (Tabla 5).

Tabla 5

Comportamiento de la cantidad consumida del alimento complementario en niños y niñas de 6 a 24 meses en Paapa, municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz (norte de Guatemala, población maya q'eqchi'). Mayo, 2013.

| n= 43 | Consumo Evaluación inicial Med(g)(DE) | Consumo Evaluación final Med(g)(DE) | Diferencia del consumo, por medianas.** g | Porcentaje de consumo neto en la evaluación final* |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 6-12 meses | 11.4 (±2.4) | 31.4(±1.3) | 20.0***‡ | 92.3% |
| 13-18 meses | 24.9 (±3.0) | 31.0 (±1.4) | 6.1***‡ | 91.1% |
| >18 meses | 27.7 (±2.8) | 33.4 (±0.9) | 5.7***‡ | 98.2% |
| Media de medianas de consumo | 21.3 (±1.9) | 31.9 (±1.7) | 10.6 | 93.8% |

* Porcentaje de consumo neto = (gramos de consumo evaluación final (mediana) / 34 gramos totales a disposición de dosis reto)*100.

** Comparación de medianas de cambio (inicial y final) entre los tres grupos de estudio. Prueba de Wilcoxon: P< 0.05 (IC: 95%)

‡ diferencia significativa, valores P<0.05

Uso en el hogar: Se encontraron opiniones positivas en cuatro dominios específicos: salud, nutrición, comida y uso. Las discusiones de grupos focales permitieron conocer la experiencia que las madres tuvieron al interactuar con el ACLC, especialmente durante la entrega diaria del alimento. El grupo focal también expresó que el alimento era de fácil uso, ya que no requería otra preparación ni otros ingredientes; asimismo, que se trataba de un alimento de alta calidad. Fue interesante que las madres identificaran el alimento como: “Algo bueno para el niño”, y que podía “mejorar el crecimiento de los niños”.

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la aceptabilidad de una formulación

de alimento complementario a base de maní y una mezcla de micronutrientes, orientado al abordaje de la desnutrición crónica infantil. El estudio mostró la factibilidad de la implementación a nivel comunitario del alimento listo para consumir. Dada su presentación en paquetes individuales de la dosis diaria del niño, se evita el riesgo de diluir esta dosis con otros miembros de la familia.

También fue importante documentar la adecuada aceptación del producto en términos de sus características organolépticas por parte de la madre y la alta aceptabilidad del consumo por parte del niño. La evaluación permite evidenciar un uso adecuado del alimento del estudio en el hogar y una positiva valoración del alimento por parte de las madres (Fondo de las Naciones Unidas

para la Infancia [UNICEF], 2008). Dado que la madre es la encargada de preparar los alimentos y los distribuye dentro del hogar, es importante tomar en cuenta su aceptabilidad para evitar que el producto sea desechado o utilizado de una forma inadecuada (MSPAS, 2010).

La mayoría de estudios con alimentos listos para su consumo han sido llevados a cabo en poblaciones con desnutrición aguda y por lo tanto sus formulaciones se caracterizan por su alto contenido energético (aproximadamente 500 kcal por paquete) (World Health Organization [WHO], 2007). Estudios en otros países muestran un rango de 81.0% a 94.3% de aceptabilidad en madres con productos semejantes basados en lípidos de oleaginosas, enfocados en la desnutrición crónica (Hess y otros, 2011; Siega-Riz y otros., 2014). Otros estudios (Guatemala, Ghana, Congo, Malawi, Nigeria) referentes a la aceptabilidad, en niños, de alimentos complementarios con base oleaginosa, estiman un rango de consumo diario de 20 a 50 gramos del alimento, lo cual es compatible con el presente estudio (Siega-Riz y otros, 2014). La cantidad de la dosis reto fue de 34 g, la cual puede considerarse como una dosis pequeña, diseñada para aumentar la probabilidad de ser aceptada y consumida por un niño pequeño en una sola ocasión, con lo cual se disminuye la posibilidad de dilución de la dosis, cubriéndose significativamente los requerimientos nutricionales de micronutrientes y de energía del grupo meta (Arimond y otros, 2015).

Dado que en la población infantil de Guatemala predomina el déficit de talla (desnutrición crónica) respecto a la emaciación que caracteriza la desnutrición aguda, en el presente estudio se probó un producto con menor contenido energético, pero con mayor énfasis en su contenido de micronutrientes. Con esto se pretende cubrir prioritariamente las brechas de nutrientes más frecuentemente

documentadas en esta población, en cuya dieta principal predominan las fuentes vegetales y muy poca presencia de alimentos de origen animal.

Es importante resaltar que en ninguna forma se propone el alimento del estudio como la única intervención para el abordaje de la desnutrición crónica, sino su implementación dentro de un plan integral que incluya atención infantil óptima y como parte de las intervenciones específicas (inmediatas) tales como la provisión de un alimento complementario, inmunizaciones, monitoreo del crecimiento y otras contempladas en la estrategia de los 1,000 días (Bhutta y otros, 2013).

El alimento propuesto puede convertirse en una intervención rentable de fácil implementación y con gran potencial de impacto tanto por su buena aceptabilidad como por su contribución nutricional, dado que su contenido de nutrientes fue formulado para responder a las carencias de la malnutrición crónica infantil.

Entonces, el estudio evidencia descriptivamente que hay aceptabilidad positiva de un ACLC infantil listo para consumir por parte de la madre, así como del niño y la niña de 6 a 24 meses de edad, a nivel comunitario.

Agradecimientos

Esta investigación es parte de la alianza entre el INCAP y la Fundación cristiana Shalom para la niñez de Guatemala. Se obtuvo asesoría técnica del Center for Latin American Studies, Vanderbilt University. También se obtuvo apoyo institucional por parte de la Fundación contra el Hambre Guatemala (FH). Adicionalmente, se reconoce el apoyo de las comunidades y las familias participantes, lo cual fue imprescindible para completar el presente estudio.

Referencias

- Adu-Afarwuah, S., Lartey, A., Zeilani, M., & Dewey, K. G. (2011). Acceptability of lipid-based nutrient supplements (LNS) among Ghanaian infants and pregnant or lactating women. *Maternal & Child Nutrition*, 7(4), 344-356.
- Arimond, M., Zeilani, M., Jungjohann, S., Brown, K. H., Ashorn, P., Allen, L. H., & Dewey, K. G. (2015). Considerations in developing lipid-based nutrient supplements for prevention of undernutrition: experience from the International Lipid-Based Nutrient Supplements (iLiNS) Project. *Maternal & Child Nutrition*, 11(4), 31-61.
- Bhutta, Z. A., Das, J. K., Rizvi, A., Gaffey, M. F., Walker, N., Horton, S., ... & Maternal and Child Nutrition Study Group. (2013). Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: what can be done and at what cost?. *The Lancet*, 382(9890), 452-477.
- Fondo para las Naciones Unidas para la Infancia en Guatemala (2008). *Situación de la primera infancia en Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Ciliberto, M. A., Sandige, H., Ndekha, M. J., Ashorn, P., Briend, A., Ciliberto, H. M., & Manary, M. J. (2005). Comparison of home-based therapy with ready-to-use therapeutic food with standard therapy in the treatment of malnourished Malawian children: A controlled, clinical effectiveness trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(4), 864-870.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1985). Codex Alimentarius. Guidelines on nutrition labelling. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/human-nutrition/33309-01d4d1dd1abc825f0582d9e5a2eda4a74.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1991). Codex alimentarius. Guidelines on formulated complementary foods for older infants and young children. Recuperado de www.fao.org/input/download/.../CXG_008e.pdf
- Hess, S. Y., Bado, L., Aaron, G. J., Ouédraogo, J. B., Zeilani, M., & Brown, K. H. (2011). Acceptability of zinc-fortified, lipid-based nutrient supplements (LNS) prepared for young children in Burkina Faso. *Maternal & Child Nutrition*, 7(4), 357-367.
- Matías, S., Chaparro, C., Perez-Exposito, A. B., Peerson, J. M., & Dewey, K. G. (2011). Acceptability of a lipid-based nutrient supplement among Guatemalan infants and young children. Washington, DC: FANTA.
- Menchú, M., & Torun, B. (2012). *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP* (2da. Ed.). Guatemala.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Protocolo para el Tratamiento En Centros de Recuperación Nutricional de la Desnutrición Aguda Severa y Moderada sin Complicaciones en el Paciente Pediátrico*. Guatemala: Autor.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2010). *Guía operativa del protocolo para tratamiento ambulatorio de niñas y niños con desnutrición aguda severa sin complicaciones en la comunidad*. Guatemala: Autor.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Informe preliminar Prueba de aceptabilidad de PlumpyNut, en madres, niñas y niños de 6 meses a 5 años en las comunidades de Tecpan, Chimaltenango, Sanarate y El Progreso*. Guatemala: Autor.

based management of severe acute malnutrition Nearly 20 million children under five suffer from severe acute malnutrition. Recuperado de http://www.unicef.org/media/files/Community_Based_Management_of_Severe_Acute_Malnutrition.pdf

Pan American Health Organization World Health Organization (2013). ProPAN: Process for the promotion of child feeding-A tool to improve infant and young child feeding. ProPAN 2.0 software. Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5668%3A2011-propan-proceso-propan-proceso-promocion-alimentacion-nino-2013&catid=3719%3Apublications&Itemid=40004&lang=en

Phuka, J., Ashorn, U., Ashorn, P., Zeilani, M., Cheung, Y. B., Dewey, K. G., ... & Maleta, K. (2011). Acceptability of three novel lipid-based nutrient supplements among Malawian infants and their caregivers. *Maternal & child nutrition*, 7(4), 368-377.

Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2012). *El plan del Pacto Hambre Cero*. Guatemala. Autor.

Siega-Riz, A.M., Estrada Del Campo, Y., Kinlaw, A., Reinhart, G.A., Allen, L.H., Shahab-Ferdows, S., Heck, J., Suchindran, C.M., & Bentley, M.E. Effect of supplementation with a lipid-based nutrient supplement on the micronutrient status of children aged 6 to 18 months living in the rural region of Intibucá, Honduras. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. 28(3):245–254.

World Health Organization, The World Food Programme. (2007). Community-

Envejecimiento poblacional y efecto en la diabetes *mellitus* en Cuba

Population ageing and effect on diabetes *mellitus* in Cuba

Luisa Álvarez-Vázquez y Yuri Arnold-Domínguez
Instituto Nacional de Endocrinología de Cuba.
yuriarnolddominguez@gmail.com

Recibido: enero, 2016 • Aceptado: .abril, 2016

Resumen

El envejecimiento poblacional marca la situación de la población cubana, que influye de manera especial en las enfermedades no transmisibles, entre ellas la diabetes *mellitus* (DM). La incidencia de esta enfermedad es elevada, lo que se une desde hace años a la estructura de las enfermedades y los indicadores de incidencia de las enfermedades no transmisibles, por lo que es factible pensar en la relación entre ambos factores. El objetivo del siguiente trabajo es describir la situación demográfica de la población cubana y su repercusión epidemiológica en la población con DM. La investigación se clasifica como un estudio descriptivo realizado con base en información de anuarios con información estadística de indicadores de salud pública del país desde el año 2000 hasta el 2013 y publicaciones e investigaciones nacionales relacionadas con la población y con la DM. Se obtuvieron los siguientes resultados: en el país la evolución demográfica ha determinado el marcado envejecimiento; por otra parte, el análisis epidemiológico indica la disminución de enfermedades transmisibles y un aumento de las no transmisibles, en especial la DM. El comportamiento de los indicadores de la DM Tipo 1 y 2, refleja una relación con la estructura de la población, y se observa además un aumento de la mortalidad a pesar de las múltiples acciones de salud que se realizan. Se concluye que el envejecimiento de la población tiene su repercusión en la estructura de la DM, lo que provocará importantes efectos sobre la prestación de servicios de salud.

Palabras clave: Transición demográfica, dinámica poblacional, incidencia, prevalencia, mortalidad.

Abstract

Population ageing marks the status of Cuban population, influencing in a particular form on noncommunicable diseases, specifically diabetes *mellitus* (DM). The incidence of this disease is high, which has been combined since many years ago to the structure of diseases and incidence indicators of noncommunicable ones. Therefore it is possible to think about a relationship between both factors. The objective of this article is to describe the situation of population with diabetes from a demographical and epidemiological perspective. The research is classified as a descriptive study based on annual reports

with statistical information of public health indicators of the country from 2000 to 2013, and also publications and national researches related to the population and diabetes mellitus disease. According to it, the following results were found: in the country, demographical evolution has strongly determined. On the other hand, epidemiological analysis shows the reduction of transmissible diseases and an increase of noncommunicable ones, especially DM. The indicators behavior of DM Type 1 and 2 reflects a great relationship with population evolution. It is also observed an increase of death rate despite the multiple health activities done. As a conclusion it can be said that the population ageing has its impact on DM structure, which is going to cause significant effects on the health services provision.

Keywords: Demographic transition, dynamic population, effect, prevalence, death.

Introducción

El análisis de la evolución de la población en su dinámica e interrelación con los procesos económicos y sociales es difícil pues convergen diversos y múltiples factores, lo cual es signo, no solo de su complejidad, sino también de la utilidad que proporciona contar con información para tener una visión actualizada que posibilite la toma de decisiones oportunas y eficaces.

La situación actual de la población cubana, a partir de datos de los registros de las estadísticas vitales de la Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud y de investigaciones sobre salud sexual y reproductiva realizadas en el país (Álvarez, & Martínez, 2000; Álvarez, & Gonzales, 2005), brindan elementos para identificar que la nación se encuentra en la segunda etapa de la transición demográfica, la cual constituye un proceso de suma importancia y que los autores consideran irreversible. El envejecimiento poblacional es fundamentalmente el resultado del acentuado y prolongado descenso de la fecundidad en el país (Alfonso, 2006) y uno de sus efectos es el aumento de enfermedades con alto costo económico (Camacho, 2006).

El análisis de las relaciones existentes entre la población, los recursos, y la dinámica poblacional, debe partir del supuesto marxista de su abordaje desde una perspectiva histórica

y como parte de una totalidad sistémica y relacional. Para los profesionales del sector de la salud, es innegable que el sistema de salud recibe impactos al producirse cambios en las tendencias demográficas debido a la estrecha relación entre población, salud y desarrollo socioeconómico (Rojas, 2012). En el caso particular de Cuba son trascendentes las demandas que generarán una población envejecida y las presiones financieras que suponen gastos crecientes en su presupuesto (Alonso, Sansó, Díaz-Canel, Carrasco, & Oliva, 2007). Todo esto en el contexto de un nuevo modelo económico, según Resolución de la primera conferencia. (2012) Diario Granma, propio de la economía en desarrollo.

Este trabajo tiene el propósito de mostrar evidencias sobre la situación demográfica, a partir de la información disponible en anuarios (Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud, 2013; Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud, 2011), información de datos captados (Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud, 2013) y resultados de investigaciones como El descenso de la natalidad en Cuba (Gran, & López, 2003), y datos del comportamiento de la incidencia y prevalencia de la diabetes *mellitus* (DM) en la población cubana, según (Arnold, 2013; Arnold, Licea, Castelo, Pagan, & Iglesias, 2013).

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio observacional descriptivo. El universo estudiado comprendió a la población cubana hasta el año 2013; la población de estudio fue la diagnosticada como diabética. Para el diagnóstico de la DM se puede utilizar algunos de los siguientes criterios:

Síntomas de diabetes más una glucemia casual medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 200 mg/dl (11.1 mmol/l). Casual se define como cualquier hora del día sin relación con el tiempo transcurrido desde la última comida. Los síntomas clásicos de diabetes incluyen poliuria, polidipsia y pérdida inexplicable de peso.

Glucemia en ayunas medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 126 mg/dl (7 mmol/l). En ayunas se define como un período sin ingesta calórica de por lo menos ocho horas.

Glucemia medida en plasma venoso que sea igual o mayor a 200 mg/dl (11.1 mmol/l) dos horas después de una carga de glucosa durante una prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG) (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2008).

Se dispuso de información proveniente de anuarios de salud pública del país, con información estadística e indicadores hasta 2013, que disponen de información actualizada sobre las variables demográficas y sobre la incidencia, prevalencia y causa de muerte por enfermedades específicas, como la DM. Con toda esa información se hicieron comparaciones de los indicadores y se estudió la población, y se analizó la evolución de la estructura por edad de la población; se tomó en consideración bibliografía y la experiencia de los investigadores en el análisis de la información. Los datos obtenidos se representaron en gráficas para su mejor comprensión.

Resultados

En Cuba la estructura poblacional por sexo y edad está relacionada con la DM de la siguiente forma. La prevalencia de la DM aumenta con la edad: en las edades iniciales de la vida, la prevalencia se presenta en valores iguales o menores a 1 por cada mil habitantes, valor que se incrementa con la edad, y la prevalencia en las edades de 65 años o superiores alcanza el 400 por 1,000, o sea casi 4 por cada 10 personas son diabéticas (Gráfica 1).

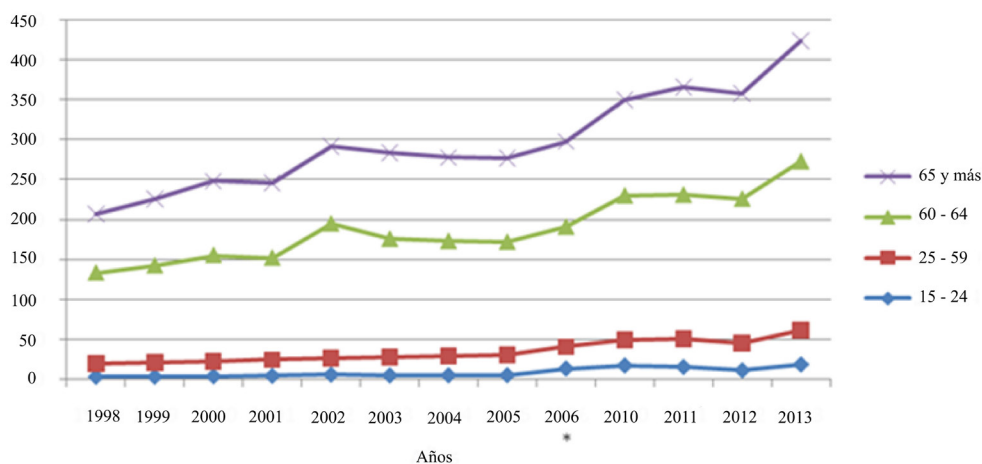


Figura 1

Tasa de prevalencia de diabetes *mellitus** por grupos de edad, Cuba, de 1998 a 2013.

* Tasas por 1000 habitantes.

* No existe información de la Dirección Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública en cuanto al año 2007.

La prevalencia de la DM en menores de 15 años presenta valores muy pequeños. Si se toma en consideración el sexo, es

también conocido que en todas las edades la prevalencia de la DM por sexo es mayor en las féminas. (Gráfica 2).

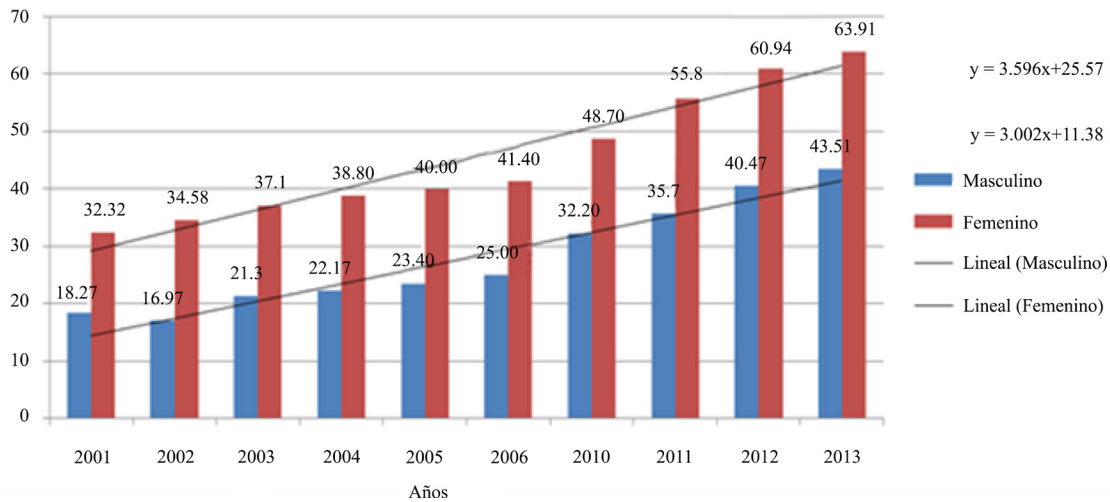


Figura 2
Tasa de prevalencia de diabetes mellitus por sexo Cuba, de 2001 a 2013.

* Tasas por 1000 habitantes.

* No existe información de la Dirección Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública en cuanto al año 2007.

* R^2 (femenino)=0,9297, R^2 (masculino)=0,9315

En la Gráfica 1 se muestra lo señalado por edad. En la Gráfica 2, lo señalado sobre el sexo. Tomando en consideración estos dos elementos de la población, se destaca que el envejecimiento poblacional es un factor fundamental para considerar lo señalado sobre su relación, pues las poblaciones envejecidas aumentan la proporción de personas de mayor edad y predomina la proporción de población femenina.

Discusión

Desde que surgió la humanidad, su estructura ha estado evolucionando y esto se ha relacionado siempre con su constante desarrollo. La estructura poblacional se modifica en relación con los cambios que se operan, debido a nacimientos y muertes.

Al establecerse en la población el proceso de transición demográfica, esta va desde una

primera etapa con altas tasas de fecundidad y mortalidad hasta la última etapa en que existe una elevada esperanza de vida (eo), y muy bajo nivel de fecundidad. Todos los países pasan por las diversas etapas de la transición demográfica, y hay trabajos donde se expresa que ya hay países que se encuentran en una etapa post transicional (OPS, 2008).

El proceso de transición demográfica tiene un singular impacto en la vida económica, política y social de un país, pues se producen cambios estructurales que traen como consecuencia modificaciones en la población, no solo económicamente activa, sino también en la que requiere de servicios de salud por cambios en las enfermedades presentes y su composición, así como de otros servicios que difieren de los establecidos de salud; además se generan tendencias económicas y sociales, que deben ser valoradas con anticipación.

Así las poblaciones pueden ser clasificadas en algunos de los seis grupos (Programa

de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2013), que son los siguientes: muy envejecidas, envejecida, con envejecimiento avanzado, envejecimiento incipiente, maduro o joven, tomando en consideración el monto de la población de 65 años y más. Cuando existe envejecimiento, o sea cuando hay proporciones de población con 65 años es en un 10% o más, existen consecuencias que repercuten en toda la población, pues las personas de más edad, al ser numerosas, requieren una atención especial si la sociedad quiere lograr mejores condiciones de vida, en que la atención de salud juega un papel preponderante.

Es conocido que al evolucionar la población se producen cambios en la mortalidad, que están relacionados con el incremento de las enfermedades no transmisibles (ENT), las cuales generalmente se producen en las personas de mayor edad, y estos grupos se incrementan. Además más de 36 millones de personas mueren cada año por las enfermedades (Organización World Health [WHO], 2013), siguientes:

Afecciones cardiovasculares (17.3 millones: 48%);
 Cáncer (7.6 millones: 21%);
 Enfermedades respiratorias crónicas (4.2 millones: 12%);
 Diabetes *mellitus* (1.3 millones: 3%).

A partir de la información de estadísticas sanitarias de la Organización Mundial de la Salud de 2012, se conoce que la mortalidad por ENT también se asocia al desarrollo económico, pues los países con mayores ingresos tienen el mayor número de ENT. La proporción de personas que mueren con enfermedades transmisibles (ET) están en los países con ingresos bajos, sin embargo, Cuba es una excepción, debido a las características de prioridad a la atención de salud que el gobierno brinda.

Indicadores de diabetes *mellitus* y la estructura poblacional cubana.

La población cubana presenta una avanzada transición demográfica (WHO, 2013): algunos autores consideran que está en la fase final y otros refieren que está en una etapa post- transicional debido a múltiples características que la acompañan a pesar de tratarse de un país subdesarrollado que en el momento actual está en un proceso de cambio de su modelo económico, en que sus características poblacionales juegan un importante papel.

La población cubana se caracteriza por su baja fecundidad (Alfonso, 2006), lo que es un proceso de años que en 2012 ya era de 0.82 hijas por mujer, es decir, desde hace años las mujeres no se reproducen a sí mismas, la *eo* tiene un elevado valor para ambos sexos: 77.97 años, y otro indicador, la mortalidad infantil, es bajo: 4.9 por cada 1000 nacidos vivos. Esta situación caracteriza al país como muy envejecido, aunque aún persisten algunas diferencias territoriales, pues muchas provincias occidentales, como La Habana y Matanzas, y centrales como Villa Clara, están muy envejecidas, mientras que en la zona oriental hay provincias con envejecimiento avanzado.

Las estimaciones realizadas de la población, pronostican que la proporción de personas de 65 años y más se incrementará y se espera que para el 2035 ya llegue al 23%, por lo que a partir de esa fecha la población cubana comenzará a decrecer (International Diabetes Federation, 2013). Esto se acompaña de algunos resultados que hay que destacar: 1) mujeres en edad fértil, que a partir del 2030 constituirán el 20%; 2) el grupo de mujeres de 15-64 años tiende a decrecer estructuralmente, con menores proporciones en las poblaciones más jóvenes; 3) desde el 2015 comienza el impacto en edad laboral y fértil; y 4) aparece la inversión de la población

entre menores de 15 años y de 60 años y más, por disminución de la proporción de los menores y aumento de los de más edad.

Aunque se utilice otra forma de medir el envejecimiento, los resultados son similares. La población de 60 años y más se reporta de 19.0% en 2012, lo cual equivale a señalar un alto grado de envejecimiento. Esta situación por provincias indica que las provincias La Habana, con 22.6%, y de Villa Clara, con 22.3%, son las más envejecidas del país, pero Sancti Spiritus con 20.0%, Mayabeque con 19.5%, Matanzas con 19.2%, Cienfuegos con 18.9%, Pinar del Río con 18.4 % y Camagüey con 18.3% son provincias con un envejecimiento superior al 18%.

Es sabido que la mortalidad por DM por edad es más alta en los hombres que en las mujeres, por lo que en las poblaciones se encontraron más mujeres que hombres a edades mayores, lo que indica que la población de edades mayores corre más riesgo de enfermar por estar compuesta por más mujeres, y además es conocido que las mujeres demandan más atención médica y asisten más a los centros de salud.

Estos resultados indican la necesidad de valorar algunos aspectos que ocurrirán en el futuro y que tendrán influencia en el comportamiento de las ENT como la DM.

En primer lugar, se incrementarán las enfermedades crónicas degenerativas propias de edades de mayor riesgo.

En segundo lugar, incrementarán los embarazos en edades mayores de 30 años, lo que puede llevar a un aumento de la mortalidad materna por los riesgos y esto no permitirá modificar el comportamiento de la fecundidad, aspecto a considerar pues esta variable es determinante del envejecimiento.

En Cuba, de 1990 a 2013 se ha incrementado el peso de las ENT de 64% a 66.2%, aunque

en el comportamiento de la DM por grupos de edad muestra que las tasas de prevalencia incrementan con la edad, encontrándose las mayores tasas en el grupo de 65 años y más.

De acuerdo a lo señalado sobre la magnitud de la prevalencia, esta se incrementa no solo por la edad, sino también por el sexo, pues las féminas son más y existe mayor número de ellas en las edades de mayor riesgo de padecer la enfermedad. La información sobre DM (WHO, 2013) indica que 382 millones de personas padecen de DM en el mundo, para una prevalencia de 8.3%. Esta prevalencia es elevada en América del Norte y el Caribe, donde 36,755 personas viven con DM, 11% y en segundo lugar en el Medio Oriente y África del Norte 34,571 o sea, el 9.2%.

En Cuba las cifras reportadas muestran que la DM se ha incrementado. En el 2001, la prevalencia reportada era de 25.3 por 1,000 habitantes y en 2013 casi se duplica al llegar a 53.7 por 1,000 habitantes (Arnold, & Licea, 2013). En América Latina un gran problema de salud es la DM tipo 2, lo que afecta a los servicios de salud. En esta región, el número de casos esperados para el 2030 es mayor que el pronosticado para otras áreas, lo cual podría ser superior, ya que según el reporte de la Federación Internacional de Diabetes (FID) (OPS, 2008), más del 45% de los pacientes con DM ignoran su condición.

Referencias

- Alfonso JC. (2006) El descenso de la fecundidad en Cuba: de la Primera a la segunda transición demográfica. *Revista Cubana Salud Pública*. 32(1). 12-21
- Álvarez Vázquez, L., & Martínez, M.T. (2000), Anticoncepción y aborto en Cuba, en E.A. Pantelides, & S. Bott (Eds.), Reproducción, salud y sexualidad en América Latina,

- Buenos Aires, Editorial Biblos, pp.73-98.
- Álvarez, L., & González, V. (2005) *Percepciones y comportamientos en adolescentes: Una perspectiva de la salud reproductiva por género*. La Habana, Editorial MINSAP.
- Alonso, P., Sansó, F.J., Díaz-Canel, A.M., Carrasco, M., & Oliva, T. 2007. Envejecimiento poblacional y fragilidad en el adulto mayor. *Revista Cubana Salud Pública*, 33(1),11-17.
- Arnold, Y. (2013) *Vigilancia epidemiológica en diabetes mellitus 2012*. Presentación: Comisión Nacional Técnica Asesora de Diabetes mellitus, La Habana, marzo.
- Arnold, Y., Licea, M., Castelo, L., Pagan, P., & Iglesias, I. (2013) Mortalidad por causa básica de diabetes mellitus en Cuba, 2000-2009. *Revista peruana de epidemiologia 2013*, 17(1).
- Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud (2012). Anuario Estadístico de Salud Pública 2011. La Habana. Recuperado de <http://www.sld.cu/servicios/estadistica/>
- Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud (2014). Anuarios Estadísticos de Salud Pública 2013 (1ra. Ed.), La Habana, Author.
- Gran M.A., & López, L.M. (2003) El descenso de la natalidad en cuba. *Revista Cubana Salud Pública*, 29 (2), 132-138.
- International Diabetes Federation (IDF) (2013). The IDF Diabetes Atlas. (6th. Ed). IDF. Washington DC. 14-109
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2013). Informe sobre Desarrollo Humano. Recuperado de http://www.undp.org/content/dam/venezuela/docs/undp_ve_IDH_2013.pdf
- Resolución de la primera conferencia nacional acerca de los objetivos de trabajo del partido. (2012, enero). *Diario Granma*. Recuperado de <http://www.granma.cu/granmad/2012/01/30/nacional/artc08.html>.
- Rojas Ochoa, F. (2011) Políticas sociales y salud de la población. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37 (4), 362-365.
- Global Action Plan For the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020 Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf

Artículo de revisión

Elementos para evitar errores en el diseño de investigaciones en ciencias de la salud

Elements to avoid mistakes in the design of research in health sciences

André Chocó

Clínica de Enfermedades Infecciosas, Hospital Roosevelt.
panteisme@gmail.com

Recibido: mayo, 2015 • Aceptado: abril, 2016

Resumen

La Estadística y el rigor metodológico deben guiar una investigación en todo su desarrollo para asegurar la coherencia investigativa; el desconocimiento y el uso incorrecto de las herramientas estadísticas y metodológicas se traduce en investigaciones con discutible validez interna, reflejada en errores. En este artículo se revisan los elementos necesarios para evitar errores metodológicos y estadísticos en la fase del diseño de una investigación en el contexto de las ciencias de la salud. Se abordan los diferentes tópicos con un enfoque crítico y haciendo uso de diversos ejemplos de investigaciones reales. Una vez planteado correctamente un problema de investigación debe elegirse el diseño que esté más protegido de posibles sesgos; el muestreo debe asegurar la representatividad y adecuación en tamaño de la muestra, así como la definición precisa de criterios de selección. Para aplicar una herramienta estadística deben evaluarse: el tipo y escala de las variables dependientes e independientes, la cantidad y grado de independencia de los grupos de comparación, el alcance y tipo de investigación, entre otros.

Palabras clave: Coherencia investigativa, herramienta estadística, validez interna, error metodológico, error estadístico.

Abstract

Statistics and methodological rigor should guide a research in the whole process in order to assure the research coherence. The lack of knowledge and the appropriate use of statistical a methodological tools becomes to researches with doubts about internal validity, showed in systematic mistakes and other kind of mistakes. In this article needed elements were systematically examined to avoid these mistakes especially in the design phase of a research, talking in the context of health sciences. These topics were focused in critical form and using several examples of real researches. Once a research problem is correctly set, a design will be chose, the one that is most protected of possible bias. The sampling must assure the representativeness and appropriateness of the sample size, as well as an accurate definition of selection criteria. To apply a statistical tool it is necessary to evaluate: the type and scale of dependent and independent variables, quantity and rate of independence of comparison groups, extent and research type, among others.

Keywords: Consistency research, statistical tool, internal validity, methodological errors, statistical errors.

Introducción

La importancia de la Estadística en la investigación clínica y epidemiológica radica en proporcionar herramientas que conviertan las observaciones clínicas y de laboratorio en aseveraciones cuantitativas sobre los efectos, y la magnitud de los mismos, que tiene una o varias intervenciones sobre un grupo de paciente (Glantz, 2006). Sin embargo, se debe garantizar que estas aseveraciones, como respuestas a preguntas de investigación, sean válidas y precisas a través de un diseño capaz de disminuir la probabilidad de errores que conduzcan a una respuesta equivocada (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000). La validez interna es el grado en que los resultados de una investigación son correctos para los participantes del estudio. Está determinada por la selección adecuada del diseño, la recogida de datos y el análisis, y amenazada por los errores sistemáticos y la variación debida al azar (Fletcher, Fletcher, & Wagner, 1998).

Este artículo tiene como objetivo exponer sistemáticamente los elementos necesarios para evitar errores metodológicos y estadísticos que se presentan en la fase del diseño de una investigación.

En cada sección se abordan las definiciones necesarias con un enfoque crítico, las cuales se complementan con ejemplos aplicados a investigaciones en el campo de las ciencias de la salud. Para desarrollar esta revisión se utilizaron textos que gozan de prestigio entre investigadores y docentes de Latinoamérica y Estados Unidos; se consultó en su mayoría publicaciones recientes: sin embargo, también debieron ser consultados otros textos menos recientes, debido a que pueden considerarse como básicos, por la importancia de que gozan. Además, se utilizaron como fuente de información algunos artículos de revisión.

Como primer punto se tratará el tema del diseño del estudio, explicando la nomenclatura

básica del tipo de investigación y de diseños específicos utilizados en la investigación epidemiológica, haciendo énfasis en que la idoneidad del diseño y del muestreo influye directamente sobre la validez del estudio. A continuación, se hablará sobre el diseño de muestreo, dividiendo este tópico en dos subtemas: los métodos de muestreo y el cálculo del tamaño de muestra. Finalmente se discutirán los diferentes métodos estadísticos disponibles, agrupándolos en descriptivos, inferenciales, multivariantes y epidemiológicos, aunque debe quedar claro que actualmente hay otras modalidades y enfoques de análisis para investigaciones cuantitativas.

Contenido

Diseño del estudio

Las decisiones metodológicas se orientan según el problema de investigación, a través del diseño, que consiste en la planificación de las actividades para solucionar los problemas o responder a las preguntas planteadas. Tanto en la investigación cuantitativa como en la cualitativa, para cada tipo de pregunta existe un diseño que resultará más apropiado (Hernández Ávila, 2007; Ruiz, & Morillo, 2004).

Jerarquía de la investigación

Es prioritario indicar que existe una jerarquía en la investigación, y que la mayor evidencia metodológica para aportar información sólida en cuanto a la determinación de la asociación entre variables dependientes e independientes, estará dada por los estudios experimentales, seguida de los estudios analíticos y finalmente los estudios observacionales (Villa-Romero, Moreno Altamirano, & García de la Torre, 2012). En general, cuanto más se aleje de los

estudios experimentales una investigación, menos protegerá el diseño de investigación frente a los posibles sesgos, y más débiles serán las evidencias de la asociación entre variables (Fletcher y otros, 1998). Con relación a la evidencia que sustenta la asociación entre variables, las investigaciones se pueden ordenar, de mayor a menor evidencia, según la siguiente jerarquía: Experimentos aleatorizados > cuasi experimentos > pre experimentos > estudio de cohortes prospectivo > estudio de cohortes retrospectivo > estudio de casos y controles > estudio transversal analítico.

Es frecuente encontrar que los objetivos que han sido enunciados en una investigación no podrían ser alcanzados con el diseño propuesto: es prioritario distinguir entre el diseño planteado en una investigación y el diseño que realmente se utilizó según los procedimientos de diseño de muestreo, recolección, tabulación y análisis de datos utilizados. Pues bien, si lo que realmente se hizo fue un estudio descriptivo, tomando en cuenta que no se contó con un grupo control, aunque previamente se haya pensado en un estudio transversal analítico, no se podrá evaluar la asociación entre una posible variable respuesta y una variable independiente; si fuese el caso que sí se realizó un estudio transversal analítico entonces no se puede hablar de investigar factores de riesgo, porque esto solo se puede realizar con un estudio de casos y controles, uno de cohortes o uno experimental, mientras que lo que puede evaluarse en un estudio transversal analítico es la asociación estadística puntual (transversal) entre dos variables, debido a la simultaneidad de la medición de la variable respuesta y la variable independiente (Altman, 1998; Ercan y otros, 2007; Strasak, Zaman, Pfeiffer, Gobel, & Ulmer, 2007).

Sesgos

Aquí se hablará de los sesgos o errores sistemáticos, y su importancia en el diseño

de investigación. Los sesgos más importantes son los siguientes: a) el sesgo de selección, que se relaciona con la forma de identificar y seleccionar a los individuos para un estudio; b) el sesgo de medición, que ocurre cuando el procedimiento usado para identificar la presencia de la respuesta varía o se modifica según la presencia o la ausencia del factor de estudio; y c) el sesgo de confusión, que ocurre cuando dos factores están asociados entre sí y el efecto de uno está confundido con otro o distorsionado por el efecto de otro (Bonita, Beaglehole, & Kjellstrom, 2006; Fletcher y otros, 1998, Velasco-Rodríguez, Martínez-Ordaz, Roiz-Hernández, Huazano- García, & Nieves-Rentería, 2002).

Es frecuente encontrar en las investigaciones la comparación de grupos que no son equivalentes con relación a sus características sociodemográficas y clínicas, y por tanto la variable respuesta podría estar presente con mayor frecuencia en uno de esos grupos, posiblemente debido a la diferencia entre las características. Por ejemplo, se compara la letalidad entre dos grupos de pacientes, pero resulta que el grupo “A” tiene un cuadro clínico de mayor gravedad que el grupo “B”; si la letalidad es mayor en el grupo “A”, ¿se deberá a que ellos están más enfermos o a la variable independiente que sirve para clasificarlos como grupo “A” o “B”? El anterior es un ejemplo de sesgo de selección (Fletcher y otros, 1998).

Ahora se ejemplificará el sesgo de medición. Si se comparan los niveles de alguna prueba clínica entre dos grupos, sanos y enfermos podría tenerse mayor cantidad de determinaciones de estas pruebas en el grupo de enfermos dado que ellos tienen un seguimiento clínico y de laboratorio rutinario, y posiblemente la medición de estas pruebas se realice con mayor cuidado que en personas sanas que constituirán el grupo control. Finalmente se dará un ejemplo sobre el sesgo de confusión. En muchas investigaciones se

concluye que hay asociación estadística entre dos variables, mas esa asociación no parece ser lógica ni verosímil; esto apuntará a la necesidad de realizar análisis estadísticos estratificados si es que en el estudio se han recolectado variables que podrían estar asociadas simultáneamente a la variable dependiente e independiente, estas variables son conocidas como variables confusoras (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Fletcher y otros, 1998; Hernández Ávila, 2007; Lodoño, 2010; Ruiz, & Morillo, 2004; Szklo, & Nieto, 2003; Villa Romero y otros, 2012). En un estudio para comparar los valores en la densidad mineral ósea entre pacientes que reciben dos tratamientos, será necesario hacer análisis separando a hombres de mujeres, y en diferentes grupos de edad; dado que sexo y edad son variables que están asociadas al nivel de densidad mineral ósea, si los análisis no se realizan de forma estratificada podrían actuar como variables confusoras, sesgando los resultados. Lo concerniente al sesgo de muestreo será tratado en la sección siguiente.

Diseño de muestreo

El diseño de muestreo es una etapa crítica de la planificación de una investigación, y cuyas deficiencias repercutirán directamente en la validez de los resultados y en las decisiones tomadas con base en los mismos (Bethlehem, 2009; Elorza, 2008), una muestra que se ha seleccionado correctamente puede representar a la población de la que fue extraída, y por tanto, permitirá que los resultados puedan extrapolarse a un número mayor de personas (validez externa) (Ruiz, & Morillo, 2004). En el diseño de muestreo se tendrá que especificar: a) la definición de la población en estudio, b) el tamaño de muestra o cantidad mínima de personas que se requieren estudiar, c) método para seleccionar la muestra y d) el marco de donde se seleccionará la muestra (Bethlehem, 2009; Stopher, 2012; Velasco Rodríguez y otros, 2002). En la redacción del protocolo es necesario establecer con

gran precisión los criterios de selección de los sujetos que se incluirán en el estudio (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Ruiz, & Morillo, 2004).

Errores de muestreo

Los errores relacionados con la muestra y el proceso de muestreo ocurren cuando: a) la muestra no es representativa: es decir, la muestra seleccionada no posee todas las características importantes de la población de la que se tomó, incluyendo el número suficiente de miembros de todos los subgrupos en los que se divide la población de origen; b) la muestra no es adecuada en tamaño (Ercan y otros, 2007; Fletcher y otros, 1998; Stopher, 2012; Strasak y otros, 2007; Velasco Rodríguez y otros, 2002).

Se discutirán ahora los errores que pueden afectar la representatividad y adecuación de la muestra a partir de sesgos de muestreo. El sesgo de muestreo puede ocurrir en las siguientes ocasiones: a) las personas seleccionadas para el estudio no participan o no responden total o parcialmente; b) en el estudio participan solamente voluntarios; tanto para este caso como para el anterior, resulta prioritario preguntarse si los sujetos que no respondieron difieren de manera crítica de los que sí lo hicieron; además, un muestreo de pacientes voluntarios no es un muestreo aleatorio; c) tomar una muestra solo de personas registradas; d) pérdida de casos de corta duración; e) sesgo estacional: algunas enfermedades estarán influenciadas por la estación del año, por lo que estudiar su frecuencia y factores asociados en diferentes estaciones dará diferentes resultados; f) realización del muestreo solamente en áreas accesibles; g) sustitución de un miembro conveniente por un miembro designado; h) elección deliberada o que busca una muestra representativa (muestra de juicio, pues el investigador emplea su propio juicio para elegir las unidades específicas); i) no

comparabilidad de los grupos; por ejemplo, en un estudio donde se compara la letalidad asociada a una enfermedad micótica sistémica en un grupo de pacientes con inmunodeficiencia humana y el síndrome de inmunodeficiencia adquirido (VIH/sida) y otro de pacientes sin VIH, debería asegurarse que los grupos fuesen comparables, para que factores como la edad avanzada y la presencia de enfermedades crónicas no sesguen los resultados, pues estos factores son más frecuentes en los pacientes con VIH, y un aumento en la letalidad en este grupo podría atribuirse erróneamente al único hecho de tener VIH (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Bethlehem, 2009; Loht, 2000; Scheaffer, Mendenhall, & Ott, 1987; Stopher, 2012; Velásco Rodríguez y otros, 2002).

Como podría deducirse de lo expuesto anteriormente, la existencia de marcos de muestreo incompletos es una fuente importante de sesgo, como lo será la total inexistencia de los mismos o de los estratos (y su tamaño) que conforman la muestra. Un marco utilizable es aquel cuyos elementos coinciden con la población de interés (Bethlehem, 2009; García, López, Jiménez, Ramírez, Lino, & Reding, 2014).

Métodos de muestreo

En este punto conviene hablar de la aleatorización y de los métodos de muestreo. Una muestra aleatoria es aquella donde cada individuo tiene la misma probabilidad de ser seleccionado y una muestra probabilística aquella en la que cada individuo tiene una probabilidad conocida de ser seleccionado (Fletcher y otros, 1998). Los procedimientos de aleatorización influyen positivamente en la posible y muy probable elección de una muestra representativa; sin embargo, conviene indicar que también el azar puede seleccionar (pero con poca probabilidad) una muestra no representativa de una población (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Velasco Rodríguez y otros, 2002). Los

métodos de muestreo no probabilísticos podrían estar sesgados, y por tanto, no necesariamente representarían a la población original. Estos métodos son los más usados en la investigación biomédica (Barton, & Peat, 2014; Elorza, 2008; Fletcher y otros, 1998; Pagano, 2013; Strasak y otros, 2007).

La construcción de un marco de muestreo utilizable depende del conocimiento de los pacientes en su contexto, y por supuesto, de la definición detallada y precisa de los criterios de selección (García y otros, 2014). Por ejemplo, se realiza una investigación en pacientes jóvenes con diabetes tipo II que asisten regularmente a una clínica de seguimiento, donde se estudiará la función renal a través de diversas pruebas clínicas y paraclínicas, entre las cuales está contemplada la realización de una tomografía axial computarizada (TAC) renal, y se elige utilizar un muestreo sistemático con base en datos históricos de la institución. A través del muestreo sistemático, es posible que algunas mujeres embarazadas sean seleccionadas, lo cual será problemático, pues en ellas está contraindicada la TAC renal, y deberá por tanto excluirlas y, en consecuencia, se necesitará más tiempo para alcanzar el tamaño de muestra requerido, por no haberse construido correctamente el marco de muestreo.

Además, existen otros métodos de muestreo que se utilizan cuando la población de referencia es muy grande y está dispersa. En estos casos frecuentemente se combinan diferentes métodos con el objeto de minimizar los costos o maximizar los resultados. En el muestreo por etapas, se extraen muestras cada vez más pequeñas obtenidas de muestras más grandes en etapas sucesivas, hasta tener la representatividad de las unidades de la población que se desea estudiar. La muestra es fácil de seleccionar ya que las unidades están físicamente unidas en grupos en lugar de estar diseminadas en la población (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000;

Ruiz, & Morillo, 2004; Velasco Rodríguez y otros, 2002). Como ejemplo se plantea un estudio para determinar infección por *Brucella abortus* en personas que trabajan en el ordeño de ganado bovino en fincas de una región costera. Se calculó una muestra para estudiar la prevalencia de la infección que resultó en 217 individuos (tamaño poblacional no especificado, prevalencia estimada a priori del 10%, error tipo I del 5% y error de muestreo del 4%). Las unidades de muestreo (fincas) correspondieron a 78 fincas positivas a brucelosis, según estadísticas del ministerio correspondiente. Ya sea que la distribución de la muestra en cada estrato se realice proporcionalmente a su tamaño o de manera uniforme, en promedio deberían estudiarse 3.19 individuos por finca si se decide estudiar cada finca: ello implica un gran reto logístico para acudir a cada una de las fincas, pero de poca inversión pues la cantidad de personas que deberían tomarse de cada finca es muy pequeña lo cual repercute en la representatividad y adecuación de la muestra por cada unidad de muestreo.

Para el ejemplo anteriormente descrito, un muestreo polietápico podría sugerir la selección de no todas las unidades de muestreo buscando información adicional para reconocer conglomerados, por ejemplo, de tipo geográfico, con capacidades técnicas y de tamaño similar, índice de higiene, número de casos detectados con anterioridad, etc. De tal forma, si la muestra total se divide en un número menor de unidades de muestreo posiblemente se planteen menores dificultades logísticas y muestras más grandes en las unidades de muestreo seleccionadas, que probablemente las representen mejor (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000).

Criterios para selección de las muestras

Los criterios de inclusión y exclusión permiten al investigador seleccionar su

población de estudio, y al lector, decidir si puede o no extrapolar los resultados a sus pacientes: a) los criterios de inclusión permiten definir y caracterizar la población del estudio; b) los criterios de exclusión indican que quien ya cumplió los criterios de inclusión tendrá que ser excluido por alguna razón (Ruiz, & Morillo, 2004). Por lo anterior, no es correcto escribir criterios de exclusión como aquellos contrarios a los criterios de inclusión. Por ejemplo, si en un estudio para evaluar las alteraciones en la tasa de filtración glomerular en pacientes con VIH con tratamiento antirretroviral, uno de los criterios de inclusión es: “pacientes que tengan resultados de creatinina sérica, peso, talla y edad registradas para estimar la depuración de creatinina”, entonces, un criterio de exclusión no podrá ser “pacientes que NO tengan resultados de creatinina sérica, peso, talla y edad registradas para estimar la depuración de creatinina”, pues un criterio de exclusión deberá ser complementario, por ejemplo: “pacientes que además de la terapia antirretroviral recibieron tratamiento con algún otro medicamento nefrotóxico, como los aminoglucósidos o la anfotericina B”.

Cálculo del tamaño de la muestra

La determinación del tamaño de muestra necesita una idea a *priori* de los resultados que se obtendrán: en un cálculo de tamaño de muestra, una fórmula solo es una herramienta donde se computan datos obtenidos de estudios previos, de opiniones de expertos o de estudios piloto (Cárdenas, & Arancibia, 2014; Prajapati, Dunne, & Armstrong, 2010; Velasco Rodríguez y otros, 2002). Por ejemplo, si se desea investigar los valores de presión arterial de estudiantes de medicina que realizan prácticas en servicios de salud estatales, no podrá utilizarse ninguna fórmula para el cálculo de muestra si no se tiene una idea de los niveles de presión arterial sistólica y diastólica de estos estudiantes y de la variación de tales niveles.

Según la pregunta de investigación, se deben usar diferentes métodos de cálculo del tamaño de la muestra (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Velasco Rodríguez y otros, 2002). El método y la fórmula utilizada varían dependiendo de si lo que se busca es determinar la frecuencia de una enfermedad o síndrome, estimar los valores promedio de alguna prueba bioquímica en un grupo de pacientes, comparar los niveles de la prueba bioquímica en dos o más grupos de individuos, o evaluar la correlación entre una prueba bioquímica y otra antropométrica en un grupo de pacientes. Se puede observar frecuentemente que para investigaciones con diferentes diseños y preguntas de investigación se utiliza la misma fórmula, que únicamente debería utilizar para el cálculo del tamaño de muestra en aquellos estudios que buscan estimar una proporción poblacional, es decir, las investigaciones descriptivas, cuyo objetivo principal consiste en determinar la frecuencia de aparición de un suceso, enfermedad o fenómeno en un conjunto mayor de observaciones; fórmula que se muestra a continuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2(N-1) + (Z_{\alpha}^2 * p * q)}$$

Particularmente en los estudios con personas, para el cálculo de tamaño de muestra, debe lograrse un equilibrio entre lo deseable y factible, dependiendo de la disponibilidad de tiempo, accesibilidad, presupuesto, entre otros factores (Velasco Rodríguez y otros, 2002). El tamaño máximo de la muestra se fijará con base en los recursos disponibles, mientras que el tamaño mínimo, se fijará según las necesidades del plan de análisis (Pineda, & De Alvarado, 2008). Con una muestra demasiado pequeña se corre el riesgo de no detectar resultados válidos, es decir equivocarse al dar una respuesta; con una muestra demasiado grande se expone a

los sujetos a un riesgo de forma innecesaria y se desperdician recursos (Frías, Pascual, & García, 2000; Prajapati y otros, 2010; Velasco Rodríguez y otros, 2002); además de eso se corre el riesgo de detectar asociaciones o diferencias espurias (Szklo, & Nieto, 2003).

Los cálculos del tamaño de la muestra pueden clasificarse en dos tipos: los utilizados para estudios descriptivos (estimación de parámetros estadísticos, estimación de frecuencias poblacionales) y los utilizados para estudios analíticos (comparaciones, asociación de variables) (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Datallo, 2008; Lwanga, & Lemeshow, 1991; Silva, 1997; Velasco Rodríguez y otros, 2002). Conocer el tamaño poblacional no es imprescindible para realizar el cálculo del tamaño de la muestra en los estudios analíticos; únicamente servirá conocerlo para el proceso de selección de las muestras (Velasco Rodríguez y otros, 2002). Para finalizar esta sección, vale la pena recordar que en un tamaño de muestra debería realizarse un ajuste de pérdidas por seguimiento, sobre todo en estudios analíticos donde se realiza seguimiento a través del tiempo (Ruiz, & Morillo, 2004).

Diseño de análisis de datos

En esta sección se considerarán los aspectos fundamentales para elegir procedimientos de estadística descriptiva e inferencial en función de los objetivos propuestos, las variables utilizadas, entre otros.

Criterios para elegir pruebas estadísticas

Un plan de análisis consiste en la evaluación, procesamiento y presentación de la información obtenida a través de los datos recolectados. Las pautas sobre el análisis final de la información dependerán de: a) el correcto planteamiento de los objetivos; b) la formulación de la hipótesis, la cual proviene de la pregunta de investigación y que deberá estar enunciada de forma

estadística, haciendo referencia a un parámetro (proporción, media, diferencia de proporciones, coeficiente de correlación, OR, etc.) y a la variable (o variables) para la cual se calculará dicho parámetro; además deberá redactarse de acuerdo al análisis estadístico propuesto; c) el tipo de estudio: en estudios descriptivos se utilizará estadística descriptiva y estimación de parámetros (intervalos de confianza), mientras que en estudios analíticos estadística descriptiva y técnicas de inferencia estadística para evaluación de hipótesis; d) el tamaño de la muestra y el método de muestreo utilizado; e) la escala de medida de las variables utilizadas (tanto dependientes como independientes; f) el carácter apareado o independiente de los grupos de comparación, ya que en los estudios apareados (también llamados relacionados o de medidas repetidas), dado que los sujetos son los mismos, existe menor variación en las mediciones, lo cual permite el uso de pruebas más potentes; g) las condiciones de aplicabilidad específicas, que incluyen la evaluación de la normalidad de datos cuantitativos, evaluación de la homocedasticidad (igualdad de varianzas de los grupos de comparación) y la potencia requerida (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Baptist, Röhrig, Hommel, & Blettner, 2010; Gomez, Danglot, & Vega, 2013; Jaykaran, 2010; Ruiz, & Morillo, 2004; Siegel, 1970).

Estadística descriptiva

La presentación descriptiva de los resultados es el primer paso en la evaluación de los mismos; es el punto de partida indispensable para procedimientos metodológicos más complejos como las pruebas inferenciales y los métodos multivariados de análisis (García y otros, 2014). Aquí se mencionan algunos procedimientos: a) las tablas de frecuencias absolutas y relativas; b) gráficas; c) estadísticos para una variable de resumen, de posición, de dispersión y de

forma; d) estadísticas de asociación como los coeficientes de correlación, coeficiente de contingencia y otros para variables ordinales (Barton, & Peat, 2014; Blair, & Taylor, 2008; Bluman, 2009; Cobo, Muñoz, & González, 2007; Johnson, & Kubly, 2004; Pagano, & Gauvreau, 2001).

Estadística inferencial

La estadística inferencial se divide en dos grupos de procedimientos/enfoques: a) los intervalos de confianza y b) las pruebas de hipótesis. En los primeros se evalúa el grado de certeza con que los parámetros están incluidos en un intervalo calculado a través de una muestra; en los segundos, se evalúa, según los datos de la muestra, si hay suficiente evidencia para rechazar una hipótesis nula de no efecto, no asociación o no diferencia según grupos de comparación o parejas de variables contrastadas (Altman, Machin, Bryant, & Gardner, 2000; Daniel, & Chad, 2013; Elorza, 2008).

Las pruebas de hipótesis pueden clasificarse en dos grupos: a) las pruebas paramétricas: que utilizan datos cuantitativos en las que suelen realizarse determinadas presuposiciones sobre la distribución de las variables en las poblaciones que están comparándose; b) las pruebas no paramétricas, menos potentes que sus equivalentes paramétricas; aquellas donde la variable respuesta no posee una distribución normal o aquellas en las que no es posible determinar si se cumplen las asunciones (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Blair, & Taylor, 2008; Daniel, & Chad, 2013; Johnson, Johnson, & Bhattacharyya, 2010; Moreno Altamirano, 2013; Pagano, 2013).

Entre las pruebas estadísticas paramétricas se pueden mencionar: a) la prueba de T de Student y la prueba de Z, para contrastar una variable cuantitativa entre dos grupos independientes; b) el análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de Welch, para

contrastar una variable cuantitativa entre tres o más grupos; c) la correlación de Pearson, para evaluar la magnitud de la asociación entre dos variables cuantitativas continuas; d) la regresión lineal, para predecir el valor medio de una variable cuantitativa a partir de una variable independiente cuantitativa; e) las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey, Duncan y Dunnett, entre otras; f) la T para datos apareados; g) el análisis de varianza de medidas repetidas para variables relacionadas en más de dos grupos (Barton, & Peat, 2014; Blair & Taylor, 2008; Forthofer, Lee, & Hernández, 2007; Geoffrey, & Streiner, 2014; Glantz, 2006; Gonin, Fisher, & Van Belle, 2004; Peacock, & Peacock, 2011).

Dentro de las pruebas no paramétricas, están: a) la prueba de signos para una muestra; b) las pruebas de bondad de ajuste D'Agostino-Pearson y de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de un conjunto de datos cuantitativos; c) la prueba de las rachas para evaluar aleatoriedad; d) la prueba binomial, para variables dicotómicas; e) las pruebas de signos y de rangos signados de Wilcoxon para contrastar una variable cuantitativa no paramétrica entre dos grupos relacionados; f) las pruebas de Mann-Whitney y de la suma de rangos de Wilcoxon, para contrastar una variable cuantitativa no paramétrica entre dos grupos independientes; g) las pruebas de la mediana y de Kruskal-Wallis, para contrastar una variable cuantitativa no paramétrica en tres o más grupos independientes; h) las pruebas de Friedman y Cochran, para contrastar una variable cuantitativa no paramétrica entre tres o más grupos relacionados; i) la correlación no paramétrica de Spearman, para dos variables cuantitativas; j) la prueba de ji cuadrado de tablas de contingencia, para asociar dos variables cualitativas independientes; y k) la prueba de McNemar para asociar dos variables cualitativas dicotómicas relacionadas (Blair, & Taylor,

2008; Daniel, & Chad, 2013; Forthofer y otros, 2007; Geoffrey, & Streiner, 2014; Glantz, 2006; Gonin y otros, 2004; Kraska, 2014; Moreno Altamirano, 2013; Sheskin, 2004; Siegel, 1970).

Métodos multivariados de análisis

Los métodos multivariados de análisis se utilizan cuando existe una variable dependiente (variable respuesta) y múltiples variables independientes (factores de estudio y posibles variables confusoras, intervinientes, etc.). Se usan con finalidades de predicción, descripción o de estimación del efecto de las variables independientes controlando las variables confusoras. Entre las técnicas con que pueden identificarse tanto variables dependientes como independientes (métodos de independencia) se pueden mencionar: el análisis discriminante, el análisis conjunto, los modelos de segmentación jerárquica y los métodos predictivos conocidos como métodos de regresión (regresión logística, regresión de Cox); por otra parte, las técnicas descriptivas (métodos de interdependencia) no distinguen las variables independientes de las dependientes, y se usan para reducir la cantidad de variables o formar agrupaciones basadas en variables u observaciones; entre ellas se encuentran: el análisis factorial, el análisis de componentes principales, el análisis de conglomerados, el análisis de correspondencia, los árboles de clasificación y el escalamiento multidimensional (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Catena, Ramos, & Trujillo, 2003; Johnson, 2000; Johnson, & Wichern, 2007; Juez, & Diez, 1997; Peña, 2002; Pérez, 2004). Además, existen métodos de respuesta múltiple, es decir aquellos con que se explica más de una variable, como es el caso del análisis canónico y los métodos multivariados de la varianza y la covarianza (Johnson, 2000; Pérez, 2004).

Los métodos multivariados exigen, antes de su aplicación, la realización de análisis

univariantes para conocer las posibles relaciones entre variables; así como la evaluación de datos ausentes y datos anómalos; y la comprobación de los supuestos subyacentes: esta información previa, así como técnicas específicas para cada tipo de análisis orientarán la selección de las variables a incluir (Pérez, 2004). Resulta prioritario advertir que la aplicación de un modelo multivariante no debe sustituir el desarrollo previo de un modelo conceptual, con el fin de asegurar la parsimonia del modelo: incluir variables irrelevantes no solo limita la generalización de los resultados sino podría enmascarar el efecto verdadero de ciertas variables debido a la multicolinealidad (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1999).

Mediciones epidemiológicas

Finalmente se hablará de las mediciones epidemiológicas: a) las que investigan la frecuencia de una enfermedad o evento de salud; y b) las que investigan la asociación o cuantifican el riesgo de que se presente una enfermedad o evento en función de las características sociodemográficas, clínicas, epidemiológicas, y de otro tipo, de los individuos de estudio; o de la aplicación de intervenciones. Las medidas de frecuencia epidemiológicas son: a) la prevalencia, que evalúa la proporción de individuos en los que está presente una enfermedad o evento de salud en un tiempo determinado; b) la prevalencia de periodo que evalúa la proporción de individuos enfermos o con un evento de salud en un periodo de tiempo; c) la incidencia, o proporción de casos nuevos de una enfermedad o evento de salud; d) la letalidad, o medida de la proporción de personas fallecidas por una enfermedad o síndrome. La prevalencia puntual se utiliza en los estudios transversales y en los estudios de casos y controles para medir la frecuencia de la exposición a los factores de riesgo en el grupo de casos y controles; la prevalencia de

periodo se usa en estudios longitudinales; la letalidad y la incidencia se usan en estudios longitudinales, de cohortes y en todos los estudios experimentales (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Bonita y otros, 2006; De Shea, & Toothaker, 2015; Gordis, 2014; Guyatt, Rennie, Meade, & Cook, 2008; Hernández Ávila, 2007; Moreno Altamirano, 2013; Ruiz, & Morillo, 2004; Villa Romero y otros, 2012).

Las medidas epidemiológicas para evaluar asociación y riesgo son las siguientes: a) la razón de prevalencias, usada en estudios transversales analíticos, que mide el cociente de la proporción de individuos que presentan el evento en estudio entre los expuestos y no expuestos a determinados factores de riesgo o protectores; b) el riesgo relativo, usado en estudios de cohortes y ensayos clínicos, que evalúa el cociente de la proporción de individuos que presentan el evento en estudio entre los expuestos y no expuestos a determinados factores de riesgo o protectores; y c) las OR (*odds ratio* o razones de momios), que miden, en estudios de casos y controles y transversales analíticos, el cociente de la proporción de individuos expuestos y no expuestos a determinados factores de riesgo o protectores entre los enfermos y los sanos (Argimon Pallás, & Jiménez Villa, 2000; Bonita y otros, 2006; De Shea, & Toothaker, 2015; Gordis, 2014; Guyatt, y otros, 2008; Hernández Ávila, 2007; Moreno Altamirano, 2013; Ruiz, & Morillo, 2004; Villa Romero y otros, 2012).

Existen otras mediciones epidemiológicas de interés, como el número de pacientes a tratar o el número de pacientes a dañar, que son consideradas, como las anteriores, medidas de efecto. Otras, como el riesgo atribuible para sujetos expuestos y el riesgo atribuible poblacional, se conocen como medidas de impacto y se usan en estudios longitudinales prospectivos (Henquin, 2013).

Errores comunes en el diseño de análisis de datos

Entre los errores que se pueden mencionar en esta sección se encuentran: a) la omisión de la especificación de los métodos estadísticos a utilizar, por desconocimiento de los mismos; b) hacer mención de pruebas “más populares” como la prueba de T, de ji cuadrado y ANDEVA, cuando no se adaptan a las hipótesis de trabajo; c) no considerar previo al análisis de datos la evaluación de los supuestos en variables cuantitativas como la normalidad, homocedasticidad, independencia de mediciones, entre otros y proponer pruebas paramétricas para variables que no poseen distribución normal o cuya distribución de probabilidad no puede conocerse; d) no elegir las pruebas en función del carácter apareado/independiente de los datos: aplicar una prueba de variables independientes a datos relacionados le resta potencia a la conclusión obtenida; e) proponer análisis estadísticos inferenciales que no fueron contemplados en la fase del diseño de muestreo: en estos casos no se sabe si con la muestra utilizada, las conclusiones que resulten del estudio tendrán suficiente validez; f) escribir el listado de pruebas a utilizar sin especificar qué objetivos se cumplirán con su desarrollo o para qué servirá aplicarlas; g) proponer medidas epidemiológicas de frecuencia o asociación no acordes al diseño epidemiológico elegido; h) no mencionar los criterios de interpretación de las pruebas propuestas; i) omitir la explicación de la fase descriptiva por considerarla de poca importancia o tácita; j) omitir los procedimientos de transformaciones previas de los datos antes de su análisis; k) no prever la existencia y tratamiento de posibles variables confusoras e intervinientes (Altman, 1998; Cumming, 2014; Ercan y otros, 2007, Hanif, & Ajmal, 2011; Schroter y otros, 2008; Strasak y otros, 2007).

Conclusiones

Para una pregunta de investigación correctamente planteada, existe un diseño de investigación idóneo: la correcta aplicación del mismo, protegerá de posibles sesgos y, en consecuencia, la validez del estudio no será cuestionable.

Para evitar sesgos en el diseño, hay que tomar en cuenta tanto las ventajas y desventajas de cada estudio, como la consideración de que existe una jerarquía en el proceso de investigación que implica que mientras mayor evidencia se desee para evaluar la asociación entre variables, más deberá invertirse en los recursos utilizados. Adicionalmente, la coherencia en el proceso de investigación exige que, en cada paso, lo realizado coincida con lo propuesto.

El muestreo influye también en la validez de la investigación, pues se requiere que la muestra sea representativa (método de muestreo idóneo) y de tamaño adecuado. Además, se requiere de criterios de selección claros y completos.

El uso de métodos de muestreo probabilísticos y la correcta elección del método de cálculo de muestra son los elementos más importantes para evitar sesgos en el proceso de muestreo.

En la selección de pruebas estadísticas influyen diversos criterios como: el tipo y escala de las variables dependientes e independientes, la cantidad y grado de independencia de los grupos de comparación, el alcance y tipo de investigación, entre otros.

Los análisis descriptivos deben hacerse siempre y sirven para describir la muestra o estudiar el comportamiento de las variables de interés en esa muestra particular. Los análisis inferenciales se utilizan para generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población de la que esta se extrajo. Los métodos multivariantes permiten el estudio

simultáneo de las relaciones establecidas entre múltiples variables e individuos, la reducción del número de variables sin comprometer la información disponible, y determinar el tamaño del efecto ajustado en función de variables intervinientes. Los análisis epidemiológicos se utilizan para describir la frecuencia de la enfermedad, evaluar la asociación entre variables, y el impacto de las intervenciones.

Referencias

- Altman, D. (1998). Statical reviewing for medical journals. *Statistics in Medicine*, 17, 2661–2674.
- Altman, D., Machin, D., Bryant, T. (2000). *Statistics with Confidence* (2da. Ed.). Bristol: British Medical Journal.
- Argimon Pallas, J., & Jiménez Villa, J. (2000). *Métodos de investigación clínica y epidemiológica* (3da. Ed.). Madrid: Elsevier.
- Baptist, J., Röhrig, B., Hommel, G., & Blettner, M. (2010). Choosing Statistical Tests. *Deutsches Ärzteblatt International*, 107(19).
- Barton, B., & Peat, J. (2014). *Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal* (2da. Ed.). Chichester: BMJ Books.
- Bethlehem, J. (2009). *Applied survey methods: A statistical perspective*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Blair, C., y Taylor, R. (2008). *Bioestadística*. México: Pearson Educación, S.A.
- Bluman, A. (2009). *Elementary Statistics: A step by step approach* (7ma. Ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2006). *Basic Epidemiology* (2da. Ed.). Geneva: World Health Organization.
- Cárdenas, M., & Arancibia, H. (2014). Potencia estadística y cálculo de tamaño de efecto en G*Power: Complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en Psicología. *Salud y Sociedad*, 5(2), 210–224.
- Catena, A., Ramos, M., & Trujillo, H. (2003). *Análisis multivariado: Un manual para investigadores*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Cobo, E., Muñoz, P., & González, J. (2007). *Bioestadística para no estadísticos: Bases para interpretar artículos científicos*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Cumming, G. (2014). *Understanding the new Statistics: Effect sizes, confidence intervals, and meta-analysis*. New York: Routledge.
- Daniel, W., & Chad, C. (2013). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences* (2da. Ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Datallo, P. (2008). *Determining sample size: Balancing, power, precision and practicality*. New York: Oxford University Press.
- De Shea, L., & Toothaker, L. (2015). *Introductory Statistics for the Health Sciences*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Elorza, H. (2008). *Estadística para las ciencias sociales, del comportamiento y de la salud* (3ra. Ed.). México, D.F.: Cengage Learning.
- Ercan, I., Yazici, B., Yang, Y., Ozkaya, G., Cangur, S., Ediz, B., Y Kan, I. (2007). Misusage of Statistics in

- Medical Reserch. *European Journal of General Medicine*, 4(3), 128–134.
- Fletcher, R., Fletcher, S., & Wagner, E. (1998). *Epidemiología Clínica: Aspectos fundamentales* (2da. Ed.). Barcelona: Masson.
- Forthofer, R., Lee, E., & Hernandez, M. (2007). *Biostatistics: A Guide to Design, Analysis and Discovery*. (2da. Ed.). Boston: Elsevier, Academic Press.
- Frías, M., Pascual, J., & García, J. (2000). Tamaño del efecto del tratamiento y significación Estadística. *Psicothema*, 12(2), 236–240.
- García, J., López, J., Jiménez, F., Ramírez, Y., Lino, L., & Reding, A. (2014). *Metodología de la investigación: Bioestadística y bioinformática en ciencias médicas y de la salud* (2da. Ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill Education.
- Geoffrey, N., y Streiner, D. (2014). *Biostatistics: The Bare Essentials with SPSS* (4ta. Ed.). Londres: PMPH-USA Limited.
- Glantz, S. (2006). *Bioestadística* (6ta. Ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Gómez, M., Danglot, C., & Vega, L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Primera de dos partes). *Revista Mexicana de Pediatría*, 80, 30–34.
- Gonin, R., Fisher, L. D., & Van Belle, G. (2004). *Biostatistics: A Methodology for the Health Sciences*. (2da. Ed.). New York: Wiley.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5ta. Ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Guyatt, G., Rennie, D., Meade, M., & Cook, D. (2008). *Users' guides to the medical literature: Essential of evidence-based clinical practice* (2ta. Ed.). New York: Mc Graw-Hill Medical / JAMAevidence.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1999). *Análisis Multivariante* (5ta. Ed.). Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Hanif, A., & Ajmal, T. (2011). Statistical errors in medical journals: A critical appraisal. *Annals*, 17(2), 178-182.
- Henquin, R. (2013). *Epidemiología y Estadística para principiantes*. Buenos Aires: Corpus.
- Hernández Ávila, M. (2007). *Epidemiología: Diseño y análisis de estudios*. México, D.F.: Editorial Médica Panamericana.
- Jaykaran. (2010). How to select appropriate statistical test? *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 1(2), 61.
- Johnson, D. (2000). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México, D.F.: Thompson Editores.
- Johnson, R., & Bhattacharyya, G. (2010). *Statistics: principles and methods* (6ta. Ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Johnson, R., & Kubly, P. (2004). *Estadística elemental: lo esencial* (3ta. Ed.). México, D.F.: Thompson Learning.
- Johnson, R., & Wichern, D. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6ta. Ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Juez, P., & Diez, F. (1997). *Probabilidad y Estadística en medicina*. Madrid: Diaz de Santos.

- Kraska, M. (2014). *Nonparametric Statistics for social and behavioral sciences*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Lang, T. (2004). Twenty statistical errors even you can find in biomedical research articles. *Croatian Medical Journal*, 45(4), 370–2004.
- Lohr, S. (2000). *Muestreo: Diseño y análisis*. México, D.F.: Thompson Editores.
- Londoño, J. L. (2010). *Metodología de la investigación epidemiológica* (4ta. Ed.). Bogotá: El Manual Moderno.
- Lwanga, S., & Lemeshow, S. (1991). *Determinación del tamaño de las muestras en los estudios sanitarios: Manual práctico*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Moreno Altamirano, L. (2013). *Epidemiología clínica*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Pagano, M., & Gauvreau, K. (2001). *Fundamentos de Bioestadística* (2da. Ed.). México, D.F.: Thompson Learning.
- Pagano, R. (2013). *Understanding Statistics in the behavioral sciences* (2da. Ed.). California: Wadsworth CENGAGE Learning.
- Peacock, J., & Peacock, P. (2011). *Oxford handbook of medical statistics*. Oxford: Oxford University Press.
- Peña, D. (2002). *Análisis multivariante de datos*. Madrid: Mc Graw-Hill / Interamericana.
- Pérez, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos: Aplicaciones con SPSS®*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Pineda, E., & De Alvarado, E. L. (2008). *Metodología de la investigación* (3ra. Ed.). Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- Prajapati, B., Dunne, M., & Armstrong, R. (2010). Sample size estimation and statistical power analyses. *Optometry Today*, 50, 1–9.
- Ruiz, A., & Morillo, L. (2004). *Epidemiología clínica: Investigación clínica aplicada*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.
- Scheaffer, R., Mendenhall, W., & Ott, L. (1987). *Elementos de muestreo*. México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Schroter, S., Nick, B., Evans, S., Goodlee, F., Osorio, L., & Richard, S. (2008). What errors do peer reviewers detect, and does training improve their ability to detect them? *Journal of the Royal Society of Medicine*, 101(19), 507–514.
- Sheskin, D. (2004). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (3ra. Ed.). Boca Raton FL.: Chapman & Hall/CRC.
- Siegel, S. (1970). *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. México, D.F.: Editorial Trillas.
- Silva, L. (1997). *Cultura estadística e investigación científica en el campo de la salud: Una mirada crítica*. Madrid: Diaz de Santos.
- Stopher, P. (2012). *Collecting, managing, and assessing data: Using sample surveys*. New York: Cambridge University Press.
- Strasak, A., Zaman, Q., Pfeiffer, K., Gobel, G., & Ulmer, H. (2007). Statistical errors in medical research: A review of common pitfalls. *Swiss Medical WKLY*, 137, 44–49.

Szklo, M., & Nieto, J. (2003). *Epidemiología intermedia: Conceptos y aplicaciones*. Madrid: Diaz de Santos.

Velasco Rodríguez, V., Martínez Ordaz, V., Roiz Hernández, J., Huazano García, F., & Nieves Rentería, A. (2002). *Muestreo y tamaño de muestra: Una guía práctica vpara personal de salud que realiza investigación*. Buenos Aires: e-libro.net.

Villa Romero, A., Moreno Altamirano, L., & García de la Torre, G. (2012). *Epidemiología y Estadística en salud pública*. México, D.F.: Mc Graw Hill.

Carta a la editora

Taller de Epidemiología Social en Centroamérica: Avance de una Política Regional en la Investigación para la Salud

María Angélica Milla, Universidad Católica de Honduras, Honduras; Michele Monroy-Valle, Universidad de San Carlos de Guatemala; Andrés A. Agudelo-Suárez, Grupo de Investigación sobre la Salud Pública, Universidad de Alicante España y la Facultad de Odontología de Universidad de Antioquía, Colombia; Luis Gabriel Cuervo, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud; David Bann, Universidad College London en el Reino Unido, María Soledad Burrone, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; Patricia O'campo, Universidad de Toronto, Canadá.

La Epidemiología social tiene como premisa principal, que la distribución de la salud y la enfermedad se determinen a través de las interacciones sociales y actividades colectivas humanas (Oakes, & Kaufman, 2006).

Para ello se requiere la comprensión de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que cada sociedad enfrenta; así como también el conocimiento relacionado a las características sociales y estructurales. La Epidemiología Social busca comprender la influencia de estos factores en la salud de la población, para entender y dirigir los mecanismos causales relevantes a la salud. De este modo, la salud pública se beneficia por medio del enfoque de Epidemiología Social, el cual provee información esencial para comunicar diálogos de pólizas y políticas tanto aquellos que se encuentra entre los sectores de salud y desarrollo, como los de atención médica, prevención primaria y el desarrollo y aplicación del nuevo conocimiento (Krieger, 2001).

Nosotros como catedráticos, investigadores, miembros de la Asociación Internacional

de Epidemiología (IEA) la sección Latinoamericana y participantes anteriores del 4to. Curso Internacional de Métodos Epidemiológicos de la IEA, que se llevó a cabo en mayo de 2012 en Lima, Perú, sentimos la necesidad de difundir el conocimiento y fortalecer las redes académicas, empleando a Centroamérica como el punto de partida. Los países que conforman el triángulo del norte El Salvador, Honduras y Guatemala tienen desigualdades preocupantes en cuanto a salud y sistema social que prolonga la pobreza, haciendo que queden rezagadas detrás de otros países. Considerablemente, necesitan un plantel de epidemiólogos para guiarlos en salud, ciencia y en otras políticas de desarrollo. Muchas de las investigaciones en Epidemiología Social ocurren en ambiente académico que incluso no están basados en los países de Centroamérica (Kaufman, & Mezones-Holguín, 2013). Como resultado de ser fuera de contexto, generalmente sin aporte de los responsables, consumidores y otros accionistas quienes pueden tener percepciones y perspectivas claves que complementen el proceso de investigación y desarrollo de política. Hay una escasez que

se percibe de las oportunidades de conformar una cantidad esencial de expertos capacitados a través de prácticas de formación para investigadores de las Américas, respecto a estos temas. (The World Bank, 2016).

Basado en la experiencia del taller anterior de Epidemiología Social en la Universidad de Harvard en 2009, se designó un taller adaptado hacia el aumento de estas capacidades en Latinoamérica. Como sugerencia a esto, fue aplicar marcos teóricos que ayudaron a explicar la injusticia desigualdad social y de salud. La agenda propuesta consideró cuatro aspectos principales de la Epidemiología Social: evolución teórica; metodología, tendencias actuales en investigación e intervenciones contrastando tendencias y contextos entre Norte América y Europa versus Latinoamérica. El último aspecto se inspiró de los comentarios de Krieger enfocándose en los aspectos de proceso, historia y materialización (Krieger, 2001). Uno de los objetivos del taller fue la comprensión de las lecciones que se aprendieron en diferentes situaciones para crear un punto de referencia y así guiar los análisis e intervenciones futuros (Barata, 2005; Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud [OPS, OMS], 2009a; OPS, OMS, 2008; OPS, OMS, 2009b; OPS, OMS, 2011).

También se consideró las misiones, puntos de partida, metas y objetivos y consideraciones de implementación en la Política de la Investigación para la Salud de la OPS, OMS (CD49/10) (PAHO, 2009), el cual ha sido aprobada para su implementación en la OPS en el 2009 (Estados Miembros y Oficina Sanitaria Panamericana). Ésta política determina la necesidad para fortalecer los sistemas nacionales de investigación sanitaria ya que es fundamental para lograr una salud con equidad, el cual ayuda entre otras cosas, al desarrollo de calendarios de investigación y al desarrollo de las

competencias y estrategias para aprovechar los beneficios de la investigación en materia de salud. La Epidemiología Social juega un papel importante en varios artículos de la política y también ha sido un tema clave en las discusiones que se han celebrado en Conferencias Latinoamericanas en Investigación e Innovación para la Salud, tal como se refleja en los informes de los mismos (OPS, OMS, 2008; OPS, OMS, 2009b; OPS, OMS, 2011).

Este acercamiento conceptual y metodológico nos permitió reunir una serie extensa de experiencias y metodologías a nivel internacional en Antigua Guatemala de 17 al 20 de noviembre de 2015 con más de 50 profesionales altamente reconocidos, expertos y líderes en Epidemiología Social viajando por lo menos en 14 países; el taller se tituló SEWAG (Taller de Epidemiología Social en Antigua Guatemala). Los participantes de este taller se involucraron en un continuo y valioso intercambio de ideas acerca de determinantes sociales de salud y su relevancia hacia el mejoramiento de la salud de la población. El taller se desarrolló sobre el concepto de investigación en materia de salud, tal como se presentó en la Política de la OPS, de esa manera comprender las contribuciones más allá del sector sanitario (Krieger, 2001).

Los participantes del taller nombraron las tendencias y algunas necesidades de investigación para Latinoamérica y llegaron a conclusión de que:

1. Existe una necesidad de la creación de un centro de investigación regional sobre Epidemiología Social y así fortalecer la investigación nacional para los sistemas de salud.
2. El acercamiento de la implementación de la ciencia puede ser una contribución esencial para la mejora de la investigación de salud en la región.

3. Existe la necesidad de hacer un mapa sobre recursos regionales disponibles actualmente en epidemiología social, salud pública e investigación en materia de salud, a fin de aprovecharlos plenamente en tanto crezcan estos espacios de oportunidades. Las herramientas del mapa deben permitir información en tiempo real y estructurar a partir de las herramientas que autorice la participación y calidad de información formada a partir de los medios sociales y otras estrategias que permiten capturar información válida en tiempo real.
4. La importancia de ayudar a campeones: identificar la investigación nacional para líderes en la salud que alimente los mapas nacionales de recursos, utilizando herramientas, tales como *Health Research Web*, que apoye a estos profesionales en la salud a través de capacitaciones constantes y cursos llamado *Train the Trainer*, en sus propios países.
5. La relevancia de herramientas de comunicación y medios sociales, tales como las redes sociales para aumentar y difundir el conocimiento, investigaciones de interés, oportunidades, intercambio de ideas, intercambios académicos y recolección de datos en tiempo real.
6. Un seguimiento a SEWAG para construir sobre el ímpetu alcanzado a través de la reunión.
7. La necesidad de formar un plantel de expertos con el conocimiento, red de contactos, asociados y el impulso necesario para integrar conocimiento de investigación junto con las políticas para la salud y desarrollo.

Como se señaló anteriormente, es muy importante “socializar” las iniciativas de investigación entre todos los protagonistas públicos de salud, iniciando con: compartir

descubrimientos y mejorar la toma de decisiones. Como siguiente paso, evitar investigaciones nulas.

En conclusión, comprendemos que las prioridades deben definirse lo más pronto posible y ser encaminadas de acuerdo a las políticas regionales que existen, incluyendo la comprensión de todos los factores involucrados tales como factores políticos, socio-económicos, culturales, etc., el cual promueva equidad en la región; especialmente en Centroamérica, a través de sistemas sólidos y funcionales de investigación sobre salud. Además, reconocer las necesidades y debilidades actuales de estos sistemas, las limitantes en acceso al conocimiento y la necesidad de formar un plantel de expertos, así como establecer una posibilidad de oportunidades para desarrollar y apoyar los recursos humanos con experiencia en implementación de ciencias tales como la Epidemiología Social.

Agradecimientos y contribuciones

Todos los autores enlistados hicieron contribuciones significativas al manuscrito y se mantiene en su versión final. Además de los autores, queremos agradecer a la Organización Panamericana de la Salud por su patrocinio en el evento, al personal de la OPS, OMS, sedes y oficinas en Guatemala y Honduras para su apoyo logístico. También agradecemos a la Agencia Española para la Cooperación Internacional y Desarrollo AECID por ser el anfitrión de la reunión en su centro de capacitación en la Antigua, a la embajada de España en Guatemala, al Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica (PRESANCA II), al Programa Regional de Sistemas de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional (PRESISAN), al Sistema de Integración en Centro América y la Unión Europea por su patrocinio y participación como organización regional

en este evento y al apoyo en especie que se recibió de la Universidad Rafael Landívar, El Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Universidad de San Carlos De Guatemala, y la Sociedad Hondureña para la Nutrición y la Obesidad.

Referencias

- Barata, R. B. (2005). Epidemiología social. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 8(1), 7-17. Recuperado de <http://doi.org/10.1590/S1415-790X2005000100002>
- Kaufman, J. S., & Mezones-Holguín, E. (2013). Una epidemiología social para América Latina: una necesidad más allá de la reflexión sobre las inequidades en salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 30(4), 543–546.
- Krieger, N. (2001). Theories for social epidemiology in the 21st century: an ecosocial perspective. *International Journal of Epidemiology*, 30(4), 668–677.
- Oakes, J. M., & Kaufman, J. S. (2006). *Methods in social epidemiology*. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=161108>
- Pan American Health Organization/World Health Organization (2009b). Follow up Meeting to the 1st Latin American Conference on Research and Innovation for Health: Cuba Recuperado de http://www2.paho.org/Hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2985&Itemid=39464&lang=en
- Pan American Health Organization/ World Health Organization (2008). Report of the first Latin American Conference on Research and Innovation for Health. Rio de Janeiro, Brazil Recuperado de http://www2.paho.org/Hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2985&Itemid=39464&lang=en
- Pan American Health Organization / World Health Organization (2009a) Policy on Research for Health. Proceedings of the 49th Directing Council of PAHO, 61st Session of the Regional Committee of the WHO for the Americas, 28 September-2 October 2009. Washington, DC: PAHO.
- Pan American Health Organization/ World Health Organization (2011) Follow up Meeting to the 2nd. Latin American Conference on Research and Innovation for Health: Panama Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=20414&Itemid=270&lang=en
- The World Bank (2016). Scientific and technical journal articles by country 1981 – 2015, Recuperado de <http://ata.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC>

Letter to editor

A Social Epidemiology Workshop in Central America: Advancing a Regional Policy on Research for Health

Milla MA, Universidad Católica de Honduras, Honduras; Monroy-Valle M, Universidad de San Carlos de Guatemala; Agudelo-Suárez AA, Grupo de Investigación sobre la Salud Pública, Universidad de Alicante España y la Facultad de Odontología de Universidad de Antioquía, Colombia; Cuervo LG, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud; Bann D, Universidad *College London* en el Reino Unido, Burrone MS, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; O'campo P, Universidad de Toronto, Canadá.

Social Epidemiology has as a major premise that health and disease distribution are determined by social interactions and collective human activities (Oakes, & Kaufman, 2006)

It requires understanding the strengths, weaknesses, opportunities and threats that each society has, and knowledge of the related social and structural characteristics. Social Epidemiology seeks to understand the influence of these factors on population health, and to understand and address the causal mechanisms relevant to health. In this way, public health benefits from the Social Epidemiology approach that provides essential data to inform policies and policy dialogues those within the health and development sectors, as well as health care, primary prevention, and the development and use of new knowledge (Krieger, 2001).

As professors, researchers, members of the International Epidemiological Association (IEA). Latin American chapter and former participants in the IEA 4th International Course on Epidemiological Methods held in Lima, Peru in May 2012, we felt the need

to disseminate knowledge and strengthen academic networks, using Central America as a starting point. Countries in the Northern Triangle, El Salvador, Honduras and Guatemala have worrisome inequalities in their health and social systems that perpetuate poverty and make them lag behind other countries. Importantly, they also need a cadre of epidemiologists to guide health, science, and other development policies. Much of the research in Social Epidemiology happens in academic environments that are not even based in the Central American countries (Kaufman, & Mezones-Holguín, 2013), as a result of being out of the context, usually without inputs from decision-makers, consumers, and other stakeholders who can bring key insights and perspectives that complement the research process and policy development. There is a perceived paucity of opportunities to build a critical mass of trained experts through training placements for researchers from the Americas, on these issues (The World Bank, 2016).

Based on the experience of a prior Social Epidemiology workshop at Harvard University in 2009, we designed a workshop

geared towards increasing these capacities in Latin America. A suggestion then, was to apply theoretical frameworks that helped explain social and health inequity and inequalities. The proposed agenda considered four main aspects of Social Epidemiology: theoretical evolution; methodology; current trends in research and; interventions contrasting trends and frameworks between North America and Europe versus Latin America. The latter aspect was inspired by Krieger's remarks focusing on aspects of process, history and embodiment. (Krieger, 2001) One of the goals of our workshop was to understand lessons learned in different scenarios to create a benchmark to guide future analyses and interventions. (Barata, 2005; Pan American Health Organization/ World Health Organization (PAHO, WHO), 2009a; PAHO, WHO, 2008; PAHO, WHO, 2009b; PAHO, WHO, 2011).

We also considered the mandates, guiding principles, goals and objectives, and implementation considerations in PAHO Policy on Research for Health PAHO (2009a) which has been approved for implementation in PAHO (Member States and the Pan American Sanitary Bureau) in 2009. This policy determines the need to strengthen national health research systems which is fundamental to attaining health with equity. It calls, among other things, for the development of research agendas and the development of capacities and strategies to seize the benefits of research for health, with equity. Social Epidemiology plays a key role in several of the policy items and has been a key topic also in the discussions held at the Latin American Conferences on Research and Innovation for Health, as reflected in PAHO, WHO reports (PAHO, WHO, 2008; PAHO, WHO, 2009b; PAHO, WHO, 2011).

This conceptual and methodological approach allowed us to assemble a wide series of international experiences and methodologies

in Antigua Guatemala from November 17 - 20, 2015 with more than 50 highly recognized professional experts and leaders in Social Epidemiology traveling from at least 14 countries; the workshop was entitled SEWAG (Social Epidemiology Workshop Antigua Guatemala). SEWAG participants engaged in a rich and ongoing exchange of ideas about social determinants of health and their relevance towards improving population health. The workshop built on the concept of research for health, as presented in PAHO's Policy, hence understanding contributions beyond the health sector (Krieger, 2001).

Workshop participants identified the trends and some research needs for Latin America, and reached conclusions such as:

1. There is a need for a regional research center on Social Epidemiology, and to strengthen national research for health systems
2. The approach of implementation science can be a fundamental contribution to improving health research in the region.
3. There is a need to map the regional resources available to date on social epidemiology, public health and research for health, in order to take full advantage of them as these spaces for opportunities arise. The mapping tools should allow real time information and build on the tools that enable participation and quality data built around social media and other strategies that allow capturing valid information in real time.
4. The importance of supporting champions: identifying national research for health leaders that feed national maps of resources using tools such as the Health Research Web, support these health professionals through constant training and Train the Trainer courses in their own countries.

5. The relevance of communication tools and social media, such as social networks to accrue and disseminate knowledge, research interests, opportunities, exchange of ideas, academic exchange, and collect real time data.
6. A follow-up to SEWAG to build on the momentum achieved throughout the meeting.
7. The need to build a cadre of experts with the know-how, networking, partnerships and drive needed to integrate research knowledge with policies for health and development.

As pointed out before, it is very important to “socialize” research efforts among all public health actors, first of all to share findings and improve decision-making and, as a next step, to avoid research waste.

In summary, we understood that priorities have to be defined as soon as possible, and be framed around existing regional policies. This involves an understanding of all the factors involved, including political, socio-economic, cultural etc., that promote equity in the region, especially in Central America, through robust functional health research systems. It also means recognizing the present needs and weaknesses of these systems, the limitations in access to knowledge, and the need to build a cadre of experts, as well as to establish a wealth of opportunities to develop and support human resources with expertise in implementation sciences such as Social Epidemiology.

Acknowledgements and contributions

All listed authors made substantial contributions to the manuscript and stand by its final version. In addition to the authors we want to acknowledge the Pan American Health Organization for its sponsorship

of the event, the staff at PAHO HQ and country offices in Guatemala and Honduras for their logistical support, the Spanish Agency for International Cooperation and Development AECID for hosting the meeting at their Antigua training center, the Embassy of Spain in Guatemala, Regional Food and Nutrition Security for Central America (PRESANCA II), the Regional Programme on Information Systems for Food and Nutrition Security (PRESISAN), the Central American Integration System and the European Union for the sponsorship and involvement as a regional organization in this event, and the in-kind support received from the Universidad Rafael Landívar, the Institute of Chemical and Biological Research of the Universidad de San Carlos in Guatemala, and the Honduran Society for Nutrition and Obesity.

References

- Barata, R. B. (2005). Epidemiologia social. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 8(1), 7-17. Recuperado de <http://doi.org/10.1590/S1415-790X2005000100002>
- Kaufman, J. S., & Mezones-Holguín, E. (2013). Una epidemiología social para América Latina: una necesidad más allá de la reflexión sobre las inequidades en salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 30(4), 543–546.
- Krieger, N. (2001). Theories for social epidemiology in the 21st century: an ecosocial perspective. *International Journal of Epidemiology*, 30(4), 668–677.
- Oakes, J. M., & Kaufman, J. S. (2006). *Methods in social epidemiology*. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass. Recuperado de <http://search>.

ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=161108

Pan American Health Organization/World Health Organization (2009b). Follow up Meeting to the 1st Latin American Conference on Research and Innovation for Health: Cuba Recuperado de http://www2.paho.org/Hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2985&Itemid=39464&lang=en

Pan American Health Organization/ World Health Organization (2008). Report of the first Latin American Conference on Research and Innovation for Health. Rio de Janeiro, Brazil Recuperado de http://www2.paho.org/Hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2985&Itemid=39464&lang=en

Pan American Health Organization / World Health Organization (2009a) Policy on Research for Health. Proceedings of the 49th Directing Council of PAHO, 61st Session of the Regional Committee of the WHO for the Americas, 28 September-2 October 2009. Washington, DC: PAHO.

Pan American Health Organization/ World Health Organization (2011) Follow up Meeting to the 2nd. Latin American Conference on Research and Innovation for Health: Panama Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_document&task=download&gid=20414&Itemid=270&lang=en

The World Bank (2016). Scientific and technical journal articles by country 1981 – 2015, Recuperado de <http://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC>

Dictamen-evaluación de los artículos e instrucciones a los autores

La Revista, es una publicación semestral, de tipo académico, cuyo objetivo es ofrecer a la comunidad académica, científica e investigadores, un medio de difusión que permita tratar temas relacionados con la salud, industria, recursos naturales y tecnología. La Convocatoria de recepción trabajos está abierta todo el año y se reciben trabajos de todos los profesionales (nacionales e internacionales) de las áreas mencionadas.

Los trabajos que se envían deberán ser originales, inéditos y no estar postulados de forma simultánea para su publicación en otras revistas u órganos editoriales. Para cumplir con este requisito, el autor podrá descargar de la página electrónica de la revista, el formato de la carta de originalidad: <http://www.revistaiiqb.usac.edu.gt>.

La recepción de un trabajo no implica ningún compromiso de la revista para su publicación.

Todos los autores son responsables del contenido; el primer autor asume la responsabilidad intelectual de los resultados del proceso editorial; los autores son responsables de obtener los derechos de autor para reproducir material gráfico o fotográfico de terceros.

Los autores asumen la responsabilidad si se detecta falsificación de datos o falta de autenticidad en la investigación. Se comprometen también a no reutilizar trabajos ya publicados, total o parcialmente.

El primer autor recibirá gratuitamente un ejemplar de la revista, en donde se publicó su trabajo.

Proceso de dictámen

Todos los trabajos se someten a dos etapas de dictamen:

Una primera lectura por parte del Editor, con objeto de verificar si cubre los requisitos del perfil de la revista.

En caso de ser aceptado, es enviado a dos dictaminadores especialistas en el tema, miembros del Consejo Editorial (arbitraje académico de revisión por pares).

Durante todo el proceso se conservará el anonimato tanto de los dictaminadores como de los autores.

En el caso de discrepancia entre aceptado y rechazado, el texto será enviado a un tercer dictaminador, cuya decisión definirá su estatus de publicación; en este caso.

El dictamen final es inapelable.

Cesión de derechos

Los autores conceden el permiso para que su material se difunda en la Revista y medios electrónicos. Los derechos patrimoniales de los artículos publicados son cedidos a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tras la aceptación académica y editorial del original para que éste se publique y distribuya tanto en versión impresa como electrónica. Los autores conservan sus derechos morales conforme lo establece la ley. La carta de cesión de derechos podrá descargarse desde la página electrónica <http://www.revistaiiqb.usac.edu.gt>.

La Revista está disponible en acceso abierto en la página <http://www.revistaiiqb.usac.edu.gt>.

Todos sus contenidos pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista.

Los documentos deben ser enviados a la Editora a la siguiente dirección electrónica: almadariagal@gmail.com

Los artículos aceptados para su publicación son publicados en Internet en archivo tipo pdf y es de libre acceso. Sitio Web <http://www.revistaiqb.usac.edu.gt>

La revista científica pública los siguientes tipos de trabajos: 1) Artículos Originales 2) Artículos de Revisión 3) Cartas al editor. Los artículos de revisión sólo se consideran por invitación.

Los documentos deberán estar escritos a renglón abierto (1.5), con tipo de letra Times, tamaño 12 y numerados en la parte inferior de cada hoja, incluyendo la del título. Deben enviarse por correo electrónico, en formato MS Word. Las figuras y fotos se recibirán en formato jpg. Los cuadros y gráficos se recibirán en formato MS Excel.

Artículos originales

Son artículos dirigidos a informar sobre resultados de investigación original en las áreas, de salud, industria, tecnología y ambiente. Se colocará en el siguiente orden:

Título, adscripción institucional de los autores y autor responsable con dirección, teléfono, y dirección electrónica.

Resumen en español (incluir al final cinco palabras claves).

Título y resumen en inglés (incluir al final cinco palabras clave). Extensión 250 palabras, en hojas aparte.

- o Introducción
- o Materiales y Métodos

- o Resultados (tablas, figuras y fotos)
- o Discusión
- o Agradecimientos
- o Referencias

Artículos de revisión: Este apartado tiene como propósito la presentación de artículos de revisión bibliográfica sobre temas relevantes a la salud, industria, tecnología y ambiente. Estos artículos comparan los métodos, resultados y conclusiones de trabajos originales y serán presentados únicamente por invitación.

Cartas al editor: Estas cartas son comunicaciones cortas con los objetivos siguientes: 1) Estimular la discusión de los trabajos publicados en la revista científica o escribir críticas constructivas no mayores de dos páginas y en un tiempo no mayor de dos meses después de publicado el artículo en cuestión. 2) Comunicaciones de observaciones científicas breves. En este caso se permite un máximo de tres páginas, una tabla o figura y cinco referencias.

Las citas en el texto, las referencias, tablas y figuras deben elaborarse de acuerdo a las normas de la Asociación Psicológica Americana (APA).

Todos los trabajos deben acompañarse de una carta frontal con el nombre de todos los autores, y direcciones electrónicas.

Manuscript selection-reviewing of the articles and instructions for authors

The journal is a semiannual academic publication whose objective is to provide the academic and scientific community and researchers with a platform that allows them to address issues related to health, industry, natural resources and technology.

Material offered for publication must be original, inedited and not under simultaneous consideration by any other journal nor published anywhere else. In order to meet these criteria, the author will be able to download the statement of originality format from the website of the journal: <http://www.revistaiiqb.usac.edu.gt>

Submission of a manuscript does not constitute any commitment from the journal to publish the paper. All authors are responsible for the content. The first author assumes intellectual responsibility for the results of the editing process. The authors are responsible for obtaining copyright permission in order to reproduce graphic or photographic material of third parties.

The authors assume responsibility for any falsification of data or fraud in the publication.

They also commit not to re-use previously published material, in whole or in part. The first author will receive a free copy of the journal in which his/her paper was published.

Manuscript selection

All works undergo two stages of evaluation:

They are first read by the Editorial Board to ensure that the manuscript meets the minimal standards as required by the journal. If it is accepted, this Editorial Board proposes two

reviewers who have knowledge of the field discussed in the manuscript, and to whom the paper will be sent (peer review).

Both reviewers will use a piece of paper where the evaluating aspects will be specified. During the entire process the anonymity of both the reviewers and the authors will be maintained.

In case of discrepancy between the accepted and the rejected papers, the manuscript will be sent out to a third reviewer, whose decision will determine its publication, in this case.

The final decision is irrevocable.

Copyright transfer agreement

The author(s) grant permission for their paper to be published in the journal and through electronic means. The copyrights of published articles are transferred to the Faculty of Chemical Sciences and Pharmacy of the San Carlos University of Guatemala after academic and editorial acceptance of the original work to be published and distributed, both printed and electronically. The author(s) retain their moral rights according to the law. The Copyright Transfer Agreement form will be available for download in the website <http://www.revista.iiqb.usac.edu.gt>

The journal is available to the public for free on the website <http://revistaiiqb.usac.edu.gt>.

All its contents can be used for free and for noncommercial uses, giving credits to the authors and the journal.

The Scientific Journal of the Faculty of Chemical and Pharmaceutical Science is the

bulletin of the research activities from the Faculty.

The Scientific Journal provides publishing consideration to all article sent that contains original research material in its totally and has not been published or is not under editorial review in its essential part in any other form of publication in paper or electronic. If it has been published previously partially (example in congress) should be included in the cover letter and at the end of the summary and abstract.

The documents should be sent to the editor to the following e-mail address: almadariaga@hotmail.com.

Articles accepted to be published are posted on the Internet in a PDF file that is of free access. Web Site: <http://www.revistaiiqb.usac.edu.gt>

The Scientific Journal post the following works: 1) Original Articles 2) Review Articles 3) Letters to the editor. Review Articles are considered just as an invitation. Documents must be written in a (1.5 line), font Times, font size 12 and must be numbered at the bottom of each page, including the one where title is located. It must be sent by email in MS Word format. Figures and pictures will be received in JPG format. Charts and graphics will be received in MS Excel format.

Original Articles: They're articles addressed to inform about the results of the original investigation in the fields of: health, industry, technology and environment. They will be placed in the following order:

Title, relationship with the authors and responsible author including address, phone, fax and e-mail. Summary in Spanish language (including five key words at the end) Title and summary in English language (including five key words at the end) length of 250 words in separate sheets.

- o Introduction
- o Methods and Materials
- o Results (tables, graphics and pictures)
- o Discussion
- o Acknowledgement
- o References

Review Articles: The purpose of this section is to present bibliographical-review articles regarding outstanding health, industry, technology and environment matters. These articles compare methods, results and conclusions of original works and they will be shown with invitation only.

Letters for the editor these letters are short statements with the following objectives: 1) Promulgating discussion regarding works published on the magazine.

Letters to the editor: These letters are short memorandums with the purposes of: 1). Stimulate the discussion of published works in the Scientific Magazine or write constructive points of view, no larger than two pages and in a period of time no longer that two months after the article has been published. 2) The communications of short scientific observations. In this case it is permitted threes pages maximum, a spreadsheet or figure and five references.

The quotes in the text, references, spreadsheets and figures have to be elaborated according to the rules of the American Psychological Association, (APA). Every work will have to include a main letter with the name of every author and e-mail addresses.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Edificio T-13, Ciudad Universitaria zona 12
www.revistaiqb.usac.edu.gt
www.revistasguatemala.usac.edu.gt