

Bionatura



Rompiendo paradigmas:
hacia una ciencia multi-, Inter- y trans-disciplinar

Infecciones micóticas Nanotecnología en la agricultura DNA microarrays hongos micorrizo arbusculares
Melanoma Maligno múltiple Acardia fetal Trastornos mentales y disfunción familiar
Vendas textiles terapéuticas *Lycalopex culpaeus reissii* Estrategias adaptativas Caza coordinada

UNIVERSIDAD
YACHAY
TECH



UCO
Universidad Católica de Oriente



clinicalbiotec.com

Yachay Tech es la primera universidad de investigación interdisciplinaria en Ecuador. Su objetivo es convertir a la región Andina en un centro que forme ciudadanos que contribuyan a la tecnología, la economía, la cultura y el espíritu empresarial del mundo.

La Universidad está en búsqueda de investigadores Ph.Ds que deseen unirse al cuerpo docente de su Escuela de Ciencias Biológicas e Ingeniería y que deseen aportar activamente al desarrollo de la institución.

La escuela está liderada por el decano Spiros Agathos, PhD., cuenta con su propio Jardín Botánico para investigación, laboratorios de última tecnología y un importante equipo de trabajo que permite ampliar las conexiones de colaboración para la implementación de grandes proyectos.

Contacto de aplicaciones:
Spiros Agathos, Ph.D
sagathos@yachaytech.edu.ec

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

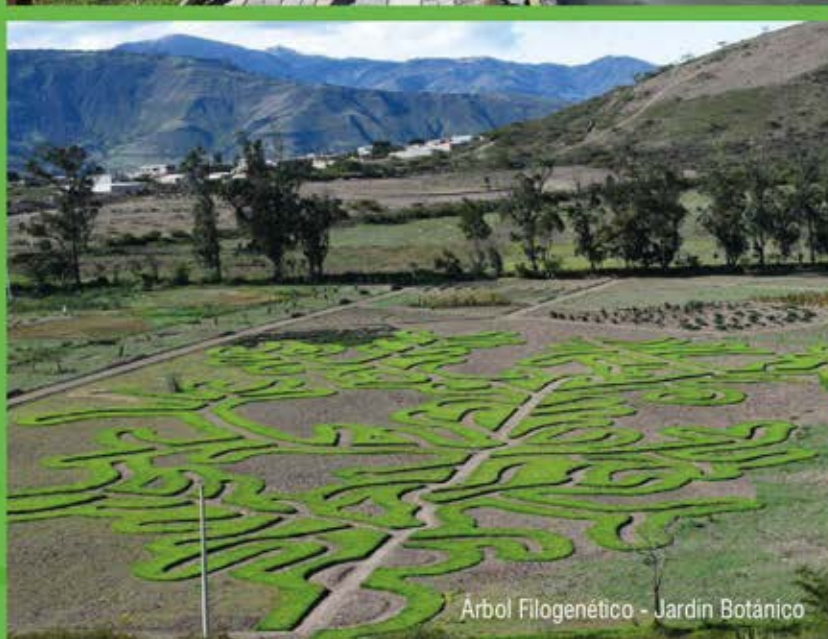
- BIOLOGÍA BÁSICA
- BIOLOGÍA MARINA
- MICROBIOLOGÍA APLICADA
- APLICACIONES BIOMÉDICAS
- CONVERSIÓN DE LA BIOMASA
- ENFERMEDADES INFECCIOSAS
- TECNOLOGÍA BIOFARMACÉUTICA
- PRODUCTOS BIOFARMACÉUTICOS
- EVOLUCIÓN Y GENÓMICA VEGETAL
- RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES
- INGENIERÍA GENERAL DE LOS DISPOSITIVOS
- ELECTRÓNICA MÉDICA Y NANO-DISPOSITIVOS
- SALUD Y DIVERSIDAD DE LA FLORA Y FAUNA MARINA
- CIENCIAS BOTÁNICAS, GENÉTICA DE PLANTAS Y MEJORAMIENTO DE CULTIVOS
- IMAGENOLÓGÍA, NANO EQUIPOS, MECÁNICA DE MICRO FLUIDOS Y DISEÑO BIOMIMÉTICO (BIOINSPIRADO)



Campus Universitario, Urcuquí Ec.



Jardín Botánico Yachay



Árbol Filogenético - Jardín Botánico

Bionatura



La Revista Bionatura publica trimestral en español o inglés trabajos inéditos de investigaciones básicas y aplicadas en el campo de la Biotecnología, la Inmunología, la Bioquímica, Ensayos Clínicos y otras disciplinas afines a las ciencias biológicas, dirigidas a la obtención de nuevos conocimientos, evaluación y desarrollo de nuevas tecnologías, productos y procedimientos de trabajo con un impacto a nivel mundial.

Equipo editorial

Editor Jefe / Chief Editor

Dr. Nelson Santiago Vispo. PhD. Profesor / Investigador. Universidad Yachay Tech, Ecuador.

Consejo Editorial / Editorial Board

-Dr. Spiros N. Agathos, Ph.D. Full Professor and Dean, School of Life Sciences and Biotechnology Yachay Tech University, Ecuador.
 -Dra. Hortensia María Rodríguez Cabrera. Ph.D. Full Professor and Dean, School of Chemical Sciences and Engineering Yachay Tech University, Ecuador.
 -Dr. Gerardo Ferbeyre. Full Professor. Département de biochimie. Faculté de Médecine. Université de Montréal, Canadá.
 -Dra. Luciana Dente. Full Professor. Universidad de Pisa, Italia.
 -Dr. Eduardo López Collazo. Director IdiPAZ Institute of Biomedical Research, La Paz Hospital, España.
 -Dr. Manuel Limonta. Prof. PhD. Director: Regional Office for Latin American and the Caribbean International Council for Science (ICSU).
 -Dr. Amit Chandra, MD, MSC, FACEP Global Health Specialist, Emergency Physician Millennium Challenge Corporation, London School of Economics and Political Science.
 -Dr. Aminael Sánchez Rodríguez. PhD. Director del departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja
 -Dra. Thelvia I. Ramos Gómez. MD, Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ecuador.
 -Dr. Oliberto Sánchez. Profesor Asociado. Universidad de Concepción, Chile.
 -Dr. Jorge Roberto Toledo. Profesor Asociado. Universidad de Concepción, Chile.
 -Dra. Daynet Sosa del Castillo. PhD. Directora del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. CIBE-ESPOL
 -Dr. Dagoberto Castro Restrepo. PhD, Profesor / Investigador. Director Investigación y Desarrollo. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dra. Lilian Spencer. PhD. Profesora Investigadora. Universidad de Yachay Tech, Ecuador.
 -Dra. Consuelo Macías Abraham. Directora del Instituto de Hematología e Inmunología (IHI), de La Habana, Cuba.
 -Dr. René Delgado. PhD. IFAL / Presidente Sociedad Cubana de Farmacología. Cuba
 -Dr. Ramón Guimil. Senior Director. Oligonucleotide Chemistry bei Synthetic Genomics, Estados Unidos.
 -Dra. Vivian Morera. Directora de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Universidad de las Américas, Ecuador.
 -Dr. Eduardo Penton. MD, PhD, Investigador Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba
 -Dr. Luis Trujillo. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ecuador.
 -Dra. Celia Fernandez Ortega. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.
 -Dra. Lisset Hermida. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba
 -Dra. Marbel Torres Arias. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ecuador.
 -Dr. Rachid Seqqat. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ecuador.
 -Dra. Ligia Isabel Ayala Navarrete. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ecuador.
 -Dr. Tirso Pons. Staff Scientist. Structural Biology and Biocomputing Programme (CNIO), España.

Editor General / Editorial Manager

Dr. Julio Pineda Insuasti. PhD. Director / Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ecuador,

-Dra. Maritza Pupo. Profesora investigador. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba.
 -Dr. Fidel Ovidio Castro. Founder, Profesor investigador. Tecelvet, Chile.
 -Dra. Olga Moreno. Partner, Head Patent Division. Jarry IP SpA, Chile.
 -Dr. Che Serguera. French Institute of Health and Medical Research. MIRCen, CEA, Fontenay-aux-Roses Paris, France
 -Dr. Carlos Borroto. Asesor de Transferencia de Tecnología. Dirección General at Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY), México.
 -Dr. Javier Menéndez. Manager Specialist Process and Product 5cP. Sanofi Pasteur, Canadá.
 -Dr. Fran Camacho. PHD Researcher. Universidad de Concepción, Chile
 -Dr. Pedro Valiente. Profesor investigador. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba.
 -Dr. Diógenes Infante. Prometeo / SENESCYT. Especialista de primer nivel en Biotecnología. Universidad de Yachay Tech, Ecuador.
 -Dra. María Elena Fleitas Mesa. Profesora Investigador. Universidad de las Américas, Ecuador.
 -Dra. Georgina Michelena. Profesora Investigador. Organización de las Naciones Unidas. (ONU), Suiza.
 -Dr. Francisco Barona, Profesor Asociado. Langebio Institute, México
 -Dr. Gustavo de la Riva. Profesor Investigador Titular. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, México.
 -Dr. Manuel Mansur. New Product Introduction Scientist (NPI) at Elanco Animal Health Ireland, Irlanda.
 -Dr. José Manuel Pais Chanfrau. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
 -Dr. Reynerio Álvarez. Prometeo / SENESCYT. Especialista de primer nivel en Biotecnología. Universidad Central del Ecuador, Ecuador
 -Dra. Ileana Rosado Ruiz-Apodaca. Profesor / Investigador. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
 -Dr. Carlos Eduardo Giraldo Sánchez. PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -MsC. Nubia Yineth Velásquez Velásquez. Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dr. Mario Alberto Quijano Abril. PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dr. Samir Julián Calvo Cardona. PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dr. Felipe Rojas Rodas. PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dra. Isabel Cristina Zapata Vahos, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia
 -Dr. Felipe Rafael Garcés Fiallos, PhD. Profesor / Investigador. Vicerrectorado de Investigación, Gestión Social del Conocimiento y Posgrado Universidad de Guayaquil (UG), Ecuador
 -Dr. Julio Raúl Fernández Massó, PhD, Investigador Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba

Redacción y Edición / Copyediting and corrections

MSc. José Enrique Alfonso Manzanet.
 Mg. Frey A. Narváez-Villa.
 Victor M. Santiago Padilla

Diseño y Realización gráfica / Graphic design and production
 DI. José Manuel Oubiña González.

Instrucciones para los Autores

Los Trabajos serán Inéditos: Una vez aprobados, no podrán someterse a la consideración de otra revista, con vistas a una publicación múltiple, sin la debida autorización del Comité Editorial de la Revista. La extensión máxima será 8 cuartillas para los trabajos originales, 12 las revisiones y 4 las comunicaciones breves e informes de casos, incluidas las tablas y figuras. Los artículos se presentarán impresos (dos ejemplares). Todas las páginas se numerarán con arábigos y consecutivamente a partir de la primera. Estos deben acompañarse de una versión digital (correo electrónico o CD) en lenguaje Microsoft Word, sin sangrías, tabuladores o cualquier otro atributo de diseño (títulos centrados, justificaciones, espacios entre párrafos, etc.). Siempre se ha de adjuntar la carta del consejo científico que avala la publicación y una declaración jurada de los autores. Referencias Bibliográficas. Se numerarán según el orden de mención en el texto y deberán identificarse mediante arábigos en forma exponencial. Los trabajos originales no sobrepasarán las 20 citas; las revisiones, de 25 a 50 y las comunicaciones breves e informes de casos. En las Referencias en caso de que las publicaciones revisadas esten online se debe proveer un enlace consistente para su localización en Internet. Actualmente, no todos los documentos tienen DOI, pero si lo tienen se debe incluir como parte de la referencias. Si no tuviese DOI, incluir la URL.

Tablas, modelos y anexos: Se presentarán en hojas aparte (no se intercalarán en el artículo) y en forma vertical numeradas consecutivamente y mencionadas en el texto. Las tablas se ajustarán al formato de la publicación se podrán modificar si presentan dificultades técnicas.

Figuras: Las fotografías, gráficos, dibujos, esquemas, mapas, salidas de computadora, otras representaciones gráficas y fórmulas no lineales, se denominarán figuras y tendrán numeración arábica consecutiva. Se presentarán impresas en el artículo en páginas independientes y en formato digital con una resolución de 300 dpi. Todas se mencionarán en el texto. Los pies de figuras se colocarán en página aparte. El total de las figuras y tablas ascenderá a 5 para los trabajos originales y de revisión y 3 para las comunicaciones breves e informes de casos.

Abreviaturas y siglas: Las precederá su nombre completo la primera vez que aparezcan en el texto. No figurarán en títulos ni resúmenes. Se emplearán las de uso internacional.

Sistema Internacional de Unidades (SI): Todos los resultados de laboratorio clínico se informarán en unidades del SI o permitidas por este. Si se desea añadir las unidades tradicionales, se escribirán entre paréntesis. Ejemplo: glicemia: 5,55 mmol/L (100 mg/100 mL).

Para facilitar la elaboración de los originales, se orienta a los autores consultar los requisitos uniformes antes señalados disponibles en: [http://www.fisterra.com/recursos_web/mbelvacouver.htm#ilustraciones%20\(figura\)](http://www.fisterra.com/recursos_web/mbelvacouver.htm#ilustraciones%20(figura))

Los trabajos que no se ajusten a estas instrucciones, se devolverán a los autores. Los aceptados se procesarán según las normas establecidas por el Comité Editorial. El arbitraje se realizará por pares y a doble ciego en un período no mayor de 60 días. Los autores podrán disponer de no más de 45 días para enviar el artículo con correcciones, se aceptan hasta tres reenvíos. El Consejo de Redacción se reserva el derecho de introducir modificaciones de estilo y/o acotar los textos que lo precisen, comprometiéndose a respetar el contenido original. El Comité Editorial de la Revista se reserva todos los derechos sobre los trabajos originales publicados en esta.

- La **Revista Bionatura** es un medio especializado, interinstitucional e interdisciplinario, para la divulgación de desarrollos científicos y técnicos, innovaciones tecnológicas, y en general, los diversos tópicos relativos a los sectores involucrados en la biotecnología, tanto en Ecuador como en el exterior; así mismo, la revista se constituye en un mecanismo eficaz de comunicación entre los diferentes profesionales de la biotecnología.
- Es una publicación sin ánimo de lucro. Los ingresos obtenidos por publicidad o servicios prestados serán destinados para su funcionamiento y desarrollo de su calidad de edición. (<http://revistabionatura.com/media-kit.html>)
- Es una revista trimestral, especializada en temas concernientes al desarrollo teórico, aplicado y de mercado en la biotecnología.
- Publica artículos originales de investigación y otros tipos de artículos científicos a consideración de su consejo editorial, previo proceso de evaluación por pares (peer review) sin tener en cuenta el país de origen.
- Los idiomas de publicación son el Español e Inglés.
- Los autores mantienen sus derechos sobre los artículos sin restricciones y opera bajo la política de Acceso Abierto a la Información, bajo la licencia de Creative Commons 4.0 CC BY-NC-SA (Reconocimiento-No Comercial-Compartir igual).

Esta revista utiliza **Open Journal Systems**, que es un gestor de revistas de acceso abierto y un software desarrollado, financiado y distribuido de forma gratuita por el proyecto Public Knowledge Project sujeto a la Licencia General Pública de GNU.

Nuestros contactos deben ser dirigidos a:

Revista Bionatura: editor@revistabionatura.com

ISSN: 1390-9347 (Versión impresa)

Formato: 21 x 29,7 cm

ISSN: 1390-9355 (Versión electrónica)

Sitio web: <http://www.revistabionatura.com>

Publicación periódica trimestral

Esta revista utiliza el sistema peer review para la evaluación de los manuscritos enviados.

Instrucciones a los autores en:

<http://revistabionatura.com/instrucciones.html>

Asistente de publicación / Publication assistant

Evelyn Padilla Rodriguez (sales@revistabionatura.com)

ÍNDICE / INDEX

EDITORIAL

Rompiendo paradigmas: hacia una ciencia Multi-, Inter- y Trans-disciplinar 345

Breaking paradigms: towards a Multi-, Inter- and Transdisciplinary science 346

Hortensia María Rodríguez Cabrera

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.1

CARTA AL EDITOR

Infecciones micóticas: esas enfermedades relegadas de la salud pública 348

Mycotic infections: those diseases relegated from public health

Jeannete Zurita

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.2

INVESTIGACIÓN

Estudio comparativo in vitro de estrategias adaptativas en especies de *Hylocereus*, Cactaceae, con distribución ecológica contrastada. 352

*In vitro comparative study of adaptive strategies in *Hylocereus* species, Cactaceae, with contrasted ecological distribution.*

Máximo Moreira-Palacios^{1}, Aminael Sánchez-Rodríguez¹*

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.3

INVESTIGACIÓN

Efectos de la interacción de hongos micorrizo arbusculares (HMA) y *Meloidogyne javanica* en plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). 361

*Effects of interaction between arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) and nematode *Meloidogyne javanica* in plants of passion fruit (*Passiflora ligularis*).*

Jorge A. Sierra-Escobar¹, Rafael A. Navarro Alzate² y Gabriel J. Yepes³

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.4

INVESTIGACIÓN

Evaluación de la incidencia del Virus de la marchitez moteada del tomate (TSWV) en arvenses asociadas al cultivo de crisantemo en el Valle de San Nicolás. 367

Incidence of Tomato spotted wilt virus (TSWV) in associated weeds to chrysanthemum crops in San Nicolas Valley, Antioquia.

Elizabeth Castro¹, Mario Quijano², Nubia Velásquez³

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.5

INVESTIGACIÓN

Prevalencia de trastornos mentales y disfunción familiar en la parroquia urbana de Urcuquí-Imbabura. 373

Prevalence of mental disorders and family dysfunction in the urban parish of Urcuquí

Yesenia Acosta Vinueza¹, Rodrigo Alvear Reascos², Secundino González Pardo³, Yu Ling Reascos Paredes⁴, Gabriela Monroy⁵

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.6

REPORTE DE CASOS / CASE REPORT

Melanoma Maligno múltiple en un mismo paciente. A propósito de un caso. 380

Multiple malignant melanoma in the same patient. About a case.

Adrian Isacc Nieto Jiménez

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.7

REPORTE DE CASOS / CASE REPORT

Acardia fetal, reporte de un caso, enfoque médico y psicosocial. 383

Acardia fetal, reporting a case, medical and psychosocial approach.

Alvear Reacos Rodrigo Roberto¹, Aguinaga Egas Patricio², Acosta Vinueza Yesenia³, Gonzales Pardo Secundino⁴, Reascos Paredes Yu Ling⁵

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.8

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Nanotecnología en la agricultura. 388

Nanotechnology in agriculture.

Dagoberto Castro-Restrepo

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.9

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Vendas textiles terapéuticas con extractos vegetales ecuatorianos: una revisión. 394

Bandages therapeutic textiles with natural extracts: a review.

Carlos Santillán De La Torre¹, Julio Pineda Insuasti², Stefanía Duarte Trujillo³, Marcelo Puente Carrera¹, Elsa Mora Muñoz¹, Alexandra Jácome Ortega¹, Claudia Soto Arroyave⁴, Alejandro Pineda Soto⁵.

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.10

NOTICIAS Y OPINIONES ECOLOGIA

Caza coordinada. 400

Coordinated hunting.

Lizbeth Zamora Mendoza

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.11

NOTICIAS Y OPINIONES ECOLOGIA

Lycalopex culpaeus reissii, el segundo cánido más grande de Sudamérica. 404

Lycalopex culpaeus reissii, the second largest canid in South America.

Domenica Garzón, Carlos Chipatinza, Argenis Andrade, Esther Matamoros

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.12

NOTICIAS Y OPINIONES TÉCNICAS

DNA microarrays: Recent Advances 408

Microarreglos de ADN: Avances Recientes

Henry J. Herrera¹, Marlon Gancino¹

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.13

EDITORIAL

Rompiendo paradigmas: hacia una ciencia Multi-, Inter- y Trans-disciplinar Breaking paradigms: towards a Multi-, Inter- and Transdisciplinary science

Hortensia María Rodríguez Cabrera

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.1

De manera general, se pueden distinguir dos grandes períodos en el proceso del desarrollo del método científico directamente relacionados con dos grandes etapas de la historia universal de la ciencia: la etapa filosófica, donde la filosofía y la ciencia constituían un único cuerpo de conocimiento, y la etapa de la separación del conocimiento en saber filosófico y saber científico. Si bien durante la primera etapa se produce la integración de los conocimientos; durante el segundo período se potencia la diferenciación de los mismos mediante la separación en ramas o disciplinas, surgiendo lo que conocemos como las fronteras disciplinarias y/o especialización.

A partir de este punto, hemos sido partícipes del proceso de separación y delimitación de objetos de estudio en la ciencia dentro de disciplinas como la física, la química, la biología, las matemáticas y las ciencias sociales. Sin embargo, la realidad no existe fragmentada, y a pesar de que el proceso de especialización “*per se*” abarcó determinadas áreas relativamente cercanas difuminando fronteras entre algunas disciplinas, es un hecho que los problemas científicos del mundo moderno deben ser enfrentados desde las diferentes disciplinas, potenciando una visión integradora que permita encontrar la solución al problema en cuestión (Visión Multi- e Inter- disciplinar). Con la integración Multi-disciplinar, se logra que varias disciplinas coincidan para cumplir un determinado objetivo sin que esta convergencia implique un diálogo o interacción entre las partes, mientras que con la Inter-disciplina, se promueve la reunión de varias disciplinas, por lo que se implica la multidisciplinariedad, pero el objetivo en común se aborda desde la unión de las disciplinas involucradas en solucionar el problema es cuestión. Sin embargo, ¿es este enfoque suficiente?

Cuando desde la ciencia, debemos resolver problemas complejos de la actual sociedad globalizada, necesitamos utilizar una forma de estudio donde los investigadores vayan más allá de los límites de los campos académicos (la Trans-disciplinariedad), por lo que debemos estar preparados para este nuevo enfoque en el cual las fronteras entre todas las disciplinas desaparecen, dando paso a la cooperación dentro de la comunidad científica involucrada, pero también generando debate entre la investigación y la sociedad en general. Este nuevo enfoque, implica replantearnos además cómo educaremos a los científicos del mañana y romper con los esquemas de los programas de estudio tradicionales, que tienden a ser lineales y fragmentados. Necesitamos migrar a un sistema de educación superior que potencie en los estudiantes su capacidad para contribuir a la innovación de la tecnología, así como para definir y resolver problemas, sobre la base de un pensamiento crítico y creativo. Para ello, debemos darles las herramientas básicas necesarias desde el punto de vista académico, pero deben ser los propios estudiantes quienes diseñen proactivamente su propio aprendizaje en base a las necesidades, deslindándose de los sistemas tradicionales, rompiendo las fronteras y

los esquemas auto adquiridos como consecuencia de la especialización, lo que conllevaría a lograr el establecimiento de la ciencia transdisciplinar.

En este sentido, desde hace algunos años reconocidas instituciones de educación superior han dado los primeros pasos, incorporando los aspectos relacionados con la transdisciplinariedad en sus programas de estudio: se crean nuevas carreras cuya formación inicial es idéntica para aportar los conocimientos básicos necesarios de cada disciplina (tronco común) y a partir del 2do o 3er año de estudio se ofertan módulos a libre elección, favoreciendo la formación integral; los estudiantes se vinculan a grupos de investigación desde los primeros años de sus estudios de pregrado; se diseñan prácticas de laboratorio en las diferentes asignaturas que fomenten la multi-, la inter- y la transdisciplinariedad; entre otros. Por otra parte, cada vez es más común encontrar Departamentos de Ciencias e Ingenierías Transdisciplinar, que incorporan en sus currículos una fusión de una amplia gama de campos como la las matemáticas, la química, la física, la biología, las ingenierías, incluyendo incluso política y planificación ambiental, economía aplicada y sociología. Todo esto ha contribuido a la aparición de nuevos títulos de grado y postgrado relacionados con la transdisciplinariedad, como la Licenciatura en Ciencia e Ingeniería Transdisciplinar de Tokio Tech, o el Master en Ciencias de la ingeniería de Oxford, el cual abarca una amplia gama de temas (desde la microelectrónica hasta las plataformas petrolíferas costa afuera), e implica la aplicación del razonamiento creativo, la ciencia, las matemáticas y la experimentación a los problemas reales.

Queda mucho por hacer, pero indiscutiblemente nos encontramos en un punto de inflexión que nos presenta el camino dinámico hacia una Ciencia Transdisciplinar. La realidad es compleja, los problemas de la sociedad que deben ser abordados desde la ciencia también lo son, por lo que la vía para solucionarlos debe partir de la misma realidad. La ciencia transdisciplinar es el enfoque adecuado para promover la innovación en la tecnología, pues de esa manera se logrará una mayor integración de las disciplinas y/o especializaciones adquiridas. Debemos romper los esquemas mentales previamente establecidos, difuminar las fronteras en las que diferenciamos cada disciplina y dar lugar así al surgimiento de un conocimiento integral e integrado que, puesto en función de los problemas de la Sociedad actual, contribuirá a solucionarlos y avanzar hacia la Ciencia del presente y del futuro, la Ciencia Transdisciplinar.



ESCUELA DE
CIENCIAS QUÍMICAS
E INGENIERÍA

Breaking paradigms: towards a Multi-, Inter- and Transdisciplinary science

In general, two periods can be distinguished in the development of the scientific method, which are directly related to two stages of the universal History of Science: the philosophical period, where philosophy and science constituted a single body of knowledge; and the era of the separation into philosophical and scientific knowledge. Although during the first stage the integration of knowledge occur, during the second mentioned period the differentiation is strengthened through the separation in branches or disciplines, arising what we know as the disciplinary boundaries and / or specialization.

From this point, we have been participants in the process of separation and delimitation of objects of study in science within disciplines such as physics, chemistry, biology, mathematics and social sciences. However, reality does not exist fragmented, and although the process of specialization "per se" encompassed certain relatively close areas blurring boundaries between some disciplines, it is a fact that scientific problems of the modern world must be faced from the different disciplines, enhancing an integrative vision allowing the solution to the problem in question (Multi- and Interdisciplinary Vision). With the Multi-disciplinary integration, it is possible that several disciplines coincide to fulfill a certain objective without convergence imply a dialogue or interaction between the parts, whereas with the Inter-discipline, the convergence of several disciplines is promoted allowed involve Multidisciplinary, but the common goal is tackled from all disciplines. However, is this approach enough?

When from science, we must solve complex problems of the current globalized society, we need to use a form of study where researchers go beyond the limits of the academic fields (the Trans-disciplinary), so we must be prepared for this new approach in which the boundaries between all disciplines disappear, promoted the cooperation within all scientific community, but also generating discussion between scientists and society. This new approach also involves rethinking how we will educate the future scientists, breaking the schemes of traditional academic curricula, which tend to be linear and fragmented. We need to migrate to a higher education system that empowers students with their capacity to contribute to technology innovation, as

well as to define and solve problems, based on critical and creative thinking. To do this, we must give them the necessary basic tools from the academic spaces, but the students themselves must proactively design their own learning based on needs, bypassing traditional systems, breaking boundaries and self-acquired schemes as a result of specialization, which would lead to the establishment of transdisciplinary science.

In this sense, recognized institutions of higher education have taken the first steps for some years, incorporating the aspects related to transdisciplinary in their programs: 1) new careers are created whose initial training is identical to provide the necessary basic knowledge of each discipline (common core) and from the 2nd or 3rd year, modules are offered at free choice, favoring the integral formation; 2) students are engaged to research groups from the first years of their undergraduate studies; 3) laboratory practices are designed combining different subjects and promoting multi-, inter- and transdisciplinary; among others. On the other hand, is increasingly common to find Departments of Sciences and Transdisciplinary Engineering, which incorporate in their curricula a fusion of a wide range of fields such as mathematics, chemistry, physics, biology, engineering, including even politics, and environmental issues, as well as applied economics and sociology. All this has contributed to the emergence of new undergraduate and graduate degrees related to transdisciplinary, such as the Bachelor of Science and Transdisciplinary Engineering of Tokyo Tech, or the Master of Science in Engineering of Oxford, which covers a wide range of topics (from microelectronics to offshore oil platforms), and involves the application of creative reasoning, science, mathematics and experimentation to real problems.

Much remains to be done, but unquestionably we are at a turning point towards Transdisciplinary Science. The reality is complex, the problems of society that must be faced from science are also complicated, so the way to solve them must start since the same reality. Transdisciplinary science is the right approach to promote innovation in technology, because in this way a greater integration of the acquired disciplines and / or specializations will be achieved. We must break the previously established mental schemes, blur the borders in which we differentiate each discipline, and thus give rise to the emergence of an integral and integrated knowledge, which allows the solution of the problems of the today's society, will help to solve them and move towards Transdisciplinary.



*Hortensia M. Rodríguez Cabrera, PhD
Decana / Dean
Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería /
School of Chemical Sciences & Engineering
Yachay Tech University
hmrodriguez@yachaytech.edu.ec*

Biotecnología para la producción y la vida



Técnicas Agrícolas | Cultivo de Tejidos | Bioproductos
Fitopatología/Microbiología | Biología Molecular | Biorremediación



CARTA AL EDITOR

Infecciones micóticas: esas enfermedades relegadas de la salud pública

Mycotic infections: those diseases relegated from public health

Jeannete Zurita

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.2

Se estima que más de 300 millones de personas de todas las edades sufren de una infección fúngica grave cada año en todo el mundo. De estas, más de 1,66 millones de personas mueren anualmente, en comparación con las muertes causadas por malaria, SIDA y tuberculosis que son de 600.000, 1.200.000 y 1.540.000 respectivamente.

El espectro de las infecciones ocasionadas por algún tipo de hongo es muy amplio, desde una infección de la piel, una infección de la córnea que puede terminar en ceguera, hasta una infección pulmonar severa o infección sistémica que acabe con la vida del paciente. A diferencia de la mayoría de infecciones bacterianas o virales que se transmiten de persona a persona, los hongos se adquieren del medio ambiente; aire o por inoculación. Apenas dos tipos de infecciones fúngicas se adquieren por contacto con otro individuo: micosis cutáneas que son el problema médico más común con casi mil millones de personas afectadas y la neumonía por *Pneumocystis jirovecii*, (NPJ), cuyos casos totales son desconocidos. Se ha demostrado un vínculo entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el diagnóstico de NPJ, lo que podría proporcionar una explicación de la epidemiología en los entornos tropicales y de bajos ingresos. Las primeras descripciones de NPJ fueron asociadas con pacientes VIH, pero actualmente están involucrados pacientes trasplantados, bajo terapia con corticoides o terapia biológica y pacientes con neoplasias. La neumonía por este hongo en personas normales es rara, por lo que difícilmente logra ser un impulsor para los programas de salud pública, fuera de la infección por el VIH, que sí es un foco global importante para la salud pública.

Tinea capitis sigue siendo una infección común con tasas de prevalencia superiores al 40% en algunas comunidades. Hace 50 años, existía una voluntad pública y gubernamental para encontrar medidas de control adecuadas; sin embargo esta infección ya no se considera como una prioridad de salud. El control de la *Tinea capitis* no es imposible, gracias a la comprensión actual de la inmunología y la susceptibilidad del huésped, incluyendo los últimos hallazgos de determinadas mutaciones del gen CARD9 asociados con la dermatofitosis profunda generalizada¹. Similarmente, *Tinea pedis* (pie de atleta) es también una de las enfermedades infecciosas más frecuentes en los países desarrollados. El 25% de la población occidental desarrollará esta enfermedad inflamatoria entre los dedos de los pies y la planta del pie al menos una vez en su vida y un porcentaje no menos importante probablemente curse este momento con una onicomicosis. La tasa real de estas infecciones fúngicas de piel, pelo y uñas es prácticamente desconocida dado que no son de notificación

obligatoria. Pero se conoce que ocupan el cuarto lugar después de las caries dentales, la cefalea tensional y la migraña.

Las micosis subcutáneas incluyen un grupo heterogéneo de infecciones fúngicas que se desarrollan en el sitio del trauma cutáneo. Este tipo de infecciones evolucionan muy lentamente a medida que el agente etiológico sobrevive y se adapta al tejido del huésped. Son infecciones graves, que trastornan la vida de quienes la padecen. Cuantos campesinos son afectados por estas infecciones que suelen ser silenciosas lentas y deformantes. Las principales infecciones fúngicas subcutáneas incluyen esporotricosis, cromoblastomicosis, micetoma, lobomicosis, rinosporidiosis, zigomicosis subcutánea, y phaeohyphomycosis subcutánea. Sin embargo, solo el micetoma ha sido recientemente catalogado por la OMS como Enfermedad Tropical Desatendida. (Figura 1)

Es bien conocido que los pacientes inmunocomprometidos están más predispuestos a las micosis sistémicas, pero estas pueden también desarrollarse en pacientes sanos. Las micosis sistémicas se pueden dividir entre dos variedades principales, infecciones respiratorias endémicas e infecciones oportunistas. Como resultado de los tratamientos usados actualmente para las enfermedades malignas y VIH/SIDA, y los avances en las intervenciones de unidades de cuidados intensivos (UCI) y trasplante de órganos, han ocasionado un aumento en varias infecciones oportunistas por hongos. Cuando todos los grupos de riesgo se consideran como un todo, se observa que el patógeno principal es la especie *Candida*². En los EE.UU., se encuentra entre los cinco patógenos principales que causan fungemia y las especies de *Candida* causan un 8% a 10% invasión del torrente sanguíneo. Los estudios de vigilancia basados en la población informan que la incidencia anual de infecciones por *Candida* es de 8 por 100.000 habitantes. En América Latina en un estudio realizado en 7 países³ se encontró que de 672 episodios de candidemia, 297 (44,2%) ocurrieron en niños (23,7% menores de 1 año), 36,2% en adultos entre 19 y 60 años y 19,6% en ancianos. La incidencia general fue de 1,18 casos por 1.000 ingresos y variaron de un país a otro, siendo la más alta en Colombia y la más baja en Chile. La supervivencia a los 30 días (datos disponibles en 583 episodios) fue del 59,3%. Los pacientes ancianos tuvieron la tasa de supervivencia a 30 días más baja (37,7%), seguidos por neonatos (59,7%), adultos (61,9%), lactantes (73,3%) y niños mayores (73,7%). A pesar de los avances logrados en el diagnóstico y tratamiento de la candidiasis, la infección todavía causa altas tasas de mortalidad. (Figura 2)



Fig. 1. El micetoma es una enfermedad crónica que se adquiere probablemente por inoculación traumática de determinados hongos o bacterias en el tejido subcutáneo. Afecta generalmente al pie, aunque puede involucrar a cualquier otra parte del cuerpo. La foto corresponde a un campesino de la Costa ecuatoriana infectado el pie por el hongo dematiáceo *Fonsecaea pedrosoi*.

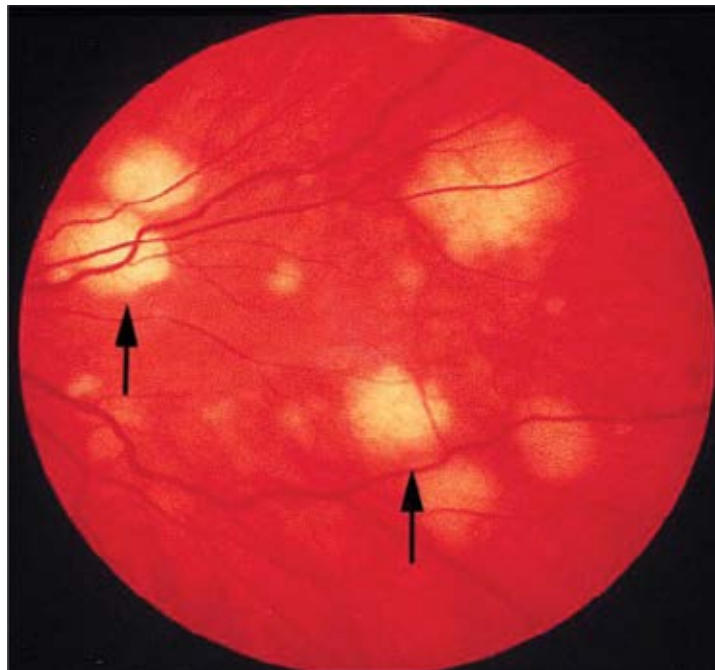


Fig. 2. La *Candida* es la causa más frecuente de endoftalmitis fúngica endógena. El 16 % de las candidemias producen afectación ocular. Los factores predisponentes son el uso de drogas por vía endovenosa, los catéteres y la inmunodepresión. En la exploración de fondo de ojo se puede encontrar foco de coriorretinitis (único o múltiples) de aspecto algodonoso que afecta al polo posterior.

La prevalencia de vulvovaginitis candidiásica es más alta entre las mujeres en sus años reproductivos. Un 55 por ciento de las estudiantes universitarias informan haber tenido por lo menos un episodio a los 25 años, 29 a 49 por ciento de las mujeres premenopáusicas reportan tener por lo menos un episodio de la vida, y el 9 por ciento de las mujeres indican haber tenido cuatro o más infecciones en un período de 12 meses es decir, candidiasis vulvovaginal recurrente (CVVR). En mujeres con una infección inicial, la probabilidad de CVVR fue del 10 por ciento a la edad de 25 años, y el 25 por ciento a la edad de 50 años. LA CVVR es un verdadero dolor de cabeza para las mujeres que la padecen y para sus ginecólogos.

La queratitis microbiana sigue siendo la quinta causa de ceguera en todo el mundo, diversas series indican que entre el 6 al 60 por ciento de los casos son causadas por hongos. Estas infecciones son más prevalentes en las regiones tropicales y subtropicales de los países de ingresos bajos y medianos y están relacionados con las actividades agrícolas. Retrasos o falla en el diagnóstico a menudo conducen a la ceguera, problemas psicológicos y una limitación en la capacidad de trabajo.

Las micosis son infecciones mucho más frecuentes de lo que

se cree. ¿Por qué entonces las infecciones causadas por hongos son enfermedades desestimadas en todo el mundo? Probablemente se deba a la falta de interés de las infecciones micóticas por la salud pública, con mayor interés en las enfermedades transmisibles por agua, mosquitos, gotitas o vía sexual. Además, a la ausencia de enseñanza en las mallas curriculares de medicina sobre mohos y levaduras y probablemente a que todas las infecciones fúngicas graves requieren pruebas especializadas para el diagnóstico y en muchos países no cuentan con ellas, actualmente. En el Ecuador apenas en el 2016 se empezó a realizar Galactomanano para diagnóstico de Aspergillosis Invasiva y hasta el día de hoy no contamos con β -D-Glucano para diagnóstico de infecciones fúngicas invasivas como candidiasis, principalmente.

Ante esta situación de desatención por parte de la salud pública de las infecciones fúngicas varias organizaciones han llamado la atención a este problema una de ellas es GAFFI (por sus siglas en inglés Global Action Fund for Fungal Infections) que ha puesto sobre el tapete a los cientos de millones afectados por la enfermedad fúngica (<http://www.gaffi.org/>). Su misión es mejorar la salud de los pacientes que sufren de infecciones fúngicas graves a través de una mejor atención al paciente, un mejor acceso

a los diagnósticos y el tratamiento, y por la provisión de recursos educativos a los profesionales de la salud. Se ha logrado una serie de documentos de 14 países que cubren 883 millones de personas de todos los continentes (12,5% de la población mundial) es un paso clave para colocar las enfermedades fúngicas graves en la agenda de salud pública. En general, alrededor del 2% de la población de cada país está afectada, algunos más, otros menos⁴.

Existe una escasez de datos del Ecuador sobre la carga de entidades de enfermedades fúngicas potencialmente mortales; por lo tanto, nosotros estimamos la carga de infecciones fúngicas graves en Ecuador basadas en las poblaciones de riesgo y en las epidemias, bases de datos y publicaciones⁵. La estimación en la población VIH/SIDA con riesgo de enfermedad fúngica (<200 recuentos de células CD4) es ~10.000, con una tasa de 11.1% (1100) de Histoplasma, 7% (700) de meningitis criptocócica y 11% (1070) de NPJ. La carga de candidemia es 1037. La candidiasis vulvovaginal recurrente afecta 307.593 mujeres ecuatorianas de 15-50 años. Aspergilosis pulmonar crónica probablemente afecta a ~476 pacientes después de la tuberculosis. Se estima que la aspergilosis invasiva afecta a 748 (5,5 / 100.000). Adicionalmente, las Aspergilosis broncopulmonar alérgica (ABPA) en asma y asma grave con sensibilización por hongos (conocida como SAFS por sus siglas en inglés Severe Asthma with Fungal Sensitizations) puede afectar a 26.642 y 45.013 personas, respectivamente. Nuestras estimaciones indican que 433.856 (3%) de la población en Ecuador está afectado por una infección fúngica grave. Se des-

conoce la cifra exacta del número de laboratorios micológicos con los que cuenta el país y cuantos asistenciales-hospitalarios están en capacidad de identificar hongos. El Ecuador no cuenta con antifúngicos como natamycina, 5-fluocitosina y no es fácil conseguir anfotericina liposomal a tiempo⁵.

Las infecciones causadas por levaduras y mohos, causan más de un millón y medio de muertes al año en todo el mundo, es fundamental que entren a formar parte de los programas de prevención, es inminente mejorar el diagnóstico, incentivar la enseñanza médica de estas enfermedades y contar permanentemente con medicinas apropiadas para su tratamiento.

Referencias bibliográficas

1. Hay R. Tinea Capitis: Current Status. Mycopathologia 2017; 182:87-93
2. Pfaller MA, Diekema DJ. Epidemiology of invasive candidiasis: a persistent problem. Clin Microbiol Rev. 2007; 20:133-163.
3. Nucci M, Queiroz-Telles F, Alvarado-Matute T, et al. Epidemiology of Candidemia in Latin America: A Laboratory-Based Survey. PLoS One. 2013; 8(3): e59373.
4. Denning D. Calling upon all public health mycologists to accompany the country burden papers from 14 countries. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2017; 36:923-924.
5. Zurita J, Denning DW, Paz-y-Miño A, et al. Serious fungal infections in Ecuador. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2017; 36: 975-981.

*Dra. Jeannete Zurita MD MSc
Médica Microbióloga*

www.zuritalaboratorios.com

Quito - Ecuador

jeannetezurita@zuritalaboratorios.com

La Revista Bionatura se encuentra indexada en:



INTERNATIONAL
Scientific Indexing



Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



Google
scholar



ROAD DIRECTORY
OF OPEN ACCESS
SCHOLARLY
RESOURCES



y una copia online de la versión impresa en:



REALIZAMOS PRUEBAS EN:

- Microbiología
- Parasitología
- Marcadores Tumorales
- Biología Molecular
- Citología Vaginal
- Coagulación y Hemostasia
- Endocrinología
- Hematología
- Inmunología
- Bioquímica Clínica
- Uroanálisis
- Toxicología y Drogas
- Citometría de Flujo
- Micología

PBX.: 3 945 120

INVESTIGACIÓN + DOCENCIA + SERVICIO

www.zuritalaboratorios.com

contacto@zuritalaboratorios.com

INVESTIGACIÓN

Estudio comparativo *in vitro* de estrategias adaptativas en especies de *Hylocereus*, Cactaceae, con distribución ecológica contrastada.

In vitro comparative study of adaptive strategies in *Hylocereus* species, Cactaceae, with contrasted ecological distribution.

Máximo Moreira-Palacios¹, Amina Sánchez-Rodríguez¹

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.3

RESUMEN

Hylocereus ocamponis e *Hylocereus triangularis* son dos especies de cactáceas estrechamente relacionadas filogenéticamente pero que muestran hábitos de crecimiento completamente contrastados. La primera abunda en ecosistemas secos y la segunda en bosque tropical lluvioso, en bosques secos occidentales y la región amazónica del Ecuador, respectivamente. En el presente trabajo se empleó el cultivo *in vitro* como plataforma para el estudio de adaptaciones en ambas especies. El cultivo *in vitro* ofrece la posibilidad de estudiar de forma comparada la respuesta de explantes a reguladores del crecimiento en condiciones altamente controladas. Se evaluaron combinaciones de reguladores de crecimiento thidiazuron (TDZ), bencil amino purina (BAP), ácido naftalenacético (NAA), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y Kinetina (KIN) en diferentes tipos de explantes para estudiar sus respuestas morfológicas y hacer una relación con la tolerancia al estrés y capacidad adaptativa (plasticidad fenotípica) en *H. ocamponis* y *H. triangularis*. Los explantes de *H. triangularis* mostraron un mayor rango dinámico de respuesta a los tratamientos, especialmente durante la formación de cladodios y callos; la mejor formación de brotes (1,5 por explante) y callos (0,75 por explante) fue al aplicar 0,5 µl de TDZ con 0,5 µl de NAA. Los explantes de *H. ocamponis* mostraron casi siempre una inhibición ante los tratamientos y la mejor respuesta fue a la formación de raíces (1,43 por explante con 5 µl de BAP) lo que puede estar directamente relacionado con su hábitat de procedencia. El cultivo *in vitro* resultó ser una metodología útil para el estudio de adaptaciones en especies con distribución ecológica contrastada y reveló una gran plasticidad en *H. triangularis* lo que concuerda con su capacidad de expansión de hábitat.

Palabras clave: *Caryophyllales*, *Cactaceae*, *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus triangularis*, cultivo *in vitro*, estrés abiótico, reguladores de crecimiento vegetal, plasticidad fenotípica en plantas.

ABSTRACT

Hylocereus ocamponis and *Hylocereus triangularis* are two phylogenetically closely-related cacti species that show completely different growth habits. The first species occurs in dry ecosystems while the second one grows in the tropical rainforest, in dry forest western and the amazonic region Ecuadorian. In this work, *in vitro* culture was used as platform to study adaptations in both species. *In vitro* culture offers the possibility to compare responses to growth regulators under highly controlled conditions. Combinations of growth regulators (TDZ, BAP, NAA, 2,4-D and KIN) were evaluated in different types of explants to study their morphogenetic responses and make a connection with stress tolerance and adaptive capacity (phenotypic plasticity) in *H. ocamponis* and *H. triangularis*. *H. triangularis* showed a greater dynamic range of responses to the assayed treatments, especially during callus and cladode formation. Treatments produced in most cases an inhibition in *H. ocamponis* explants compared to the untreated control except during root induction, which can be directly related to its growing habits. *In vitro* culture proved to be a useful methodology to study adaptations in species with contrasting ecological distributions and revealed a great plasticity in *H. triangularis* that is consistent with its capacity to conquer new habitats.

Keywords: *in vitro* culture, stress, *Hylocereus*, growth regulators, plant phenotypic plasticity.

Introducción

La relación entre distribución geográfica, hábitos de crecimiento, adaptabilidad, supervivencia y conservación son temas aún no comprendidos a cabalidad en varias especies vegetales¹⁻³. Una de las razones que podría explicar este vacío en nuestro conocimiento es la lenta tasa de crecimiento de muchas plantas^{4,5} lo que impide estudiar sus adaptaciones *in situ*. Una alternativa para circunvalar esta limitación reside en estudiar las adaptaciones de especies de interés en condiciones *in vitro*. El cultivo *in vitro* ofrece la posibilidad de controlar y acelerar las condiciones de crecimiento en especies vegetales y se ha demostrado que es una herramienta que permite estudiar mecanismos adaptativos en plantas^{6,7}.

El empleo de métodos de cultivo *in vitro* para acelerar el crecimiento vegetal es particularmente atractivo en cactáceas, las cuales son ampliamente conocidas por su lento desarrollo en condiciones naturales. El crecimiento *in vitro* de cactáceas se acelera debido a la alta humedad relativa y alta concentración de azúcares que facilitan un incremento en el rango fotosintético⁸⁻¹⁰. Se ha comprobado que *Coryphantha minima*, una cactácea en peligro de extinción, creció 7 veces más rápido en condiciones *in vitro* que en su medio natural¹¹.

El cultivo *in vitro* se basa en el principio de la totipotencia celular, el cual establece que cualquier célula vegetal puede regenerar una planta completa⁸. Las técnicas de cultivo *in vitro* permiten estudiar procesos fisiológicos y bioquímicos que se dan en las plantas

¹ UUniversidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Biológicas. San Cayetano Alto, Apartado Postal 11-01-608, Loja, Ecuador.

Autor de correspondencia: momoreira@utpl.edu.ec

como respuesta a condiciones ambientales, nutricionales u hormonales. Estos procesos son determinados por varios factores como el tipo y tamaño del material vegetal, constitución genética, edad del órgano o tejido, estado fisiológico/sanitario, ubicación del explante dentro de la planta e incluso la forma en la que se coloque el explante en el medio de cultivo^{8,12,13}.

Es importante señalar que el cultivo *in vitro* como tal constituye una fuente de estrés para el material vegetal el cual debe adaptarse a las nuevas condiciones *in vitro*. El estrés se define como la exposición a condiciones ambientales potencialmente adversas (estresores) que alteran el crecimiento y desarrollo de una planta desencadenando una amplia gama de respuestas, que pueden ir desde una alteración de su expresión génica y del metabolismo celular a cambios en su crecimiento^{14,15}. Superada la fase de introducción *in vitro*, el material vegetal se expone a nuevas condiciones de desarrollo y por tanto de estrés, siendo una de las más comunes el uso de reguladores de crecimiento vegetal (auxinas, citoquininas, giberelinas, entre otros). Los reguladores de crecimiento promueven la diferenciación y desdiferenciación de tejidos mediante variados mecanismos entre los cuales está el control del ciclo celular, y además son conocidos por generar una diversidad de respuestas¹². Durante el cultivo *in vitro* se pueden observar otros fenómenos no deseados como la hiperhidricidad que es inducida principalmente por las citoquininas^{16,17} o procesos de fenolización, desarrollo radicular anormal e ineficiente o mal formación de brotes como respuesta al estrés^{18,19}. La respuesta observada dependerá en gran medida del tipo de explante los cuales varían significativamente entre sí.

Aunque en principio cualquier tejido u órgano de la planta puede ser utilizado como explante de inicio para la introducción *in vitro*, de éste, en gran parte, va a depender el proceso de diferenciación y propagación y por ende la calidad de sus propágulos. En el caso de las Cactáceas, dada su particularidad de formas, se emplean explantes que contengan areolas, con cortes en partes basales, medias o apicales en las cuales se evalúan condiciones óptimas para activar respuestas morfogenéticas^{20,21}. A partir de estos explantes, el cultivo *in vitro* en cactáceas se ha utilizado como una alternativa a la propagación tradicional por semillas ya que estas pueden presentar bajos rangos de germinación¹³. El comportamiento que tienen las cactáceas frente a los reguladores de crecimiento es particularmente variable entre especies. Varios autores sostienen que estas diferencias no son debidas a variaciones en los niveles endógenos hormonales entre especies, ya que las cactáceas de forma general presentan altos niveles endógenos de auxinas y de citoquininas²²⁻²⁶. Esto sugiere que la variabilidad de respuesta a condiciones *in vitro* entre especies se deba fundamentalmente a otros factores genéticos, no relacionados con la expresión de genes que participan en la síntesis de hormonas endógenas, y epigenéticos. Estos últimos son indicadores directos de diferencias en adaptaciones a niveles de estrés entre especies²⁷.

Se conoce que las respuestas de las especies vegetales a las condiciones de cultivo *in vitro* dependen de su genotipo²². Las células vegetales que entran al proceso de desdiferenciación *in vitro*, borran una parte de sus marcas epigenéticas (modificaciones del ADN como la metilación que determinan el estado de expresión de varios genes) para recuperar su totipotencia²⁸. Es por ello que las diferencias en la capacidad regenerativa entre genotipos pudiera deberse a la rapidez o facilidad con que las marcas epigenéticas se borran o reprograman²⁹. Adicionalmente las plantas pueden tener una memoria de estrés en su cromatina, probablemente característica de las condiciones que enfrentan en su hábitat natural y que influye en las reacciones de la célula y su desarrollo^{18,30}.

En el presente trabajo se estudiaron adaptaciones en dos especies de cactáceas del género *Hylocereus* las cuales se encuentran naturalmente distribuidas en dos regiones tropicales y subtropicales³¹. La particularidad de estas especies es que a pesar de su cercanía genética difieren considerablemente en su hábitat natural. Mientras que *H. triangularis* se encuentra en bosques húmedos de la amazonía con precipitaciones sobre los 2000 mm anuales³², *H. ocamponis* se encuentra en bosques secos que no so-

brepan los 600 mm anuales³³. Morfológicamente *H. ocamponis* es más globosa que *H. triangularis*, y es similar a otras especies de hábitats cálidos y secos que presentan mayor globosidad³⁴. Aunque no se han encontrado reportes que comparen la generación de raíces en estas dos especies, este puede ser distinto dado que una especie vive en un ambiente hidromórfico y la otra en un xeromórfico³⁵.

El conocimiento de la capacidad adaptativa y formas de desarrollo en base a su hábitat natural en especies de *Hylocereus* permitirían plantear estrategias de manejo y conservación de estas especies. Ello es particularmente importante en el caso de *H. ocamponis* que se encuentra con un alto nivel de riesgo en sus poblaciones³⁶. Para generar conocimiento sobre el potencial adaptativo y plasticidad en *H. ocamponis* y *H. triangularis* se utilizó el cultivo *in vitro* como plataforma de estudio ya que permite someter a estas especies ante los mismos tipos de estrés (reguladores del crecimiento) en un ambiente altamente controlado. La hipótesis de trabajo fue que la diferencia entre las respuestas de los explantes de ambas especies ante un mismo estrés será proporcional a su capacidad adaptativa para acomodar dicho estrés. Es conocido que para tolerar el estrés las plantas activan mecanismos fisiológicos que les permitan, bajo esas condiciones, adaptarse o morir^{37,38}. El éxito de estos mecanismos podría depender de su genotipo, de su plasticidad epigenética y de la historia evolutiva que han seguido para adaptarse al hábitat del cual provienen. Considerando la cercanía filogenética de las dos especies estudiadas^{39,40}, lo cual impone una similitud en su genotipo y por ende en su plasticidad epigenética, las diferencias en sus respuestas al estrés *in vitro* podrían relacionarse de forma directa a adaptaciones en sus hábitats contrastados.

Métodos

Desinfección y siembra de semillas

Semillas de *H. triangularis* e *H. ocamponis* se introdujeron en condiciones *in vitro* para obtener el material de partida. La importancia de trabajar con semillas es porque toleran los tratamientos de desinfección a diferencia de los cladodios de cactáceas que en sus areolas tienen gran cantidad de esporas de hongos⁴¹⁻⁴⁴. Las semillas se desinfectaron con 200 ml de agua destilada esterilizada con cinco gotas de jabón, seguido de etanol al 70% por 30 segundos y cloro al 1% por 10min, cada paso fue alternado con enjuagues de agua destilada esterilizada. Una vez sembradas en medio semisólido con 2,5g/L de nitrofoska foliar, con 7 g/l de agar, 20 g de sacarosa y pH de 5.80 ± 0.02, se mantuvieron a 25°C con fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad, hasta obtener plántulas mayores a 2 cm de largo y de ellas obtener explantos.

Obtención y siembra de explantes

Previas separaciones de las raíces formadas de cada plántula de dos centímetros se obtuvieron explantos de 0.5 cm, considerando cuatro tipos de explante; apical (A), medio apical (MA), medio basal (MB) y basal (B). En plántulas mayores a dos centímetros se aplicó el mismo proceso de división en 4 partes. Cada tipo de explante fue sembrado en medio con reguladores de crecimiento y el testigo. El control fue un medio Murashige & Skoog (1962), MS sin reguladores de crecimiento y con cada uno de los tipos de explante.

Para todos los tratamientos de desarrollo *in vitro* de los cladodios se utilizó el medio MS⁴⁵ semisólido con 7 g/l de agar, 20 g de azúcar y pH 5.80 ± 0.02 ajustado con soluciones de NaOH 1N o HCl 1N, y autoclavado a una presión de 1 kg/cm² y temperatura de 120°C por 20 minutos. En cada frasco se puso aproximadamente 25 ml de medio. A este medio se le adicionaron diferentes reguladores de crecimiento constituyendo los tratamientos aplicados. Se utilizaron 2 citoquininas Thidiazuron, TDZ (0,1 y 0,5 µM) y Bencil amino purina, BAP (1 y 5 µM) solas o combinadas

con ácido naftalenacético, NAA 0,5 μM ⁴⁶⁻⁴⁸ y como medio inductor de callos se utilizó ácido 2,4-diclorofenoacético, 2,4 D 9 μM + Kinetina, KIN 4,6 μM ⁴⁹. Ver en la tabla 1 todos los tratamientos aplicados. Los ensayos se mantuvieron a 25°C con fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

Diseño y análisis de datos.

De cada tratamiento se hicieron 2 repeticiones en cada una de las especies de *Hylocereus*. Una repetición consta de 5 frascos. En cada frasco 4 explantes de 0.5 cm (sub-muestras). Los datos de brotación, enraizamiento y formación de callos se tomaron a los 45 días. Se consideraron el porcentaje de explantes que responden por tratamiento y tipo de explante utilizado (apical, medio apical, medio basal y basal). Los explantes se asignaron a cada tratamiento de forma completamente aleatoria y así mismo los tratamientos se realizaron con un diseño completamente aleatorio.

Para representar la formación de cladodios, raíces y callos se utilizaron plots del programa R GNUR versión R-3.2.1⁵⁰. Cada barra simboliza el promedio de cada respuesta (40 réplicas), a la cual se restó el promedio del tratamiento control de su especie correspondiente (40 réplicas). Con ello se obtuvo la desviación de cada tratamiento, el cual indica el efecto que tiene el tratamiento sobre cada respuesta. El tratamiento control al formar naturalmente brotes y raíces sirvió como modelo para evaluar el estrés al que están sometidos los explantes expuestos a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

Resultados

En ambas especies los cladodios se obtuvieron a partir de plántulas desarrolladas de semillas. El tratamiento de desinfección fue exitoso ya que la contaminación no superó el 5% en ninguna de las dos especies. Tanto *H. ocamponis* como *H. triangularis* presentaron alta variación en la capacidad de respuesta de sus explantes para formar brotes, raíces y/o callos. Solo en tres de los diez tratamientos ensayados en *H. ocamponis* se logró una respuesta que alcanzara el 80% de sus explantes. En el caso de *H. triangularis* esto ocurrió en seis tratamientos (Tabla 1).

Los explantes de *H. triangularis* responden de manera general en mayor proporción que los de *H. ocamponis*. El necrosamiento fue mayor en *H. ocamponis*.

TRATAMIENTO TIPO DE MEDIO (MS)	Concentraciones en μM					H. ocamponis		H. triangularis	
	TDZ	BAP	NAA	2,4-D	KIN	%	%	%	%
—	—	—	—	—	—	59.5	72.7	—	—
—	—	0.5	—	—	—	64.5	85.6	—	—
—	0.1	—	—	—	—	43.3	85	—	—
—	0.1	—	0.5	—	—	83.3	83.8	—	—
—	0.5	—	—	—	—	44.5	74.5	—	—
—	0.5	—	0.5	—	—	58.5	91.4	—	—
—	—	1	—	—	—	67.8	88.1	—	—
—	—	1	0.5	—	—	89.8	91.4	—	—
—	—	5	—	—	—	81	93.1	—	—
—	—	5	0.5	—	—	88.5	93.8	—	—
—	—	—	—	1	4.6	98.3	99.1	—	—
TIPO DE EXPLANTE	BASAL	—	—	—	—	66.7	88.4	—	—
	MEDIO BASAL	—	—	—	—	81	74.4	—	—
	MEDIO APICAL	—	—	—	—	83.5	77.8	—	—
	APICAL	—	—	—	—	74.3	82.5	—	—
ESPECIES	—	—	—	—	—	64.61	76	—	—

Tabla 1: Porcentaje de respuestas presentadas según el Tratamiento, Tipo de Explante y la Especie, a los 45 días de experimentación. La tabla indica el porcentaje de explantes que presentó algún tipo de respuesta (cladodio, raíz o callo) en función del tratamiento, el tipo de explante y de forma general la especie de origen. Cada fila indica el tratamiento utilizado, en la cual puede estar el regulador de crecimiento vegetal solo o combinado con otro. El guion representa la ausencia de un regulador.

Respuesta in vitro según el origen del explante.

En ambas especies de *Hylocereus* el explante apical fue el que mejor respondió frente a todos los tratamientos (Tabla 1). La formación de raíces presentada en el explante apical fue significativamente mejor que la del resto de explantes, mientras que en formación de cladodios (brotes) y callos no se observaron diferencias significativas. Todos los resultados que se presentan a partir de esta sección se refieren a la respuesta de explantes apicales para ambas especies.

Formación de raíces por explante en las especies estudiadas.

En la mayoría de las respuestas a los tratamientos se observó una inhibición en formación de raíces a excepción de los tratamientos con 5 μM BAP sólo o combinado con 0.5 μM NAA en *H. ocamponis*, y de los tratamientos con 0.5 μM NAA, 0.1 μM TDZ sólo o combinado con 0.5 μM NAA en *H. triangularis*. Al usar 5 μM BAP sólo se obtuvo una media de 1,43 raíces por explante y combinado una media de 1,36 ambas con $p < 0,001$ en *H. ocamponis*, mientras que en *H. triangularis* al aplicar 0.5 μM NAA se obtuvo una media de raíces por explante de 1,26 con $p < 0,012$. El tratamiento con 5 μM BAP provocó la mayor diferencia en cuanto a la formación de raíces entre las dos especies (Figura 1a). Ello se debe a que en *H. ocamponis* fue el tratamiento que más enraizamiento provocó, mientras que en *H. triangularis* fue uno de los que ocasionó mayor inhibición en formación de raíces respecto al control. De igual manera la respuesta al tratamiento con 0.5 μM NAA mostró una alta diferencia entre las dos especies, pero en este caso de una forma contraria: formación en *H. triangularis* (Figura 1b) e inhibición en *H. ocamponis* con relación a sus respectivos controles.

En *H. ocamponis* el BAP en alta concentración influyó mejor que el TDZ sobre la formación de raíces. En *H. triangularis* bajas concentraciones de TDZ o BAP solas y combinadas generan mayor cantidad de raíces que altas concentraciones de los mismos reguladores. La mayor formación de raíces en *H. triangularis* se logró con el tratamiento de 0.5 μM NAA.

En ambas especies se observaron conjuntos de pelillos radicales, los cuales estaban distribuidos a lo largo de las raicillas. La formación de pelillos fue mayor en *H. ocamponis*, siendo el control (Figura 2) el que presentó mayor formación seguido de los tratamientos con BAP. Mientras que en *H. triangularis* se observaron en los tratamientos control y con 0.1 μM TDZ.

La longitud de las raíces en función de los tratamientos (datos no presentados) mostró de forma general el mismo patrón que el de formación de raíces en ambas especies. Sin embargo, en *H. ocamponis* el tratamiento con 5 μM BAP+ 0.5 μM NAA tuvo mayor crecimiento de sus raíces, en contraste con el tratamiento de 5 μM BAP que fue la que mayor formación de raíces indujo en *H. ocamponis*. De igual manera, se observó que el BAP genera mayor crecimiento en las raíces de *H. ocamponis* que el TDZ, mientras que en *H. triangularis* el TDZ genera mayor crecimiento que el BAP. Sin embargo, en *H. triangularis*, se observó que altas concentraciones de TDZ influyen negativamente sobre el crecimiento de sus raíces y si está combinado con NAA disminuye aún más su crecimiento.

Formación de callos a partir de explantes en las especies estudiadas.

No todos los tratamientos estimularon la formación de callos en las especies estudiadas. Sin embargo, tal y como se esperaba, la mayor inducción de callos en las dos especies fue con 9 μM 2,4D + 4.6 μM KIN, con 0,64 y 0,51 callos por explantes en *H. triangularis* e *H. ocamponis*, respectivamente y en ambos casos con $p < 0,001$. Sin embargo, los callos se observaron de forma general en mayor cantidad en *H. triangularis*. El tratamiento que indujo la respuesta con mayor contraste para la formación de callos entre las especies fue el de 0.5 μM TDZ + 0.5 μM NAA. Al igual que en el crecimiento de raíces, los tratamientos con 5 μM

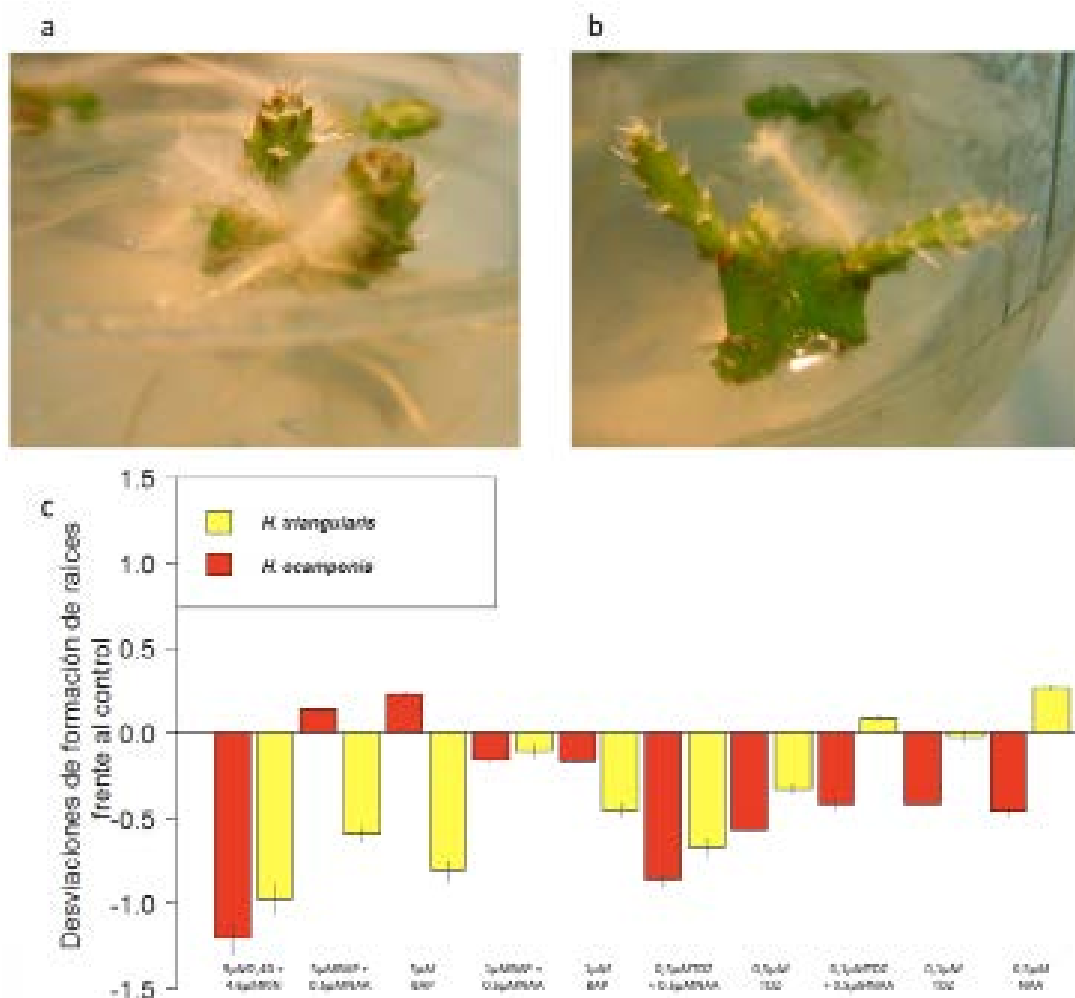


Fig. 1. Formación de raíces por explanto *in vitro* en las dos especies de *Hylocereus*. a. Enraizamiento de *H. ocampensis* con el tratamiento 5 μM BAP. b. Enraizamiento de *H. triangularis* con el tratamiento 0.5 μM NAA. c. Desviaciones de la formación de raíces frente al control. La amplitud de las barras en el eje Y representa la desviación en el número de raíces formadas de ambas especies respecto a sus respectivos controles. Las desviaciones se obtuvieron al restar el valor medio de raíces por explante del control del valor medio de raíces por explante de cada tratamiento (eje X). La media del número de raíces por explante del control fue de 0.98±0.09 y 1.21±0.11, en *H. triangularis* y *H. ocampensis*, respectivamente. Los errores estándar se muestran en función de las mediciones de los tratamientos sobre cada barra. El tratamiento con 9 μM 2,4D + 4.6 μM KIN no presenta error estándar puesto que no hubo ninguna respuesta de enraizamiento en ambas especies, por tanto, las barras representan el valor de los controles en el sentido negativo.

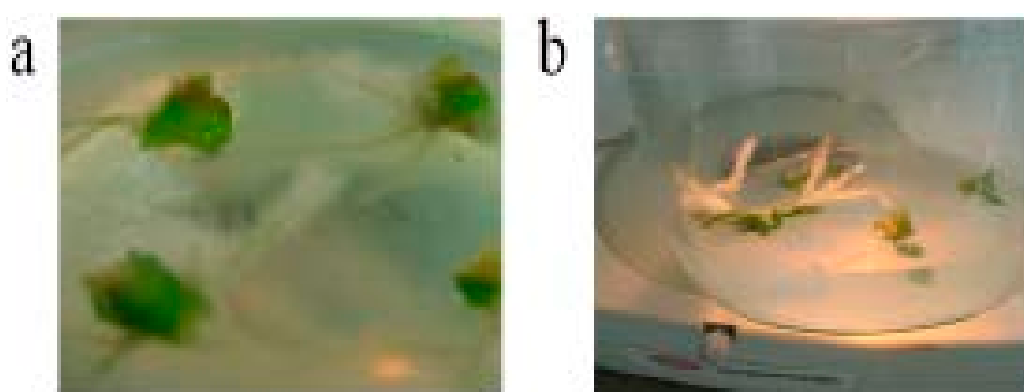


Fig. 2. Formación de pelillos radicales en los tratamientos control de ambas especies de *Hylocereus* a. *H. ocampensis* b. *H. triangularis*.

BAP y 5 μM BAP + 0.5 μM NAA también indujeron respuestas contrastadas (Figura 3).

La mayoría de callos en ambas especies fueron de aspecto transparente, sin embargo, se observaron otros de color verde amarillento los cuales podrían ser más viables³¹. En pocos casos se observaron explantos con aparente hiperhidricidad. La mayoría de callos tenían apariencia granular no friable, es decir no se desmenuza fácilmente, similar a lo observado en *Ananas*⁵².

Formación de cladodios o brotes a partir de explantes en las especies estudiadas.

La mayoría de tratamientos tuvo un efecto inhibitorio para la formación de cladodios. Aquí es importante resaltar que para aquellos tratamientos que tuvieron un efecto estimulador, dicho efecto fue mucho mayor para *H. triangularis* presentando mayor cantidad de cladodios (Figura 4). Al usar 0.5 μM TDZ + 0.5 μM NAA se obtuvo una media de 1,5 cladodios por explante con $p < 0,001$ en *H. triangularis*; mientras que en *H. ocampensis* la mejor

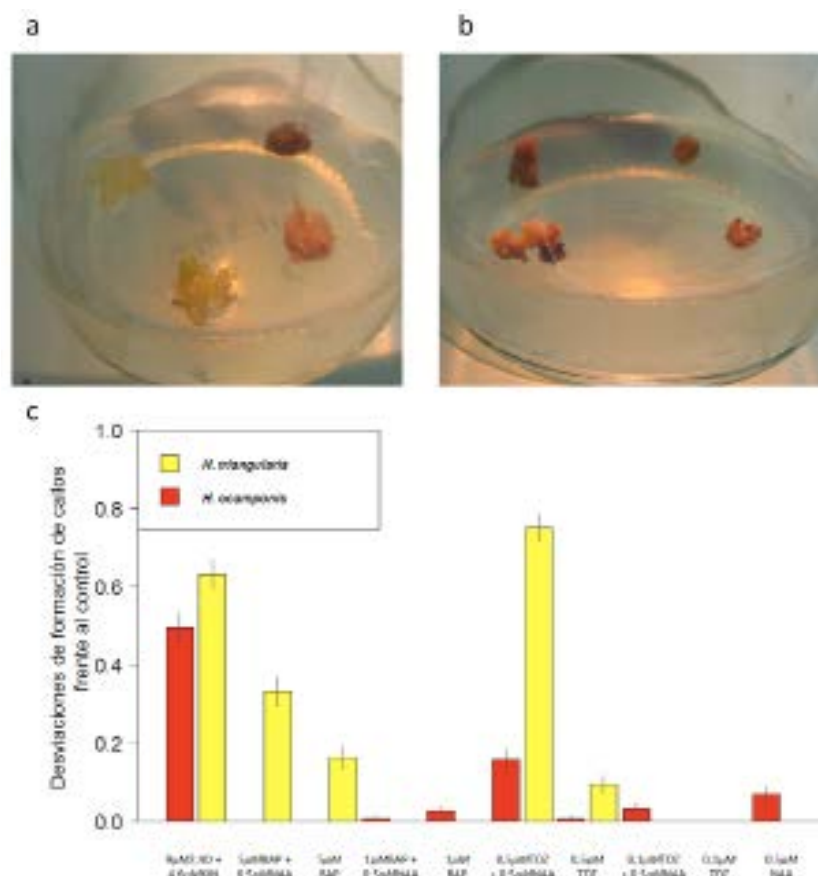


Fig. 3. Formación de callos *in vitro* en las dos especies de *Hylocereus*. a. Callos formados en *H. ocampensis* con el tratamiento 9 μM 2,4D + 4.6 μM KIN. b. Callos formados en *H. triangularis* con el tratamiento 9 μM 2,4D + 4.6 μM KIN. c. Desviaciones de la formación de callos de ambas especies frente al control. La amplitud de las barras en el eje Y representa la desviación en el número de callos formados de ambas especies respecto a sus respectivos controles. Las desviaciones se obtuvieron al restar el valor medio de los explantos transformados en callos del control del valor medio de los explantos transformados en callos de cada tratamiento (eje X). La media de formación de callos del control fue de 0 en ambas especies. Los errores estándar se muestran en función de las mediciones de los tratamientos sobre cada barra. La ausencia de barras es porque no hubo formación de callos en ese tratamiento. Dado que el tratamiento control no presentó callos todos los tratamientos provocan una respuesta nula o en el sentido positivo, pero nunca en el sentido negativo del eje Y.

respuesta fue 5 μM BAP con una media de 0,48 cladodios por explante con $p < 0,001$. El tratamiento que presentó el mayor contraste fue 0.5 μM TDZ + 0.5 μM NAA, en este tratamiento se presentó mayor cantidad de macizos de proliferación de brotes.

Algunos explantos tomaron una coloración marrón (Figura 5a), la cual se debe a la oxidación de compuestos fenólicos en las áreas donde se cortaron los explantos y no afecta su producción de brotes⁵³. En *H. ocampensis* se observaron brotes de color rosado (Figura 5b), lo cual también ha sido reportado en otras cactáceas⁵⁴, aparentemente podrían ser betacianinas⁵⁵. También se observó que un alto número de explantos de ambas especies al ser cortados formaron una capa protectora que cubría el sitio donde se realizó el corte. Ésta capa es un polisacárido particular viscoso, el cual ha sido observado en otras especies en condiciones naturales, considerándolo como una adaptación de los cactus para colmatar y sellar rápidamente los tejidos dañados y evitar la pérdida de agua por evaporación, y de esta manera permite sobrevivir a la planta por largos periodos de tiempo⁵⁶.

DISCUSIÓN

De manera general se observa un alto contraste en las respuestas de inducción de estructuras (raíces, callos y brotes) con respecto al control de cada especie, observándose que *H. triangularis* tiene más respuestas positivas que *H. ocampensis*. Los resultados contrastantes observados en la respuesta *in vitro* entre *H. triangularis* y *H. ocampensis* pudieran deberse a sus adaptaciones ecológicas, las cuales también son contrastantes ya que *H. ocampensis* proviene de bosque seco y *H. triangularis* de bosque húmedo.

La concentración 5 μM BAP es quizás la que mayor número de respuestas contrastantes provoca entre las dos especies para todas las estructuras analizadas. En *H. triangularis* la respuesta es positiva para la formación de callos, es decir tiene mayor inducción de esa estructura respecto a su control. En *H. ocampensis* en cambio la respuesta es positiva para la formación de brotes y crecimiento de raíces. El BAP incrementa el número de replicaciones durante la fase S del ciclo celular y por ello tiene un buen efecto sobre la brotación y elongación, pero puede inhibir la metilación del ADN⁵⁷⁻⁵⁹. La metilación puede provocar alteraciones en la transcripción genética sin alterar la secuencia del ADN (modificaciones epigenéticas) y es un mecanismo responsable de la plasticidad fenotípica. Es bien conocido que el grado de metilación del ADN está relacionado con la respuesta de las plantas al estrés y funciona como mecanismo de protección del ADN²⁷. El hecho de que el BAP produzca una respuesta contrastada en ambas especies unido a su relación con los niveles de metilación de ADN, confirma el hecho de que los niveles de estrés a los cuales *H. ocampensis* y *H. triangularis* están expuestas son bien diferentes.

Otro de los contrastes en respuesta *in vitro* se evidenció frente al tratamiento con 0.1 μM TDZ + 0.5 μM NAA. Este tratamiento produce una respuesta positiva en *H. triangularis* al formar cladodios y raíces, mientras que inhibe la formación de estas estructuras respecto al control en *H. ocampensis*. El TDZ es un potente generador de estrés en las plantas y las obliga a modificar procesos metabólicos para poder sobrevivir⁶⁰⁻⁶². Esa adaptación está determinada por la capacidad de las células de reiniciar su programa genético y epigenético con el fin de soportar el ambiente hormonal²⁸. La forma de actuar del TDZ en los procesos de re-

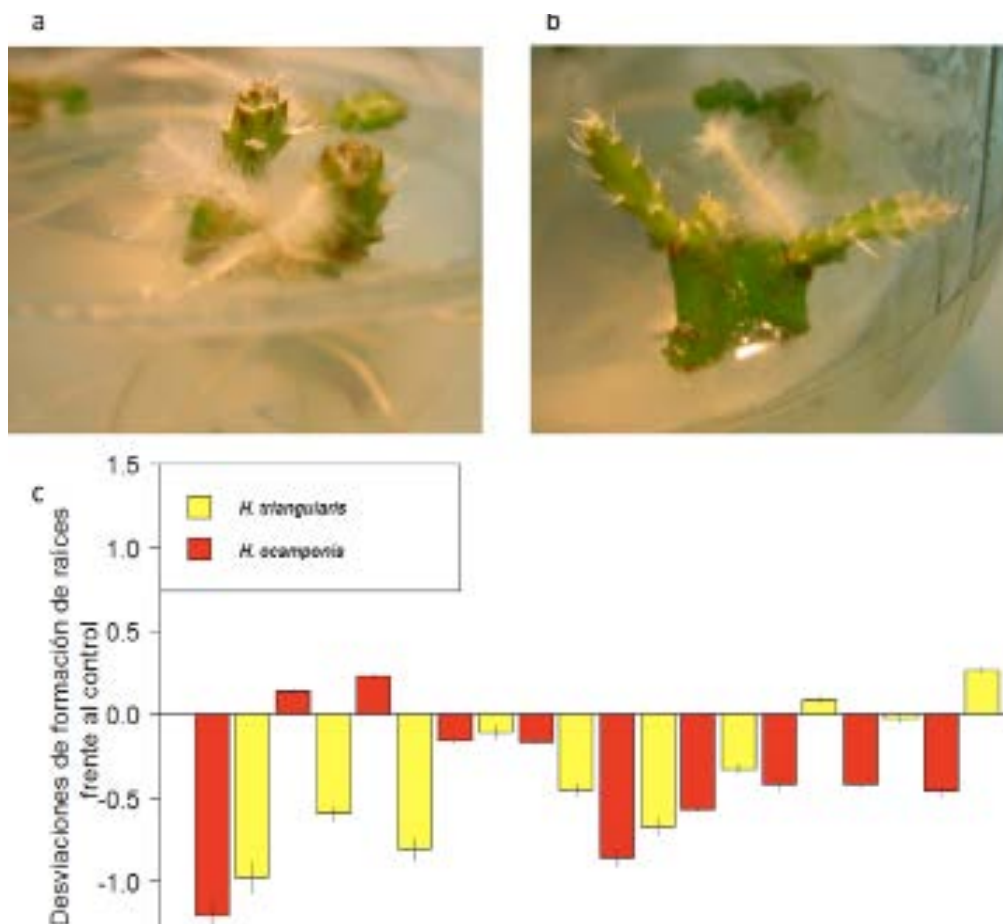


Fig. 4. Formación de cladodios por explante *in vitro* en las dos especies de *Hylocereus*. a. Formación de cladodios de *H. ocamponis* con el tratamiento 5 μ M BAP. b. Formación de cladodios de *H. triangularis* con el tratamiento 0.5 μ M TDZ + 0.5 μ M NAA. c. Desviaciones de la formación de cladodios frente al control. La amplitud de las barras en el eje Y representa la desviación en el número de cladodios formados de ambas especies respecto a sus respectivos controles. Las desviaciones se obtuvieron al restar el valor medio de cladodios formados por explante del control del valor medio de cladodios formados por explante de cada tratamiento (eje X). La media del número de cladodios por explante del control fue de 0.41 ± 0.07 y 0.35 ± 0.07 , en *H. triangularis* y *H. ocamponis*, respectivamente. Los errores estándar se muestran en función de las mediciones de los tratamientos sobre cada barra.

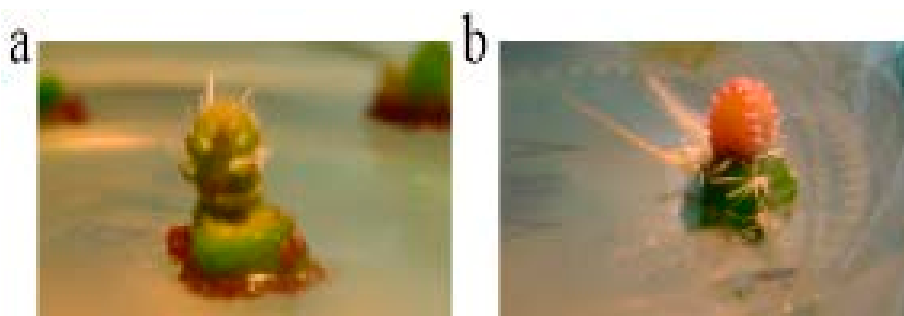


Fig. 5. Cambios de coloración en explantos durante el proceso de brotación. a. Coloración marrón en *H. triangularis* con 5 μ M BAP+NAA. b. Coloración rosada del nuevo cladodio de *H. ocamponis*, tratamiento control.

generación es promoviendo la acumulación de iones minerales³⁷, y de esta manera lo predispone al tejido a adaptarse a las condiciones en las que se encuentra. Se sabe además que el TDZ es un inductor de variabilidad genética⁶³, y que a pesar de ser producto sintético, pudiera ser beneficioso, en condiciones controladas, para *H. triangularis* que es una especie con tendencia a expandir su hábitat. *H. ocamponis* por el contrario es una especie que vive al límite, que presenta una serie de adaptaciones que le permiten sobrevivir en un ambiente mucho más adverso que el de *H. triangularis* y para la cual pudiera ser contraproducente generar individuos con tal variabilidad que pusiera en riesgo su adaptación.

H. triangularis presentó mejores resultados de formación de callos y brotes mostrando mayor plasticidad y adaptabilidad a las condiciones *in vitro* que *H. ocamponis*. Estos resultados son consistentes con la mayor capacidad explorativa y tendencia a exten-

sión de su hábitat que se ha visto en *H. triangularis*. Esa mayor capacidad explorativa de *H. triangularis* se puede relacionar con su predisposición para el aumento de variabilidad genética lo cual se alinea con la propensión observada en esta especie para la formación de callos. Se sabe que los callos se caracterizan por tener mayor variabilidad genética^{8,64}. La rápida y mayoritaria formación de brotes también es un indicador de la capacidad de adaptación y plasticidad de *H. triangularis*. La formación de brotes es indispensable para la colonización de ecosistemas, comportamiento natural en poblaciones naturales de *H. triangularis*⁶⁵. Además, las respuestas de especies de un mismo género en condiciones *in vitro* pueden variar como un reflejo de su normal rango de crecimiento en sus condiciones naturales⁶⁶.

Los procesos de diferenciación son particulares de cada especie y pueden depender más del hábitat del que provienen que

del balance de auxinas y citoquininas⁶⁷, es más, el hábitat afecta los procesos de biosíntesis, metabolismo y transporte de auxinas y citoquininas⁶⁸⁻⁷⁰. Es así que las condiciones ambientales del hábitat pueden conducir a una mayor flexibilidad genómica incluso en las generaciones sucesivas, y pueden aumentar el potencial de adaptación de las especies⁷¹, morfológica, fisiológica y bioquímicamente^{6,72}. Un ejemplo de esas adaptaciones se da en algunas MAC (especies que tienen el metabolismo ácido de las crasuláceas), las cuales a su vez pueden ser MAC facultativas, es decir que pueden alternar con un tipo de fotosíntesis C3 cuando las condiciones de humedad son favorables⁷³. Esto se cumple en *H. triangularis*⁷⁴ y a su vez explica su mejor adaptación y crecimiento en condiciones *in vitro* que *H. ocamponis*.

La formación de raíces fue mayor en *H. ocamponis*, lo cual demuestra una mayor especialización, ya que es un comportamiento típico de especies de ecosistemas secos que están programadas genéticamente para formar una mayor masa radicular como estrategia de sobrevivencia^{56,75}. Esos procesos de enraizamiento también dependen de otros factores como reguladores de crecimiento, luz, temperatura^{76,77}, o el estrés hídrico, que reduce el contenido de citoquininas en la planta⁷⁸. Sin embargo es de considerar que en ambientes altamente estresantes la plasticidad de las especies es reducida⁷⁹. Esta reducción se explica porque en ambientes naturales el estrés induce procesos selectivos de combinaciones de rasgos que confieren mayor aptitud a ese medio a costo de disminución de la variación genética en las generaciones, llegando al punto de que las especies podrían perder la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales¹⁴. Esta reducción de la plasticidad podría estar presente en *H. ocamponis* y se refleja en su baja adaptabilidad *in vitro* frente a todos los tratamientos aplicados.

Una limitante del presente estudio es que no se analizaron los niveles endógenos de reguladores de crecimiento de cada una de las especies. Estos niveles endógenos varían en función de la especie³⁷. Las cactáceas son conocidas por la producción de niveles elevados de auxinas²⁶. Esta alta producción de auxinas es la explicación de que algunas cactáceas, como *Mammillaria gracilllis*, sean capaces de formar callos en condiciones *in vitro* sin necesidad de reguladores de crecimiento⁸⁰. Considerando que la formación de callos se produce con hormonas solas o combinando auxinas y citoquininas, podríamos asumir que la concentración endógena de citoquininas también es elevada. Los elevados niveles endógenos de reguladores de crecimiento explicarían como bajos niveles de auxinas o de citoquininas exógenos incrementan la producción de brotes axilares y raíces en *H. triangularis*^{25,81}. Las respuestas contrastadas que se describen en el presente trabajo frente a las mismas concentraciones exógenas de reguladores de crecimiento en ambas especies pudiera bien deberse a diferencias en sus niveles endógenos. Sin embargo, este supuesto no invalida las conclusiones a las que hemos podido llegar sobre sus procesos adaptativos.

Aunque el papel de los reguladores de crecimiento depende de muchos factores como su concentración, tipo entre otros, es posible que las diferencias en las poblaciones tanto en la producción como en la sensibilidad a diferentes hormonas vegetales pueda contribuir a generar los diferentes patrones de la respuesta plástica en las plantas, por lo que el estudio de poblaciones ecológicamente distintas puede ayudar a proveer información invaluable acerca de los mecanismos más próximos de sus respuestas plásticas⁸². Por tanto la plasticidad observada en *H. triangularis* versus la especialización observada en *H. ocamponis* nos deja ver que *H. triangularis* al tener mayor plasticidad adaptativa puede ser más propensa a sobrevivir en condiciones ambientales nuevas y que sus poblaciones no estén comprometidas, esto es corroborado por⁸³ en su análisis de plasticidad fenotípica en plantas. Mientras que *H. ocamponis* al tener mayor especialización, sus poblaciones podrían estar comprometidas.

H. triangularis mostró mayor capacidad de respuesta frente

a todas las condiciones de estrés *in vitro* que *H. ocamponis*. Nuestros resultados resaltan el hecho de que las poblaciones naturales de *H. triangularis* pudieran tener una mayor capacidad expansiva y ser más tolerante a cambios ambientales. *H. ocamponis* al presentar poca capacidad de respuesta *in vitro* nos lleva a pensar en que sus poblaciones pueden estar comprometidas en cuanto a su supervivencia ante cambios ambientales. El cultivo *in vitro* resultó ser de gran utilidad para evaluar procesos adaptativos en las especies estudiadas.

Referencias bibliográficas

- López Soto JL, Ruiz Corral JA, Sánchez González J de J, Lépiz Idefonxo R. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (Phaseolus spp) en la República Mexicana. Rev Fitotec Mex. 2005;28: 221-230.
- Bayuelo-Jimenez JS, Craig R, Lynch JP. Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. Crop Sci. 2002;42: 1584-1594.
- Kadam NN, Yin X, Bindraban PS, Struik PC, Jagadish KS V, Rice I, et al. Does morphological and anatomical plasticity during the vegetative stage make wheat more tolerant of water deficit stress than rice? Plant Physiol. 2015;167: 1389-1401. doi:10.1104/pp.114.253328
- Sun Y, Shen Y, Li A, Fu W, Wang Y, Ying Q, et al. Ectopic expression of Dendrobium EREB5 gene in Arabidopsis influences leaf morphology. Vitro Cell Dev Biol - Plant. 2014;50: 425-435. doi:10.1007/s11627-014-9604-6
- Dhar PC, Awal MA, Sultan MS, Rana MM, Sarker A. Interspecific competition, growth and productivity of maize and pea in intercropping mixture. Sci J Crop Sci. 2013;2: 136-143. doi:10.14196/sjcs.v2i10.974
- Cori P Di, Lucioli S, Frattarelli A, Nota P, Tel-Or E, Benyamini E, et al. Characterization of the response of in vitro cultured Myrtus communis L. plants to high concentrations of NaCl. Plant Physiol Biochem. 2013;73: 420-426.
- Boamponsem GA, Leung DWM. Use of compact and friable callus cultures to study adaptive morphological and biochemical responses of potato (Solanum tuberosum) to iron supply. Sci Hortic (Amsterdam). Elsevier B.V.; 2017;219: 161-172. doi:10.1016/j.scienta.2017.03.012
- George E, Hall M, De Klerk G-J. Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition. Vol 1. The Background. Springer. 2008.
- Malda G, Backhaus RA, Martin C. Alterations in growth and crassulacean acid metabolism (CAM) activity of in vitro cultured cactus. Plant Cell Tissue Organ Cult. 1999;58: 1-9.
- Elias-Rocha M, Santos-Díaz M, Arredondo-Gómez A. Propagation of Mammillaria candida (Cactaceae) by tissue culture techniques. Haseltonia. 1998;6: 96-101.
- Malda G, Suzán H, Backhaus R. In vitro culture as a potential method for the conservation of endangered plants possessing crassulacean acid metabolism. Sci Hortic (Amsterdam). 1999;81: 71-87.
- Farhadi N, Panahandeh J, Azar AM, Salte SA. Effects of explant type, growth regulators and light intensity on callus induction and plant regeneration in four ecotypes of Persian shallot (Allium hirtifolium). Sci Hortic (Amsterdam). Elsevier B.V.; 2017;218: 80-86. doi:10.1016/j.scienta.2016.11.056
- Pérez-Molphe-Balch E, Santos-Díaz MDS. Tissue culture of ornamental cacti. Sci Agric. 2015;72: 471-563. doi:10.1590/0103-9016-2015-0012
- Grativol C, Hemerly AS, Ferreira PCG. Genetic and epigenetic regulation of stress responses in natural plant populations. Biochim Biophys Acta. 2011;1819: 176-85. doi:10.1016/j.bbagr.2011.08.010
- Kacperska A. Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity? Physiol Plant. 2004;122: 159-168. doi:10.1111/j.0031-9317.2004.00388.x
- Kataeva N, Alexandrova I, Butenko R, Dragavtceva E. Effect of applied and internal hormones on vitrification and apical necrosis of different plants cultured in vitro. Plant Cell Tissue Organ Cult. 1991;27: 149-154
- Vasconcelos A, Tomas LF, Camara TR, Willadino L. Hiperidricidade: uma desordem metabólica. Cienc Rural. 2012;42: 837-844.
- Ruffoni B, Savona M. Physiological and biochemical analysis of

- growth abnormalities associated with plant tissue culture. *Hortic Environ Biotechnol.* 2013;54: 191–205. doi:10.1007/s13580-013-0009-y
19. Cassells AC, Curry RF. Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: implications for micropropagators and genetic engineers. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2001;64: 145–157.
 20. Dabekaussen M, Pierik R, Van der Laken J, Hoek Spaans J. Factors affecting the areole activation in vitro in the cactus *Sulcorebutia alba* Raush. *Sci Hortic (Amsterdam).* 1991;46: 283–294.
 21. Gomes FLAF, Heredia FF, Silva PBE, Facó O, Campos FDADP. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Sci Hortic (Amsterdam).* 2006;108: 15–21. doi:10.1016/j.scienta.2005.12.007
 22. Arellano-Perusquía A, López-Peralta M, Chablé-Moreno F, Estrada-Luna A. Effect of growth regulators on the organogenesis and multiplication of *Ortegocactus macdougalii* Alexander. *Propag Orn Plant.* 2013;13: 160–167.
 23. Vidican I. Studiens on the influence of acid concentration-B indolilbutiric (IBA) on regenerative capacity and organogenesis of explants of *Opuntia* (Tournef.) Mill. *fragilis* var. *fragilis*. *J Analele.* 2012;19: 312–319.
 24. Sriskandarajah S, Prinsen E, Motyka V, Dobrev P, Serek M. Regenerative capacity of cacti *Schlumbergera* and *Rhipsalidopsis* in relation to endogenous phytohormones cytokinin oxidase/dehydrogenase, and peroxidase activities. *J Plant Growth Regul.* 2006;25: 79–88.
 25. Rubluo A, Marín-Hernández T, Duval K, Vargas A, Márquez-Guzmán J. Auxin induced morphogenetic responses in long-term in vitro subcultured *Mammillaria san-angelensis* Sa. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2002;95: 341–349.
 26. Clayton PW, Hubstenberger JF, Phillips GC. Micropropagation of members of the Cactaceae Subtribe Cactinae. *J Am Soc Hortic Sci.* 1990;115: 337–343.
 27. Peng H, Zhang J. Plant genomic DNA methylation in response to stresses: Potential applications and challenges in plant breeding. *Prog Nat Sci. National Natural Science Foundation of China and Chinese Academy of Sciences;* 2009;19: 1037–1045. doi:10.1016/j.pnsc.2008.10.014
 28. Neelakandan AK, Wang K. Recent progress in the understanding of tissue culture-induced genome level changes in plants and potential applications. *Plant Cell Rep.* 2012;31: 597–620. doi:10.1007/s00299-011-1202-z
 29. Smulders MJM, de Klerk GJ. Epigenetics in plant tissue culture. *Plant Growth Regul.* 2011;63: 137–146. doi:10.1007/s10725-010-9531-4
 30. Miguel C, Marum L. An epigenetic view of plant cells cultured in vitro: somaclonal variation and beyond. *J Exp Bot.* 2011;62: 3713–25. doi:10.1093/jxb/err155
 31. Britton N, Rose J. *The Cactaceae, Hylocereanae Vol II.* Dover, New York; 1963.
 32. Martínez Ruiz ER. Fenología y desarrollo de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose) en la región central de Veracruz. Colegio de Postgraduados Montecillo. 2014.
 33. Aguirre Z, Kvist LP, Sánchez O. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica los Andes Cent.* 2006;12: 162–187.
 34. Bauk K, Pérez R, Zeballos S, Peñas L, Flores J, Gurchich D. Are seed mass and seedling size and shape related to altitude? Evidence in *Gymnocalycium monvillei* (Lem.) Britton & Rose (Cactaceae). *Bot ja.* 2015;93: 529–533. doi:10.1139/cjb
 35. Ofori D, Newton A, Leakey R, Grace J. Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leaf stem cuttings: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium. *For Ecol Manage.* 1996;84: 39–48.
 36. UNEP-WCMC (Comps.). Index of CITES species. CITES. 2014.
 37. Touati A, Lachachi S, Yahia N, Fyad-Lameche F. In vitro variability of morphogenetic responses of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) explants under salt stress and thidiazuron as plant growth regulator. *J Appl Biol Sci.* 2015;9: 43–49.
 38. Rai MK, Kalia RK, Singh R, Gangola MP, Dhawan a. K. Developing stress tolerant plants through in vitro selection—An overview of the recent progress. *Environ Exp Bot.* 2011;71: 89–98. doi:10.1016/j.envexpbot.2010.10.021
 39. Cisneros A, Tel-Zur N. Evaluation of Interspecific-Interploid Hybrids (F1) and Back Crosses (BC1) in *Hylocereus* Species (Cactaceae). In: Swan A, editor. *Meiosis-Molecular Mechanisms and Cytogenetic Diversity.* Rijeka, Croatia: In tech; 2012. p. 472.
 40. Tel-Zur N, Abbo S, Bar-Zvi D, Mizrahi Y. Genetic relationships among *Hylocereus* and *Selenicereus* Vine Cacti (Cactaceae): Evidence from Hybridization and Cytological Studies. *Ann Bot.* 2004;94: 527–534. doi:10.1093/aob/mchl183
 41. Perez-Molphe-Balch E, Perez-Reyes ME, Villalobos-Amador E, Meza-Rangel E, Morones L, Lizalde H. Micropropagation of 21 species of Mexican cacti by axillary proliferation. *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 1998;34: 131–135.
 42. Santos-Díaz MDS, Mendez-Ontiveros R, Arredondo-Gómez A, Santos-Díaz M de L. In vitro organogenesis of *Pelecyphora aselliformis* ehrenberg (Cactaceae). *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2003;39: 480–484.
 43. Dávila-Figueroa CA, Rosa-Carrillo M de L, Pérez-Molphe-Balch E. In vitro propagation of eight species or subspecies of *Turbiniacarpus* (Cactaceae). *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2005;41: 540–545. doi:10.1079/IVP2005668
 44. Rojas-Arechiga M, Vázquez-Yanes C. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ.* 2000;44: 85–104.
 45. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco. *Phy.* 1962;15: 473–497.
 46. Mohamed-Yasseen Y. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2002;38: 427–429. doi:10.1079/IVP2002312
 47. Mohamed-Yasseen Y, Barringer S, Splittstoesser W. Rapid propagation of tuna (*Opuntia ficus-indica*) and plant establishment in soil. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 1995;42: 117–119.
 48. López-Gómez R, Díaz-Pérez J, Flores-Martínez G. Vegetative propagation of three species of Cacti: Pitaya (*Stenocereus griseus*), Tunillo (*Stenocereus stellatus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). *Agrociencia.* 2000;34: 363–367.
 49. Bhau BS. Regeneration of *Coryphantha elephantidens* (Lem.) Lem. (Cactaceae) from root explants. *Sci Hortic (Amsterdam).* 1999;81: 337–344.
 50. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-00051-07-0. URL <http://www.R-project.org>. 2015.
 51. Suárez R, Caetano C, Ramírez H, Morales J. Multiplicación de *Selenicereus megalanthus* (pitahaya amarilla) e *Hylocereus polyrhizus* (pitahaya roja) vía organogénesis somática. *Acta Agronómica.* 2014;63: 272–281.
 52. Pineda A, Vargas T, García E. Regeneración de *Ananas comosus* (L.) Merr, ecotipo TABÉ KÁNÁ, mediante organogénesis indirecta. *Bioagro.* 2014;26: 135–142.
 53. Dávila-Figueroa C, Perez Molphe Balch E. In vitro propagation of *Pelecyphora aselliformis* ehrenberg and *P. strobiliformis* werdermann (Cactaceae). *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2002;38: 73–78. doi:10.1079/IVP2001248
 54. Moebius-Goldammer KG, Mata-Rosas M, Chávez-Avila VM. Organogenesis and somatic embryogenesis in *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum. (Cactaceae), an endemic and endangered Mexican species. *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2003;39: 388–393. doi:10.1079/IVP2003427
 55. Mosco A. Tissue localization of betacyanins in cactus stems. *Rev Mex Biodivers.* 2012;83: 413–420.
 56. Gibson A, Nobel P. *The cactus primer.* Harvard Un. Cambridge, Massachusetts; 1986.
 57. Siddiqui MW, Singh JP, Nayyer MA, Barman K, Ahmad MS, Kumar V. 6-Benzylaminopurine affects lipid peroxidation and membrane permeability and thereby preserves curd quality and antioxidants during storage of cauliflower. *Acta Physiol Plant.* Springer Berlin Heidelberg; 2015;37: 96–104. doi:10.1007/s11738-015-1848-1
 58. Wilson-García CY, Zavaleta-Mancera HA, López-Delgado H, Hernández-Garay A. La citocinina BAP retrasa senescencia, aumenta antioxidantes, proteína y crecimiento en el pasto ovillo (*Dactyloctenium aegyptium* L.). *Agrociencia.* 2008;42: 799–806.
 59. Pillay I, Railton I. Complete release of axillary buds from apical dominance in htact, light-grown seedlings of *Pisum sativum* L. following a single application of cytokinin. *Plant Physiol.* 1983;71: 972–974.
 60. Guo B, Abbasi BH, Zeb A, Xu L, Wei Y. Thidiazuron: A multi-dimensional plant growth regulator. *African J Biotechnol.* 2011;10: 8984–9000. doi:10.5897/AJB11.636
 61. Murch S, KrishnaRaj S, Saxena P. Thidiazuron-induced morphogenesis of *Regal geranium* (*Pelargonium domesticum*): A potential stress response. *Physiol Plant.* 2006;101: 183–191.

62. Huetteman C, Preece J. Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 1993;33: 105–119.
63. Ramírez-Mosqueda M a., Iglesias-Andreu LG. Indirect organogenesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2015; Publish on. doi:10.1007/s11240-015-0868-2
64. Pant N, Agrawal R, Agrawal S. Mannitol-induced drought stress on calli of *Trigonella foenum-graecum* L. Var. RMT-303. *Indian J Exp Biol.* 2014;52: 1128–1137.
65. Nogueira-Nunes E, Bezerra de Sousa AS, Marques de Lucena C, Silva S de M, Paiva de Lucena RF, Belarmino Alves CA, et al. *Pitaya (Hylocereus sp.): Uma revisão para o Brasil.* *Gaia Sci.* 2014;8: 90–98.
66. Pérez-Molphe-Balch E, Pérez-Reyes ME, De La Rosa-Carrillo M de L. In Vitro conservation of *Turbincarpus* (Cactaceae) under slow growth conditions. *BioOne Haseltonia.* 2012;17: 51–57.
67. Mauseth JD. Giant shoot apical meristems in cacti have ordinary leaf primordia but altered phyllotaxy and shoot diameter. *Ann Bot.* 2004;94: 145–53. doi:10.1093/aob/mch121
68. Han H, Zhang S, Sun X. A review on the molecular mechanism of plants rooting modulated by auxin. *African J Biotechnol.* 2009;8: 348–353.
69. Pierre-Jerome E, Moss BL, Nemhauser JL. Tuning the auxin transcriptional response. *J Exp Bot.* 2013;64: 2557–63. doi:10.1093/jxb/ert100
70. Frébort I, Kowalska M, Hluska T, Frébortová J, Galuszka P. Evolution of cytokinin biosynthesis and degradation. *J Exp Bot.* 2011;62: 2431–2452. doi:10.1093/jxb/err004
71. Molinier J, Ries G, Zipfel C, Hohn B. Transgeneration memory of stress in plants. *Nature.* 2006;442: 1046–1049. doi:10.1038/nature05022
72. Żróbek-Sokolnik A. Temperature stress and responses of plants. In: Ahmad P, Prasad MNV, editors. *Environmental adaptations and stress tolerance of Plants in the Era of Climate Change.* Springer S. New York, NY: Springer New York; 2012. pp. 113–134. doi:10.1007/978-1-4614-0815-4
73. Schulze J. Improvements in cereal tissue culture by thidiazuron: A review. *Fruit, Veg Cereal Sci Biotechnol.* 2007;1: 64–79.
74. Sánchez C, Fischer G, Wilson D. Stomatal behaviour in fruits and leaves of the purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) and fruits and cladodes of the yellow pitaya (*Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer). *Crop Agron.* 2013;31: 38–47.
75. Shiskova S, Moreno N, Castillo-Díaz V, Arellano J, Dubrovsky J. Variabilidad genotípica de cactáceas con crecimiento determinado de la raíz en la regeneración de raíces a partir de callos. *Zo Áridas.* 2006;10: 41–58.
76. Li S-W, Xue L. The interaction between H₂O₂ and NO, Ca²⁺, cGMP, and MAPKs during adventitious rooting in mung bean seedlings. *Vitr Cell Dev Biol - Plant.* 2010;46: 142–148. doi:10.1007/s11627-009-9275-x
77. Li S-W, Xue L, Xu S, Feng H, An L. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. *Bot Rev.* 2009;75: 230–247. doi:10.1007/s12229-009-9029-9
78. Taiz L, Zeiger E. *Plant Cells.* Universita. 2006.
79. Valladares F, Gianoli E. Tansley review Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytol.* 2007;176: 749–763.
80. Poljuha D, Balen B, Bauer A, Ljubescic N, Krsnik-Rasol M. Morphology and ultrastructure of *Mammillaria gracillis* (Cactaceae) in in vitro culture. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2003;75: 117–123.
81. Papafotiou M, Balotis GN, Louka PT, Chronopoulos J. In vitro plant regeneration of *Mammillaria elongata* normal and cristate forms. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2001;65: 163–167.
82. Sultan SE. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends Plant Sci.* 2000;5: 537–542. doi:10.1016/S1360-1385(00)01797-0
83. Gratani L. Review Article Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors. *Adv Bot.* 2014; Article ID: 1–17. doi:dx.doi.org/10.1155/2014/208747

Recibido: 24 de mayo de 2017

Aprobado: 25 de julio de 2017

INVESTIGACIÓN

Efectos de la interacción de hongos micorrizo arbusculares (HMA) y *Meloidogyne javanica* en plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss).

Effects of interaction between arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) and nematode *Meloidogyne javanica* in plants of passion fruit (*Passiflora ligularis*).

Jorge A. Sierra-Escobar¹, Rafael A. Navarro Alzate² y Gabriel J. Yepes³

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.4

RESUMEN

Se realizó un experimento bajo invernadero que tuvo como objetivo determinar los efectos de la interacción de hongos micorrizo arbusculares (HMA) y el nematodo *Meloidogyne javanica* en plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis*). Para esta evaluación se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y siete unidades experimentales por tratamiento; los cuales consistieron en la combinación de dos inóculos de HMA una comercial y *Glomus mosseae*; con inóculo de cinco mil huevos de *M. javanica*, y sus respectivos controles. Las variables respuesta utilizada para el experimento fueron: la masa fresca y seca aérea y fresca de raíces, colonización micorrizal y el índice de nudosidad por *M. javanica* y. Los resultados indican diferencias significativas en la biomasa área fresca y seca de las plántulas de granadilla cuando se compararon los tratamientos inoculados con HMA contra los demás; igual tendencia se evidenció en la colonización micorrizal. Se encontró nodulación en las raíces de los tratamientos inoculados con *M. javanica*. En esta investigación se observó una respuesta en cuanto al desarrollo de las plántulas con la inoculación de *G. mosseae*, además, una disminución del efecto negativo que pudo haber tenido el nematodo en la producción de biomasa. Los resultados de esta investigación sugieren la importancia de los HMA en la fase de vivero para el cultivo de granadilla lo que permitiría el incremento de la biomasa, la toma de P, y la tolerancia de las plántulas a los nematodos del género *Meloidogyne*.

Palabras clave: Hongos micorrizico arbusculares (HMA), Nematodos, Granadilla

ABSTRACT

Greenhouse bioassays were carried out to determine the effects of interaction between arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) and nematode *Meloidogyne javanica* in plants of passion fruit (*Passiflora ligularis*). To this end, we using a randomized complete design, with five treatments and seven experimental units by treatment. Which they consisted of the combination of two inoculums from HMA one comercial and *Glomus mosseae*, with inoculum of 5,000 eggs from *M. javanica*, and their controls. As a response variable, shoot dry matter, mycorrhizal colonization of roots, reproduction factor of *M. javanica* and gall index were measured at harvesting time. The results indicate that exits significant differences in the mass of passion fruit between treatments inoculated with AMF against other treatments; the same trend was evident in the mycorrhizal colonization. Nodulation was observed in root from treatments with *M. javanica*. In this research, we found that Passion fruit seedlings respond better to *Glomus mosseae* inoculation, reducing the negative effect of the nematode on biomass production. The data suggest the importance of the AMF in the nursery phase passion fruit, which would allow increased biomass, uptake P, and seedling tolerance to nematodes from *Meloidogyne* genera's.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungus (AMF), nematode, passion fruit

Introducción

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es una especie nativa de América que, además de ser cultivada en Colombia y Venezuela, se encuentran cultivos en Suráfrica, Kenia, Australia y en Hawaii. En Colombia es una fruta en de alto consumo; el área sembrada en los últimos cinco años oscila entre 4.000 y 4.300 ha, con un rendimiento promedio de 10 a 12 toneladas por ha. La producción total nacional está alrededor de las 50.000 toneladas, la mayoría de las cuales surte el mercado nacional y, en menor proporción, las exportaciones, principalmente a Ecuador, Países Bajos y Alemania¹. El Huila es el departamento más producción con aproximadamente 1.835 ha, seguido por Antioquia con 1.452 ha. Estos dos departamentos producen más del 60% de la granadilla del país². Los cultivos de

la granadilla en Colombia se siembran entre los 1.500 a 2.200 msnm, esto genera gran variación microclimática que da como resultados una marcada diferenciación en la producción y en los problemas fitosanitarios del cultivo^{3,4}.

Dentro de los problemas fitosanitarios más frecuentes que afectan negativamente la producción en cultivos de granadilla, son la "secadera" (*Fusarium solani* = *Haematonectria hematococca*) y los nematodos; de éstos últimos, son de importancia las especies de los géneros *Pratylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp y *Meloidogyne* sp, prevaleciendo por su amplia diseminación *M. incognita* y *M. javanica*⁵. Los nematodos atacan en todo el ciclo de vida de las plantas hospederas, aunque sus daños más severos se observan en almárgos y plántulas de viveros; estos fitoparásitos formadores de nudosidades y engrosamiento de las raíces afectan la

¹ Grupo de estudios Florísticos. Universidad Católica de Oriente. Colombia.

² Grupo de Sanidad Vegetal. Universidad Católica de Oriente. Colombia.

³ Estudiante egresado. Universidad Católica de Oriente. Colombia.

Correspondencia: jsierra@uco.edu.co

producción y favorecen la presencia de “secadera” en granadilla⁶. Esta enfermedad es endémica y se reporta que ha devastado más de 400 ha en el municipio de Urrao, Antioquia⁷. La relación de la secadera con los nematodos consiste en que estos últimos producen heridas y predisponen las afecciones por *Fusarium*, y otros patógenos como *Alternaria*, *Phytophthora*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, entre otras^{8, 9, 10}.

Para el manejo de los fitonematodos en cultivos de granadilla, generalmente se emplean productos de síntesis química como carbamatos, fosforados y fumigantes del suelo¹⁰ que en algunos casos afectan el buen desarrollo del cultivo, son contaminantes ambientales e incrementa los costos de producción. Desafortunadamente, en general en Colombia, el control de plagas y enfermedades se basa principalmente en productos químicos de categoría toxicológica variable, desde la categoría I a IV, además, el uso de éstos no garantiza el control de una plaga o una enfermedad y atenta frecuentemente contra la salud humana y el ambiente. Es por esto que, en los últimos años se ha incrementado el estudio de microorganismos benéficos, que disminuyen o en algunos casos evitan el uso de plaguicidas^{11, 12, 13}; los nematodos patógenos no son la excepción; también se han intentado diferentes opciones para controlarlos, la literatura menciona que los nematodos predadores, saprófitos o de vida libre como *Mononchides*, *Dorylaimides*, *Aphelenchides* y otros pueden jugar un papel importante en la disminución de hongos y nematodos fitoparásitos¹³.

Como se mencionó anteriormente, la granadilla es altamente susceptible a los fitonematodos, en Colombia *M. incognita*, está ampliamente distribuida en los departamentos productores de Granadilla; este nematodo produce engrosamiento de raíz éste y afecta las plantas en las fases de vivero, almácigo y campo; predisponiéndolas a la afección por *Phytophthora*, *Verticillium*, *Pseudomonas*, *Rhizoctonia*, *Agrobacterium*, entre otras⁹. En los últimos años se ha encontrado que cuando se inoculan las raíces de las plantas con hongos micorrizos arbusculares (HMA), se disminuye significativamente la incidencia de nematodos patógenos¹⁴. Existen ejemplos en especies frutales como el kiwi¹⁵, papaya¹⁶, y tomate¹⁷ donde los HMA han disminuido el efecto negativo de los nematodos patógenos. Debido a esto, sería de gran utilidad conocer si los HMA disminuyen estos efectos en plántulas de granadilla. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar la interacción de HMA y el nematodo nodulador *M. javanica* en plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss).

OBJETIVOS:

GENERAL

Establecer la interacción de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y el nematodo nodulador *Meloidogyne javanica* en plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss)

ESPECÍFICOS

- Determinar la respuesta de las plantas de granadilla a la inoculación con HMA, bajo condiciones de vivero.
- Analizar el efecto del nematodo nodulador *M. javanica* en plántulas de granadilla inoculadas con HMA bajo condiciones controladas

Métodos

Localización. El trabajo se realizó en el invernadero de Sanidad vegetal ubicado en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente (UCO), localizada en el municipio de Rionegro, Antioquia, a 6° 9' 15.2" N, 75° 22' 10.4" W y altitud de 2112 m, con una temperatura promedio de 17 °C, humedad relativa del 78% y precipitación promedio de 1800 mm/año correspondiente a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB), de acuerdo a la clasificación de Holdridge¹⁸.

Material vegetal. Para la consecución del material vegetal se debe aclarar que en Colombia no existen empresas que produz-

can semilla certificada de granadilla, por lo cual se tuvo que recurrir a sólo una procedencia. Para esta investigación se emplearon plántulas con veinte días de germinadas procedentes de una planuladora comercial, las cuales fueron llevadas al invernadero de Sanidad Vegetal, ubicado en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente, donde se sembraron en recipiente plásticos que contenían 2.000 cc de suelo doblemente esterilizado al vapor.

Consecución de suelos o sustratos y análisis físico químico de suelos. Para la realización de esta investigación se utilizó sustrato compuesto por suelo orgánico procedente del horizonte A de un Andisol, esterilizado en caldera y en autoclave a 120 °C y 0.1 MPa durante 1 hora, con el fin de realizar un mejor vacío biológico del sustrato. Previa a la siembra de las plántulas se realizó un análisis de suelo (tabla 1).

Parámetro	Resultados	
pH	5,22	Fuertemente ácido
Acidez intercambiable	0,25 me/100 g	
Potasio	0,88 me/100 g	Medio
Calcio	3,75 me/100 g	Medio
Magnesio	2,27 me/100 g	Medio
Fósforo	8 ppm	Deficiente
Azufre	21 ppm	Bajo

Tabla 1: Análisis de la fertilidad del sustrato previo a la siembra de las plántulas de Granadilla.

Al suelo se le ajustó el pH a 5,72, con una enmienda a base de carbonato de calcio líquido al 43,5% y una dosis de 1 ml L⁻¹ de agua; a cada uno de los recipientes plásticos se aplicó 100 ml de la solución. Así mismo, se adicionó P en forma de KH₂PO₄ para obtener una concentración de P al 0,02 mg L⁻¹ según lo propuesto por Habte & Manjunath¹⁹. Para este fin se realizó una isoterma de adsorción de P de acuerdo al método de Fox & Kamprath²⁰. Cada unidad experimental recibió semanalmente 10 cc de la solución Hoagland con todos los nutrientes a excepción del P.

Trasplante del material vegetal a recipientes plásticos. En el invernadero de Sanidad Vegetal de la UCO, las plántulas de granadilla se trasplantaron a recipientes plásticos con un volumen de 2.000 cc de sustrato esterilizado, en cada uno de los cuales se colocó una sola plántula de granadilla para componer la unidad experimental con su respectivo tratamiento.

Inóculos de HMA. Se utilizaron como controles positivos dos inóculos de HMA crudos, uno monoesporico (*Glomus mosseae*) y otro multiesporico (inóculo comercial) compuesto por los géneros *Glomus spp*, *Acaulospora spp*, y *Entrophospora spp*. Para controlar la calidad de cada inóculo, se realizaron conteos de esporas, utilizando para su separación la técnica de tamices propuesta por Habte & Osorio²¹. Después del proceso de separación, se transfirieron las esporas procedentes de los tubos de ensayo a embudos que contenían papel filtro rayado (separado cada 4 mm), posteriormente se realizó el conteo de las esporas colocando el papel rayado en un estereoscopio siguiendo la metodología propuesta por Sieverding²². Finalmente se encontró que el inóculo multiesporico (comercial) contenía aproximadamente 123 esporas/gramo de sustrato y el inóculo monoesporico 115 esporas/gramo de sustrato.

NEMATODOS

Multiplicación de *M. javanica* en plantas de tomate variedades Rutgers

Para obtener las poblaciones de *M. javanica*, se purificó y multiplicó la especie utilizando masas de huevo únicas en plántulas tomate *L. esculentum* var Rutgers sembradas en recipientes plásticos con suelo esterilizado al vapor, bajo el protocolo empleado en la Unidad de Sanidad Vegetal de la UCO. Para la confirmación de la especie *M. javanica*, se utilizó la metodología de la huella perineal²³.

Extracción de huevos *M. javanica*.

El inóculo de huevos de *M. javanica* se obtuvo a partir de las raíces de las plantas de tomate var Rutgers infectadas, llevadas al laboratorio y bajo el protocolo de la Unidad de Sanidad Vegetal, UCO. Para la extracción de huevos se empleó el método de Taylor y Sasser²⁴.

Inoculación de *M. javanica* en plántulas de granadilla (*P. ligularis*).

La inoculación de *M. javanica* se realizó a los 30 días después del trasplante de las plántulas de granadilla; a cada unidad experimental de los tratamientos con nematodos se le inocularon 5000 huevos. Las plantas se mantuvieron en el invernadero de Sanidad Vegetal de la UCO durante ocho semanas.

Diseño experimental.

En esta investigación se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con cinco tratamientos, siete repeticiones y como unidad experimental un recipiente plástico con 2.000 cc suelo esterilizado y una plántula de granadilla con su respectivo tratamiento, para un total de 35 unidades experimentales (Tabla 2)

Tratamiento	Descripción
T1	Suelo inoculado con 5000 huevos de <i>M. javanica</i>
T2	Suelo inoculado solo con HMA comercial, dosis de 35 g/kg de suelo
T3	Suelo inoculado solo con HMA comercial y 5000 huevos de <i>M. javanica</i> (Micorriza comercial + nematodos)
T4	Suelo inoculado solo con HMA <i>G. mosseae</i> y 5000 huevos de <i>M. javanica</i> (Micorriza + nematodos)
T5	Solo sustrato esterilizado

Tabla 2: Tratamientos evaluados.

VARIABLES RESPUESTA

Masa fresca y seca aérea y masa fresca de raíces.

La cosecha se realizó a los 90 días después del trasplante a recipientes plásticos. Para la cosecha se cortó cada plántula en el cuello de la raíz, y se pesó, inmediatamente, la masa fresca aérea de cada unidad experimental, posteriormente se llevó tanto la parte aérea como la raíz, a 110 °C por 72 horas, o hasta obtener un peso constante.

Colonización micorrizal.

Para el efecto se tomaron muestras de raíces de cada unidad experimental de mínimo 0,6 g realizando cortes de la parte apical de aproximadamente 1 cm de longitud, las cuales fueron depositadas en un recipiente de vidrio en una solución de KOH al 10%²⁵; para limpiar el contenido citoplasmático, se acidificaron con HCl y luego se tiñeron con fucsina ácida al 0.15 % en ácido láctico de acuerdo a la metodología propuesta por Kormanik y otros²⁶. La colonización micorrizal se determinó por el método de placas²⁷.

Índice de nudosidad de *M. javanica* en plántulas de granadilla (*P. ligularis*).

Sesenta días después de la inoculación con huevos de *M. javanica*, se tomó las raíces y se llevaron al laboratorio de la Universidad Católica de Oriente, para determinar el porcentaje de nudosidad según la escala establecida de Taylor & Sasser²⁴, modifica, de 0 a 10, así: 0 (Ausencia de nudosidad) y 10 (Ciento por ciento de raíces afectadas).

Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza simple y a la prueba de medias Tukey, se empleó un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Se realizó para Normalidad los test de Shapiro-Wilk y Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) y para homogeneidad de varianza el test de Levene; todas estas pruebas se ajusta-

ron a la distribución normal. Para el procesamiento estadístico de utilizó el programa STATGRAPHICS Plus. Versión 5.0 de 2000.

Resultados

El beneficio generado por la inoculación en el suelo de HMA en plántulas de granadilla fue persistente, incluso en los tratamientos combinados. *Meloidogyne javanica* afectó negativamente el desarrollo de las plántulas de granadilla, lo cual ocasionó una reducción en la masa aérea (fresca y seca), y masa radical con valores de 5.22, 3.72 y 3.01 g respectivamente, en comparación con los tratamientos inoculados con HMA (Tabla 3). De otro lado, en la Tabla 3 puede observarse que el efecto de *M. javanica* fue disminuido significativamente con la inoculación de HMA en los tratamientos T3 (comercial) y T4 (*G. mosseae*). Es de resaltar que existen dos tendencias claramente definidas, los tratamientos con presencia de HMA fueron estadísticamente superiores a los tratamientos en ausencia de HMA (Tabla 3).

Tratamiento	Masa fresca aérea (g)	Masa seca aérea (g)	Masa radical (g)
<i>Meloidogyne javanica</i>	5.22 b	3.72 b	3.01 b
Micorriza comercial	6.9 a	4.38 a	3.9 ab
Micorriza comercial + <i>M. javanica</i>	6.29 a	4.34 a	3.44 b
<i>Glomus mosseae</i> + <i>M. javanica</i>	6.99 a	4.39 a	4.64 a
Sustrato estéril	4.95 b	3.66 b	3.03 b

Tabla 3: Efecto de la inoculación con HMA sobre la masa en plantas de granadilla (*Passiflora ligularis*). Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

De acuerdo con Berrio y Viví²⁸ y Tamayo⁵, los nematodos del género *Meloidogyne* ocasionan reducción foliar y radicular en granadilla; resultados que concuerdan con los obtenidos en esta investigación; lo que demuestra la gran susceptibilidad del cultivo a este problema (Tabla 3, figura 1)

De otro lado, la incorporación de micorrizas aumenta el crecimiento y favorece muchos cambios a nivel morfológico en el sistema radicular, estimulando la proliferación de raíces, lo que hace que las plantas sean más tolerantes al ataque de los nematodos^{16, 29, 30}.

En cuanto al porcentaje de colonización por HMA, existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos. Al igual que la biomasa, esta diferencia se establece entre los tratamientos inoculados con HMA (T2, T3, T4) y los no inoculados (T1, T5). El mayor porcentaje de colonización se dio en las plantas inoculadas con *G. mosseae* presentando un 93.6% de raíces colonizadas. Curiosamente, el tratamiento con micorriza comercial fue el que obtuvo menor porcentaje de colonización con un 38.4%. Como era de esperarse en los tratamientos sin HMA no se evidenciaron estructuras de HMA en sus raíces (Figura 2).

Diferencias en el porcentaje de colonización también se ha evidenciado en otros estudios, por ejemplo, Gañán et al.³⁰, encontraron 41 y 40% de colonización micorrizal sin y con nematodos en el sustrato respectivamente, utilizando un inóculo micorrizal comercial en plántulas de banano. Además, *M. javanica* no afectó la colonización micorrizal, incluso su presencia al parecer favoreció la colonización, esto fue evidenciado también por Habte et al.²⁹ en plántulas de trébol blanco inoculados con *Meloidogyne incognita* y el hongo formador de micorrizas *Glomus intraradices*.

Aunque en el suelo de ningún tratamiento se evidenciaron estadios de nematodos J_2 de *M. javanica*, si se apreciaron nódulos en las raíces de los tratamientos inóculados. La nodulación estadísticamente más alta la presentó T1 (*M. javanica*), seguida de los tratamientos T3 y T4. En el tratamiento T5 no se observaron nudos (Figura 3 y 4).

Además del incremento en la biomasa vegetal, la inoculación del suelo con HMA ha sido ampliamente probada como un efecto benéfico en el desarrollo de las plantas, al propiciar la absorción



Fig. 1. Efecto como clorosis, desarrollo y volumen radical en las plántulas de granadilla con los diferentes tratamientos evaluados.

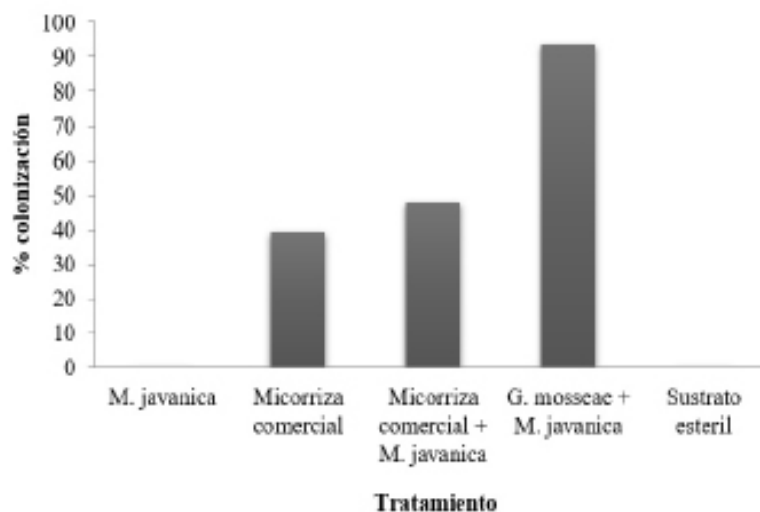


Fig. 2. Efecto de la inoculación con HMA en el porcentaje de colonización de raíces en plantas de granadilla (*P. ligularis*). T1 (*M. javanica*) T2 (HMA comercial) T3 (HMA comercial + *M. javanica*), T4 (*G. mosseae* + *M. javanica*) y T5 (Suelo estéril). Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

de nutrientes³¹, ocupar espacios intracelulares y favorecer la síntesis de enzimas como peroxidasa, glucanasa, fenilalanina, quitinasas y polifenol oxidasa, que son defensa contra patógenos que afectan las plantas³².

Aunque se esperaba que la inoculación del suelo con HMA (*G. mosseae* e inóculo comercial) incrementaran la resistencia o tolerancia a *M. javanica* en plántulas de granadilla, se evidenció que tanto el simbionte como el patógeno cohabitaron (Figura 3). Esto no significa que el efecto del HMA haya sido negativo, por el contrario, a pesar de que el patógeno estuvo presente, no se vió afectada la biomasa de las plántulas, las cuales fueron vigorizadas por el efecto micorrízico. Similar resultado fue evidenciado por Camprubi et al.³³ en plántulas de ciruelo (*Prunus insititia* L.) con raíces infectadas con *Pratylenchus vulnus* e inoculadas con *G. mosseae*. De otro lado, cuando se utilizó *G. mosseae* en plántulas banano, los HMA disminuyeron el daño en raíces causado por nematodos³⁴ (Elsen et al., 2003). Como lo sugieren los datos, el uso de los HMA en etapa de viveros para el cultivo de granadilla, es una opción sostenible para mejorar el rendimiento y salud de esta planta en el proceso de producción en campo.

Conclusiones

Los hongos micorrizales comerciales y *G. mosseae* disminuyeron el efecto negativo de *M. javanica*, aumentando el sistema radical y favoreciendo las biomasa en las plántulas de granadilla. El nematodo *M. javanica* ocasiona un daño en las raíces de

Granadilla cuando hay ausencia de las micorrizas en los suelos o sustratos. Las plántulas en sustrato esterilizado sin micorriza presentaron un desarrollo deficiente, contrario a las que recibieron la micorriza comercial o *G. mosseae*, aún en presencia de *M. javanica*. *Glomus mosseae* fue el inóculo de HMA más efectivo con incrementos significativos (93%) en la colonización micorrizal en plántulas de Granadilla en la etapa de vivero.

Recomendaciones

-*Glomus mosseae*, quién mostró un efecto superior a la Micorriza comercial sobre el efecto de los nematodos nodulares y el desarrollo de las plántulas, podría promocionarse como inóculo comercial para que sea asequible a los cultivadores de Granadilla.

-Los resultados de esta investigación deberían ser acogidos por las empresas plantuladoras, inoculando los sustratos con HMA con el fin de fortalecer las plántulas en esta fase de crecimiento.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Católica de Oriente, por la financiación del presente proyecto. También agradecemos a todo el apoyo técnico y locativo de la Unidad de Sanidad Vegetal y del grupo de Estudios Florísticos de la Universidad Católica de Oriente. Por último, agradecemos a la empresa Agrodiscar SAS por el suministro de los inóculos micorrizales. Los cuales fueron de gran utilidad para el montaje del experimento.

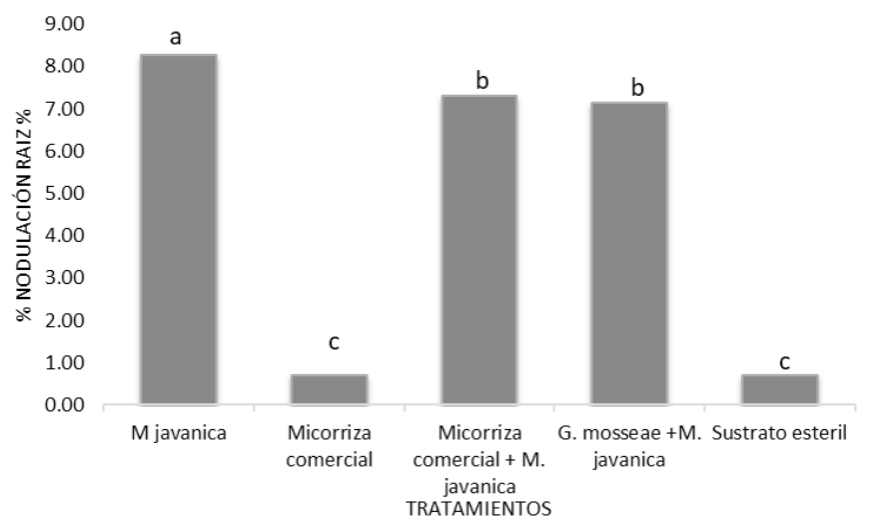


Fig. 3. Porcentaje de nodulación de *M. javanica* en raíces de granadilla. Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).



Fig. 4. Efecto de la inoculación de HMA en el porcentaje de nudos de la raíz de plantas de granadilla (*Passiflora ligularis*).

Referencias bibliográficas

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Manejo fitosanitario del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis*). Medidas para la temporada invernal. Ministerio de Agricultura - ICA. Bogotá. 2011; 31 p.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Resultados de la encuesta nacional agropecuaria (ENA). Dirección de metodología y producción estadística (DIMPE) Bogotá. 2011; 181 p.
- Fischer G, Casierri-Posada F, Piedrahita W. Ecofisiología de las especies Pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Cultivo, postcosecha y comercialización de las Pasifloráceas en Colombia. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá. 2009.
- Miranda DG, Fischer G, Carranza C, Magnitskiy S, Casierri-Posada F, Piedrahita W, Flórez LE (eds.). Cultivo, postcosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. 2009.
- Tamayo PJ. *Meloidogyne* incógnita en granadilla. En *Ascolfi Informa*. 2001; 27 (3): 18-19 p.
- Ocampo J, Arias J, Urrea R. Colecta e identificación de genotipos élite de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2015; 9 (1): 9-23. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3742>
- Tamayo PJ, Varon F. Manejo de problemas patológicos en los cultivos de frijo y granadilla en el municipio de Urao. *Boletín de Sanidad Vegetal* 14. ICA. 1996; 4 p.
- Múnera G, Navarro R. Nematodos asociados con la colección colombiana de pasifloras. En *Memorias XXI congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines -ASCOLFI*. Medellín: Universidad Nacional, p. 36. de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines -ASCOLFI. Medellín: Universidad Nacional. 2001; 36 p.
- Bernal JA. Plagas y enfermedades de la granadilla (*Passiflora ligularis*). *Revista ICA. División de sanidad vegetal*. 1999; 29-36 p.
- Lozano-García J, Chamorro LE, Floriano JA, Segura JD. Enfermedades y plagas en el cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis*) en el departamento del Huila. 2007. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/195390582/Cartilla-Plagas-y-Enfermedades-Granadilla-corpoica#>.
- Arias MM. Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para el Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Harmonía. Cali, Colombia. 2004; 49-58 p.
- Agrios NG. *Plant Pathology*. 5ta ed. Elsevier Academic Press 2005.
- Stirling, GR. *Biological control of plant-parasitic nematodes* 2nd Edition: soil ecosystem management in sustainable agriculture. 2014; 157-192 p.
- Ahmed SH, Abdelgani ME, Yassim AM. Effects of interaction between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi and Root-Knot Nematodes on Dolichos Bean (*Lablab niger* Medik.) plants. *Am. - Eurasian J. Sustain. Agric*. 2009; 3 (4): 678-683.
- Verdejo S, Calvet C, Pinochet J. Efecto de la Micorrización en Kiwi infestado por los Nematodos *Meloidogyne hapla* y *M. javanica*. *Bol. San. Veg. Plagas*. 1990; (16): 619-624.
- Jaizme-Vega M, Rodríguez-Romero AS, Barroso-Núñez LA. Effect of the combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant-growth promoting rhizobacteria on papaya (*Carica papaya* L.) infected with the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Fruits*. 2006; 1-61.
- Gómez L, Rodríguez MG, de la Noval B, Miranda I, Hernández MA. Interacción entre el Ecomic y una población cubana de *Meloidogyne incognita* en tomate. *Rev. Protección Veg*. 2008; 23 (2): 90-98.
- Holdridge, LR. *Life zone ecology*. Tropical Science Center 1967; 149 p.

19. Habte, M, Manjunath A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza*. 1991; 1: 3-12.
20. Fox, R. Kamprath E. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*. 1970; 34: 902-907.
21. Habte M, Osorio NW. *Arbuscular Mycorrhizas: Producing and applying Arbuscular Mycorrhizal Inoculum*. University of Hawaii, Honolulu. 2001; 47 p.
22. Sieverding E. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza management. Editorial GTZ, Eschbor. 1991; 57-72 p.
23. Eisenback JD. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Pp. 95-112 in J. N. Sasser and C. C. Carter, Eds. *An advanced treatise on Meloidogyne. Biology and control*. Raleigh, USA: North Carolina State University. 1985.
24. Taylor AL, Sasser JN. *Biología, Identificación y control de los nematodos de nudos de la raíz (especies de Meloidogyne)*. Proyecto internacional de Meloidogyne. North Carolina State University U.S.A. 1983; 111 p.
25. Phillips JM, Hayman DS. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 1970; 55: 158-161.
26. Kormanik PP, Mcgraw AC, Schultz RC. Procedure and equipment for staining a large number of plant samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol*. 1980; 26: 536-538.
27. Sánchez M, Posada R, Velásquez D, Narváez M. *Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 2010; 140 p.
28. Berrio AM, JI Viví. Monografía sobre aspectos de postcosecha, pre-cosecha, y mercadeo del cultivo de granadilla en el departamento del Quindío. 1997; 58-102 p.
29. Habte M, Zhang YC, Schmitt DP. Effectiveness of *Glomus* species in protecting white clover against nematode damage. *Can J. Bot*. 1999; (77): 135-139.
30. Gañán L, Bolaños-Benavides MM, Asakawa N. Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin la presencia de nematodos. *ACTA AGRONÓMICA*. 2011; 60 (4): 297-305
31. Marschner H, Dell B. La absorción de nutrientes en simbiosis micorriza. *Plant and Soil*. 1994; 159-89. Disponible en doi:10.1007/BF00000098. <http://link.springer.com/article/>
32. Solórzano E, Meneses AR, Rodríguez Y, Pérez E, Fernández A, Peteira B, et al. Inducción de cinco sistemas enzimáticos en la simbiosis tomate _ micorriza arbuscular (MA). *Rev. Protección Veg*. 2001; 16 (1): 30-39. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CÚ2004101452>
33. Camprubi A, Pinochet J, Calvet C, Estaun V. Effects of root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the growth of three plum rootstocks. *Plant Soil*. 1993; (153): 223-229.
34. Elsen A, Baimey H, Swennen R, De Waele D. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil*. 2003; 256: 303-313.

Recibido: 24 de mayo de 2017

Aprobado: 16 de junio de 2017



PARA
INVESTIGADORES

PARA
ORGANIZACIONES

QUIÉNES
SOMOS

AYUDA

DISTÍNGASE EN TRES SENCILLOS PASOS

ORCID proporciona un identificador digital persistente que lo distingue a usted de todos los otros investigadores y, por medio de la integración en flujos de trabajo de investigación clave, como presentación de manuscritos y subvenciones, acepta enlaces automatizados entre usted y sus actividades profesionales, garantizando que su trabajo sea reconocido.



REGÍSTRESE

Obtenga su identificador único ORCID ¡Regístrese ahora!

Registrarse lleva 30 segundos.

<https://orcid.org/>

INVESTIGACIÓN

Evaluación de la incidencia del Virus de la marchitez moteada del tomate (TSWV) en arvenses asociadas al cultivo de crisantemo en el Valle de San Nicolás.

Incidence of Tomato spotted wilt virus (TSWV) in associated weeds to chrysanthemum crops in San Nicolas Valley, Antioquia.

Elizabeth Castro¹, Mario Quijano², Nubia Velásquez³

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.5

RESUMEN

Para la región del Oriente antioqueño el cultivo de crisantemo es una importante fuente de empleo y motor de desarrollo, una limitante de la producción de este cultivo es la enfermedad causada por TSWV. En un programa de manejo integrado de enfermedades se busca identificar y detener la entrada y dispersión del patógeno dentro del cultivo; en el caso del patosistema TSWV-Crisantemo, una puerta de entrada importante pueden ser las arvenses aledañas a los bloques de producción, ya que permiten la propagación del vector (trips) y sirven de reservorio para la enfermedad. Es por esto que este trabajo tuvo como objetivos: identificar las especies de arvenses adyacentes a los cultivos de crisantemo del Oriente antioqueño, evaluar la incidencia de TSWV en ellas y determinar las especies de trips presentes en las arvenses más frecuentemente encontradas. Se colectaron 360 plantas en 6 fincas productoras de Crisantemo de la región, se clasificaron taxonómicamente y se encontraron 34 especies dentro de 19 familias botánicas de las cuales las especies encontradas con mayor frecuencia fueron: *Galinsoga quadriradiata*, *Cardamine hirsuta*, *Oxalis latifolia*, *Amaranthus viridis*, *Senecio vulgaris* y *Polygonum nepalense*. Se realizó prueba DAS-ELISA para la detección de TSWV a las 34 especies y se encontró que solo una arvense fue positiva, *Portulaca oleracea*; en un muestreo posterior se evaluaron otras 20 plantas por RT-PCR de las más frecuentes que se encontraron y en este segundo grupo no fue detectada ninguna planta infectada por TSWV. Los trips encontrados en las especies de arvenses evaluadas pertenecen al género *Frankliniella* sp., especies: *F. occidentalis* y *F. panamensis*. En este trabajo se observó una mayor captura de insectos en crisantemo que en las arvenses acompañantes, lo que sugiere su mayor preferencia por el cultivo y explicaría la baja transmisión de TSWV observada en las plantas arvenses.

Palabras Claves: crisantemo, TSWV, trips, arvenses.

ABSTRACT

Chrysanthemum crops for the Eastern region of Antioquia are an important source of employment and a development engine. The production of this crop is limited by the disease caused by TSWV. An integrated disease management program is aimed to identify and stop the entry and spread of the pathogen within the crop, in TSWV-chrysanthemum pathosystem, an important gateway could be open by weeds surrounding greenhouses that allow vector (thrips) spreading and serve as a reservoir for the disease. Therefore, this research aimed to: identify the species of weeds located adjacent to chrysanthemum crops in eastern Antioquia, evaluate the incidence of TSWV in them and determine the species of thrips present in most frequently found weeds. A sample of 360 plants was collected in six farms of chrysanthemum and was taxonomically classified. A total of 34 species in 19 plant families were found, of which, *Galinsoga quadriradiata*, *Cardamine hirsuta*, *Oxalis latifolia*, *Amaranthus viridis*, *Senecio vulgaris* and *Polygonum nepalense* occur more frequently. A DAS- ELISA test was performed to detect TSWV in every weed species, resulting that only one *Portulaca oleracea* plant was positive. In a subsequent sampling, 20 other plants were tested by RT-PCR but none TSWV infected plant was detected. All thrips found in the evaluated weeds belonged to the genus *Frankliniella* sp., species: *F. occidentalis* and *F. panamensis*. In this work, a greater capture of insects was observed on chrysanthemum than weeds, suggesting their stronger preference for this crop and explaining their low TSWV transmission into the weed plants.

Key Words: chrysanthemum, TSWV, thrips, weeds.

Introducción

La producción de flores de corte ocupa el segundo renglón de la economía no tradicional y el séptimo lugar del total de la participación de las exportaciones de Colombia⁸. Dentro de este renglón, el crisantemo representa el 8% de la producción, siendo la región del Oriente Antioqueño la que alberga la mayor parte de esta producción en el país (43%) y genera también la mayor fuente de empleo del sector, con más de dos

mil empleos directos². En los últimos años, se ha visto reducida la producción de crisantemo en la región a causa de la alta incidencia de la enfermedad causada por *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), que ocasiona deformación con lesiones necróticas en los tallos, y en las hojas, clorosis en V y/o anillos necróticos o cloróticos¹⁹.

TSWV tiene un rango de hospederos muy amplio, incluyendo aproximadamente mil especies distribuidas en 90 familias botánicas entre las que se incluyen varios

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente.

² Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal, Universidad Católica de Oriente.

³ Grupo de estudios florísticos, Universidad Católica de Oriente.

Correspondencia: nvelasquez@uco.edu.co

cultivos de importancia comercial y plantas silvestres, principalmente de las familias *Asteraceae*, *Solanaceae* y *Fabaceae*^{5,18}. La manifestación de los síntomas ocasionados por TSWV en diferentes hospederos ha sido reportada como altamente dependiente de la especie vegetal, de las condiciones ambientales, del estado nutricional de la planta y de la edad al momento de la infección, así que es posible encontrar infecciones asintomáticas en varios hospederos¹². Los síntomas comunes observados en algunas arvenses infectadas por TSWV son: clorosis generalizada, moteados en hojas, deformación de tallos, flores y hojas, enanismo y manchas concéntricas cloróticas o necróticas en las hojas^{6,10,11}.

TSWV es transmitido de un modo persistente-propagativo por 11 especies de trips; entre los más importantes se encuentran *Frankliniella occidentalis* y *Thrips palmi* siendo el primero el vector con mayor eficiencia de transmisión y altamente polífago, ya que parasita aproximadamente 200 especies de plantas¹³. Sólo las larvas de trips tienen la capacidad de adquirir partículas de TSWV durante su alimentación, luego el virus se replica al interior del insecto y se instala en las glándulas salivares para poder ser transmitido por el estado adulto cuando este se alimenta de una nueva planta, permaneciendo infectivo por el resto de su vida^{13,17}.

Dado que muchas plantas arvenses asociadas al cultivo de crisantemo son hospedero tanto de trips como de TSWV, pueden constituir un reservorio permanente¹⁸ y ser la principal puerta de entrada a la enfermedad en un cultivo, como se ha demostrado que ocurre en cultivos de lechuga, tomate y pimentón^{9,20}. Por estas razones este trabajo fue desarrollado para identificar las especies arvenses presentes en cultivos de crisantemo, determinar la incidencia de TSWV en ellas e identificar las que sirven como hospedero de los vectores de la enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

Recolección de muestras e identificación botánica:

Este trabajo fue desarrollado en el laboratorio de Biología Molecular y en el Herbario de la Universidad Católica de Oriente (HUCO) durante el año 2014.

Se hicieron muestreos en 6 fincas productoras de crisantemo en el Oriente Antioqueño con la siguiente codificación: SV326, LC421, y LV521 ubicadas en el municipio de la Ceja a una altitud de 2.200 msnm, una precipitación anual de 2.300 mm y temperatura promedio de 17°C; LA303 ubicada en el municipio de Rio-negro a una altitud de 2.080 msnm, con precipitación anual entre 1.800 y 2.500 mm y temperatura promedio de 18.5 °C; MM317 ubicada en Marinilla a una altitud de 2.120 msnm, con precipitación anual entre 1.800 y 2.000 mm y temperatura promedio de 17°C; y la finca SA331 ubicada en la Unión a una altitud de 2.500 msnm, con precipitación anual de 2.500 a 3.000 mm y temperatura promedio de 16°C.

Las fincas para el muestreo de arvenses fueron elegidas de acuerdo a la incidencia que tuvieron de TSWV para el último año y a la disponibilidad para participar en el proyecto y permitir los muestreos. Se concertó una visita a cada finca y con la asesoría del gerente técnico se seleccionaron los tres invernaderos productivos que presentaron más alta incidencia de la enfermedad para la semana anterior al muestreo bajo el criterio "Número de tallos erradicados por virus". Se realizó un muestreo al interior y al exterior del bloque, este último en un radio máximo de 2m recorriendo todo el perímetro y muestreando siete puntos al azar, en el interior se colectó en forma de zigzag muestreando 13 puntos, cada punto muestreado equivale a una arvense colectada para un total de 20 muestras por bloque, 60 por finca. Cada muestra recolectada fue guardada en la bolsa exclusiva del invernadero en la cual se encontró y debidamente rotulada con fecha de recolección, código de la finca, bloque, ubicación (exterior o interior). Todo el material colectado fue identificado en el herbario de la

Universidad Católica de Oriente (HUCO), donde fueron incluidos 2 individuos por especie. Para la identificación del material fue utilizada la colección de referencia, así como claves taxonómicas, revisión de diferentes herbarios regionales (HUA, MEDEL y JAUM) y bases de datos especializadas (W3tropicos, IPNI).

Evaluación de la incidencia de TSWV en las arvenses colectadas.

De las especies de plantas arvenses colectadas en cada finca, al regresar al laboratorio de Biología Molecular el mismo día de cada visita y antes de prensar las muestras, se tomó parte del tejido foliar joven el cual se pesó y se almacenó en papel aluminio a una temperatura constante de -20°C para evaluar la infección por TSWV usando una prueba DAS-ELISA comercial de Agdia (Elkhart, IN), siguiendo las instrucciones del fabricante. Cada muestra fue diluida en relación peso: volumen, 1:5 con el buffer de extracción general incluido en el kit (GEB 1X).

Recolección e identificación de adultos de trips asociados a las arvenses.

Para la colecta de trips en las 6 arvenses identificadas como las más frecuentemente encontradas se muestrearon 4 fincas del Oriente antioqueño identificadas con los códigos SV326, LC421, MM317 previamente descritas y una adicional, rotulada como FC309 ubicada en el municipio del Carmen de Viboral a una altitud de 2.150 msnm, una precipitación anual de 1.800 mm y temperatura promedio de 18°C.

Se seleccionan junto con los gerentes técnicos los tres invernaderos que presentaron mayor incidencia de TSWV para la semana anterior a la visita. En cada bloque se tomaron ocho plantas arvenses de cada especie, cinco dentro y fuera en un radio máximo de 2m, así mismo, fueron seleccionadas dentro de cada invernadero tres plantas de crisantemo cerca de tres puntos donde se colectó una arvense. Cada planta fue sacudida sobre una tabla blanca y observando con lupa 20X fueron capturados los trips adultos con una herramienta diseñada para esta labor, que consta de un frasco de plástico tipo citoquímico con un orificio a cada polo, en cada orificio se introdujo un trozo de manguera de nivel de aproximadamente 12 cm, uno de los orificios tenía además un trozo de tela tipo velo para que los trips se quedaran en el frasco y no pasaran a la siguiente manguera; posteriormente con la ayuda de un pincel 000 los insectos fueron introducidos en tubos eppendorf de 1,5 ml, para cada especie de planta arvense, que contenían 1500 µL de etanol al 75%. Cada tubo por arvense y crisantemo fue marcado con fecha, finca y especie y enviado al Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario del ICA Tulio Ospina en Medellín para la identificación de las especies de trips presentes en cada una de las arvenses.

Evaluación de la incidencia de TSWV en arvenses por RT-PCR

Las plantas que fueron evaluadas por RT-PCR se colectaron así: seis en la finca SV326, seis en la finca LC421, seis en la finca MM317 y dos en la finca FC309. Del tercio superior de cada planta de tomó una hoja joven para hacer una prueba RT-PCR, para lo cual se pesaron 100mg de cada una, se envolvió el tejido pesado en papel aluminio, se rotuló y se almacenó a una temperatura constante de -20°C hasta el día de su evaluación.

Para efectuar la prueba RT-PCR, en primer lugar se realizó una extracción de ARN total usando el RNeasy Plant Mini kit, Qiagen No. Cat. 74904, siguiendo las instrucciones del fabricante. Posteriormente se realizó la transcripción reversa, usando la enzima SuperScript[®]III, Invitrogen No. Cat.18080-093, con 2µL de ARN y el cebador PDH006 (CCCAGAGCAATCAGTGCA)¹⁰ y siguiendo las instrucciones del fabricante. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) consistió en 2 µL de cDNA, 2,5 µL de buffer PCR 10X (200 mM Tris-HCl, 500 mM KCl), 2 µL de MgCl₂ (25 mM), 0,5 µL de mezcla de dNTPs (10 mM), 1,2 µL de cada cebador específico (10 µM), es decir el PDH006, descrito anteriormente y PR035 (GAATATATGACACCATTG)¹⁰, 0,2 µL de

GoTaq®-DNA polimerasa (5 U/μL) No. Cat. M3001 de Promega y agua ultra pura de grado molecular hasta un volumen final de 25 μL. Las muestras fueron llevadas a un termociclador T-personal de la marca Biometra, allí se ejecutó un programa que consistió en la denaturación inicial a 95 °C durante 2 minutos, seguido por 30 ciclos de 95 °C por 90 segundos (denaturación), 60°C por 30 segundos (hibridación de los cebadores) y 72 °C durante 30 segundos (extensión), por último se realizó un ciclo de extensión final de 5 minutos a 72 °C. Al finalizar este procedimiento, se observó mediante electroforesis en gel de agarosa al 2%, en buffer TBE 1X, con 10μL de cada amplificado mezclado con 2μL de EZ-Vision®, Amresco No. Cat. N313, a 80V por 40 minutos. El resultado fue visualizado en un transiluminador UV y el tamaño del fragmento esperado (514pb) fue corroborado comparando las bandas con el marcador de peso molecular 100bp DNA ladder de Invitrogen No. Cat. 15628-019.

RESULTADOS

Identificación taxonómica de especies arvenses en cultivos de crisantemo.

Las fincas elegidas para el muestreo de las arvenses presentaron incidencias en el último año representadas en número de tallos erradicados por sospecha de TSWV entre 0 y 13% (Tabla 1). La finca que presentó la más alta incidencia fue MM317 con un 13% y las fincas SV326 y SY331 presentaron las menores, con incidencias de 0%.

Finca	Incidencia de TSWV (%)
SV326	0
LC421	4%
LV521	0,5%
LA303	1%
MM317	13%
SY331	0

Tabla 1: Incidencia en porcentaje de TSWV que presentó cada finca al momento del muestreo.

Se identificaron 34 especies arvenses diferentes pertenecientes a 19 familias botánicas, de las cuales la familia *Asteraceae* presentó el mayor número de representantes, con 12 especies. De las arvenses colectadas 9 fueron accesiones nuevas para la colección del HUCO. 4 especies estaban presentes en todas las fincas visitadas: *C. hirsuta*, *G. quadriradiata*, *P. nepalense* y *S. vulgaris* (Tabla 2).

Las especies de arvenses encontradas con mayor frecuencia (>10 veces) fueron: *Amaranthus viridis*, *Cardamine hirsuta*, *Galinosa quadriradiata*, *Polygonum nepalense*, *Oxalis latifolia* y *Senecio vulgaris*. De estas, *C. hirsuta* y *G. quadriradiata* constituyen el 50% de la población observada (Figura 1).

La finca con mayor diversidad de arvenses fue MM317 con 22 especies, seguida por SV326 con 16 especies y las de menor diversidad fueron SY331 y LV521 con 8 especies cada una (Figura 2). El promedio para el número de arvenses encontradas en las fincas fue 15 y la media fue de 10.

Es de anotar que 15 de las 34 especies (44%) se encontraron frecuentemente dentro de los bloques de producción, en este grupo se encuentran las seis especies más frecuentes, las 19 restantes fueron frecuentemente encontradas por fuera de los bloques de producción. (56%).

Detección de TSWV en las especies arvenses.

Esta evaluación se hizo dos veces, en primer lugar por ELISA en 145 plantas de las 34 especies y luego en un muestreo posterior donde se evaluaron por RT-PCR 20 plantas de las 6 especies más frecuentemente encontradas. De las 145 plantas evaluadas por ELISA solo una especie dio resultados positivos a la infección por TSWV, *Portulaca oleraceae* esta fue encontrada al interior de un

invernadero de la finca MM317, siendo la finca con la incidencia de TSWV más alta (13%) y la mayor diversidad de especies arvenses. La planta manifestó estos síntomas: anillos concéntricos de color café vistos a contra luz y clorosis en algunas de sus hojas jóvenes. Ninguna de las plantas evaluadas por RT-PCR presentó resultados positivos para TSWV, tampoco un nuevo ejemplar de *P. oleraceae* que fue encontrada en la finca LC421, cabe anotar que ésta última fue encontrada fuera del bloque de producción. (Tabla 3).

Identificación de especies de trips asociados a las arvenses.

Para la identificación de especies de trips se extrajeron los individuos presentes en las especies *G. quadriradiata*, *C. hirsuta*, *A. viridis*, *O. latifolia*, *S. vulgaris*, *P. nepalense* y algunos tallos de crisantemo en floración cercanos a las arvenses colectadas dentro del invernadero de 4 fincas. La clasificación taxonómica hecha por el ICA estableció que las especies de trips presentes fueron *Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella panamensis* y algunos individuos machos a los que no se les pudo identificar la especie, dado que las claves taxonómicas y las diagnósticos de géneros y especies del orden Thysanoptera están basadas principalmente en caracteres morfológicos de las hembras¹⁴.

La especie de trips más comúnmente encontrada fue *F. occidentalis* con 84 ejemplares (89%), 70 de ellos presentes en Crisantemo, 7 en *A. viridis*, 5 en *G. quadriradiata*, 4 en *C. hirsuta* y 3 en *S. vulgaris*. Casi siempre se encontró un mayor número de adultos que de larvas, la excepción fue *S. vulgaris* donde se pudieron extraer 2 larvas y 1 adulto, sin embargo, el número de trips fue tan bajo en las especies arvenses, que esto no representa un resultado significativo (tabla 4).

En cuanto a *F. panamensis* solo se hallaron 5 individuos (11%), 4 adultos y 1 larva en las especies *A. viridis*, *C. hirsuta*, *O. latifolia* y crisantemo. La larva encontrada fue extraída de un tallo de crisantemo. *F. occidentalis* y *F. panamensis* fueron encontradas simultáneamente en *A. viridis*, *C. hirsuta* y crisantemo, indicando que estas especies son hospedantes de ambas especies de trips (tabla 4).

DISCUSIÓN

De las seis especies más frecuentemente encontradas en este trabajo, todas han sido reportadas como hospedero de TSWV, excepto *O. latifolia* y *P. nepalense*. Sin embargo, si se han reportado como hospedantes otras especies de *Oxalis sp* y *Polygonum sp*. como: *O. coniculata* y *O. tetraphylla* por Ochoa-Martinez et al, 1999 y *O. acetosella* por Groves et al. 2002. En el caso de *Polygonum*, varios han reportado dos especies de este género: *P. pennsylvanicum* y *P. persicaria*²⁻¹¹. Se hace necesaria la evaluación de la susceptibilidad de *O. latifolia* y *P. nepalense* a TSWV, dada la frecuencia en que fueron encontradas (7% y 9,4% respectivamente).

La mayor diversidad de especies encontradas en el exterior de los invernaderos de producción se explica por las prácticas culturales de desmalezado que se acostumbran a hacer al interior de los invernaderos en los cultivos de crisantemo y a la dispersión por el viento de las semillas de las arvenses que se encuentran a campo abierto.

En este trabajo se ha encontrado una incidencia de TSWV en las arvenses asociadas a crisantemo de 0,6%. De manera similar, en dos evaluaciones de arvenses asociadas a cultivos se observó un nivel de incidencia del 2% en crisantemo¹⁵ y en lechuga, se observó 1,5% de incidencia²⁰. En otros cultivos, como tomate se ha observado un efecto contrario, ya que se pudo asociar la presencia de arvenses con las incidencias más altas de la enfermedad (20 a 53%)⁹. Esta diferencia puede deberse a la preferencia que parece tener *F. occidentalis* por las plantas de crisantemo, ya que se observó en este trabajo que el 75% de la población se encontró en esta especie y nunca se evidenciaron daños ocasionados por

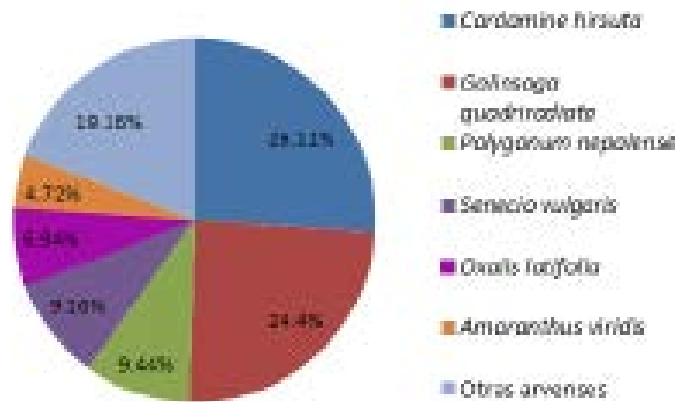


Figura 1. Frecuencia de observación de las especies de arvenses asociadas a los cultivos de crisantemo del Oriente antioqueño.



Figura 2. Diversidad de especies arvenses en fincas productoras de Crisantemo.

Especie evaluada	Fincas				Número de plantas	Resultado
	SV306	LC421	MMB17	FC306		
<i>Amaranthus viridis</i>	x		x		2	Negativo
<i>Cordemine hirsuta</i>	x	x	x		3	Negativo
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	x	x	x	x	4	Negativo
<i>Oxalis latifolia</i>	x	x	x		3	Negativo
<i>Polygonum nepalense</i>	x	x		x	3	Negativo
<i>Portulaca oleracea</i>		x	x		2	Negativo
<i>Senecio vulgaris</i>	x	x	x		3	Negativo

Tabla 3. Resultado de la prueba RT-PCR para detección de TSWV en las 6 arvenses más frecuentes.

Especie vegetal	No. de plantas colectadas	<i>Frankliniella occidentalis</i>		<i>Frankliniella parviventris</i>		<i>Frankliniella</i> sp.	
		Adultos		Larvas		Adultos	
		Adultos	Larvas	Adultos	Larvas	Adultos	Larvas
<i>A. viridis</i>	96	4	3	1	0	0	0
<i>C. hirsuta</i>	96	4	0	1	0	1	0
<i>G. quadriradiata</i>	96	3	2	0	0	0	0
<i>O. latifolia</i>	96	0	0	1	0	0	0
<i>P. nepalense</i>	96	0	0	0	0	1	0
<i>S. vulgaris</i>	96	1	2	0	0	0	0
Crisantemo	36	43	22	1	1	2	1
Total	612		84		5		5

Tabla 4. Especies de trips y número de ejemplares presentes en cada especie vegetal.

CONCLUSIONES

Se logró una mayor frecuencia de captura de trips en las plantas de crisantemo que en las arvenses aledañas, lo que sugiere una mayor preferencia del insecto por este primer hospedante y explicaría la baja transmisión de TSWV observada en las plantas arvenses; ya que a menor número de visitas del vector, menor transmisión del virus. De modo que en este trabajo rechazamos la hipótesis inicial de que las arvenses sirven de fuente de inóculo primario en las epidemias de TSWV en crisantemo.

Se sugiere continuar este trabajo evaluando la susceptibilidad a TSWV de las seis arvenses más frecuentemente encontradas en este trabajo. Así mismo, se hace necesario desarrollar un protocolo para el diagnóstico de TSWV en trips que permita la detección de insectos virulíferos, esto facilitará el monitoreo de las epidemias.

En este trabajo y en trabajos anteriores se ha encontrado la especie *F. panamensis* dentro de los invernaderos de crisantemo, sin embargo se desconoce su relación con TSWV, es por esto que se recomienda evaluar la adquisición y efectividad de la transmi-

sión de Tospovirus (especialmente TSWV) por esta especie entre los crisantemos y las arvenses asociadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Católica de Oriente por la financiación de este proyecto y al Grupo de Investigación de Crisantemo- *Dendranthema* por el apoyo en su ejecución mediante el permiso para hacer los muestreos.

Referencias bibliográficas

1. Asocolflores (2010) Colombian floriculture. Recuperado el 12/09/2013 del sitio web: http://www.asocolflores.org/asocolflores/servlet/Download?idExternalFile=945&name=Hoja+de+datos+final_ingles2011.pdf
2. Atakan, E., Kamberoğlu M. A., Uygur, S (2013) Role of weed hosts and the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, in epidemiology of Tomato spotted wilt virus in the Çukurova region of Turkey. *Phytoparasitica* 41: 577-590
3. Barraza, F., Fisher, G., Cardona, C. (2004) Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en el Valle del Sinú Medio colombiano. *Agronomía Colombiana* 22: 81-90.
4. Cardenas E., Corredor D. (1993) Especies de trips (Thysanoptera: Thripidae) más comunes en invernaderos de flores de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 10: 132-143.
5. Carrizo, P.I. (1998) Hospedaderas naturales para trips vectores de peste negra: propuesta de calificación de riesgo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 155-166.
6. Chatzivassiliou, E.K., Peters, D., Katis, N.I. (2007) the role of weeds in the spread of Tomato spotted wilt virus by Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae) in tobacco crops. *J. Phytopathology*, 155:699-705
7. DANE (2013). Boletín de prensa. Comercio exterior- Exportaciones Julio de 2013. Recuperado el 12/09/2013 del sitio web: www.dane.gov.co/files/investigaciones/comercio_exterior/exportaciones/2013/expo_CUCI_capitulos_jul13.xls
8. Dimitrov, A., Velickova, V. (2003) Host plants of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Bulgaria. *Tobacco*, 53: 213-216.
9. Ebratt, E., Acosta, R., Martínez, O. Y., Guerrero, O., Turizo, W. (2013). Tomato spotted wilt virus (TSWV), weeds and thrip vectors in the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the Andean region of Cundinamarca (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 31: 58-67.
10. Eiras, M., Resende, R. O., Missiaggia, A. A., Ávila, A. C. (2001). RT-PCR and dot blot hybridization methods for a universal detection of tospoviruses. *Fitopatologia Brasileira*, 26(2), 170-175.
11. Groves, R. L., Walgenbach, J. F., Moyer, J. W., and Kennedy, G. G. (2002). The role of weed hosts and tobacco thrips, *Frankliniella fusca*, in the epidemiology of Tomato spotted wilt virus. *Plant Dis.* 86:573-582.
12. Matteoni, J. A., Allen, W. R. 1989. Symptomatology of tomato spotted wilt virus infection in florist's *Chrysanthemum*. *Can. J. Plant-Pathol.*, 11, 373-380.
13. Nagata, T., Inoue-Nagata, A.K., Smid, H.M., Goldbach, R., Peters, D. (1999) Tissue tropism related to vector competence of *Frankliniella occidentalis* for Tomato spotted wilt tospovirus. *Journal of General Virology*, 80:507-515.
14. Nakahara S. (1991) Systematics of Thysanoptera, pear thrips and other economic species. Towards understanding Thysanoptera / Eds. B. L. Parker, M. Skinner, T. Lewis. - Proceedings International Conference on Thrips. - Burlington : Vermont USA, - P. 41-59.
15. Ochoa Martínez, Zavaleta-Mejía, E., Mora-Aguilera, G., Johansen, R.M. (1999) Implications of weed composition and thrips species for the epidemiology of tomato spotted wilt in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). *Plant Pathology* 48:707-71
16. Osorio, W. (2012) Niveles adecuados de fertilidad del suelo y análisis foliares para crisantemo. *Boletín del manejo integral del suelo y la nutrición vegetal*. 1: 1-4.
17. Pappu, H.R., Jones, R.A.C., Jain R.K. (2009) Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. *Virus Research* 141: 219-236.
18. Parrella, G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C., Marchoux, G. (2003). An update of the host range of Tomato Spotted Wilt Virus. *Journal of Plant Pathology* 85: 227-264.
19. Velásquez, N., Gaviria G., B.M, Navarro A., R., Palacio, M.M. (2013) Síntomas del virus de la marchitez moteada del tomate (TSWV) en crisantemo en el Valle de San Nicolás. *Rionegro: Universidad Católica de Oriente*, 62 p.
20. Wilson, C.R. (1998) Incidence of weed reservoirs and vectors of Tomato spotted wilt tospovirus on Southern Tasmania lettuce farms. *Plant Pathology*, 47:171-176.

Recibido: 6 de abril de 2017.

Aprobado: 20 de junio de 2017.

Descargue la APP Feed Ready (<http://feedready.com/en/index.html>) en su móvil y tablet y manténgase al tanto de las últimas publicaciones de la Revista Bionatura RSS, agregando <http://revistabionatura.com>

INVESTIGACIÓN

Prevalencia de trastornos mentales y disfunción familiar en la parroquia urbana de Urcuquí-Imbabura.

Prevalence of mental disorders and family dysfunction in the urban parish of Urcuquí

Yesenia Acosta Vinuesa¹, Rodrigo Alvear Reascos², Secundino González Pardo³, Yu Ling Reascos Paredes⁴, Gabriela Monroy⁵

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.6

RESUMEN

Los problemas de salud mental son patologías de prevalencia elevada, que afectan a todas las personas, sin ningún tipo de discriminación a nivel mundial; y éstos, se han relacionado a varios factores, tanto biológicos como psicosociales, sumado el efecto que la familia ejerce como factor de riesgo o como factor protector para los individuos, de sufrir un padecimiento de salud mental. En nuestro país no se cuenta con suficientes estudios epidemiológicos en población general, convirtiéndose éste, en nuestro objetivo de estudio. Se realizó un estudio de diseño epidemiológico analítico transversal en dos fases, en el cual se valoró la prevalencia de trastornos mentales, la autopercepción de la funcionalidad familiar y la estructura familiar predominante en la parroquia urbana de Urcuquí, mediante la aplicación de los siguientes instrumentos: Self Reporting Questionnaire (SRQ), cuestionario autoaplicado de APGAR Familiar y el genograma, a un total de 310 habitantes comprendidos entre las edades de 18 - 65 años, seleccionadas mediante muestreo aleatorio simple y entrevistados en su propio domicilio. En la segunda fase se realizó a una confirmación diagnóstica mediante una entrevista psiquiátrica semi estructurada al 60,4% de los que puntuaron como positivos en el Self Reporting Questionnaire. Se obtuvieron 96 casos positivos con el SRQ (31%). De los cuales 55 (17.7%) fueron positivos para neurosis, 31 casos (10.1%) para alcoholismo, 24 (7.7%) para psicosis y 6 (1.9%) para epilepsia. 164 familias (52,9%), presentaron algún grado de disfunción, siendo la disfunción leve la más frecuente con 93 casos (30%). El tipo de familia que predomina en la parroquia de Urcuquí es la nuclear (57.5%), pese a ello, la disfunción está presente y está relacionada a mayor riesgo de presentar trastornos mentales.

Palabras Claves: Trastornos mentales, Disfunción familiar, Self Reporting Questionnaire (SRQ), APGAR Familiar. Genograma

ABSTRACT

Mental health problems are high prevalence pathologies that affect all people, without any discrimination at the global level; And these have been linked to several factors, both biological and psychosocial, plus the effect that the family exerts as a risk factor or as a protective factor for individuals, suffering from a mental health condition. In our country, there are not enough epidemiological studies in the general population, this being our study objective. A two-stage cross-sectional analytical epidemiological study was carried out in which the prevalence of mental disorders, the self-perception of family functionality and the predominant family structure in the urban parish of Urcuquí were evaluated through the application of the following instruments: Self-Reporting Questionnaire (SRQ), self-administered APGAR family questionnaire and genogram, to a total of 310 people between the ages of 18-65 years, selected by simple random sampling and interviewed in their own home. In the second phase, a diagnostic confirmation was performed through a semi-structured psychiatric interview with 60.4% of those who scored as positive in the Self Reporting Questionnaire. There were 96 positive cases with SRQ (31%). Of these, 55 (17.7%) were positive for neurosis, 31 cases (10.1%) for alcoholism, 24 (7.7%) for psychosis and 6 (1.9%) for epilepsy. 164 families (52.9%) presented some degree of dysfunction, with mild dysfunction being the most frequent with 93 cases (30%). The type of family that predominates in the parish of Urcuquí is nuclear (57.5%); however, dysfunction is present and is related to an increased risk of mental disorders.

Key Words: Mental Disorders, Family Dysfunction, Self Reporting Questionnaire (SRQ), APGAR Family. Genogram.

Introducción

El conocer datos epidemiológicos sobre problemas de salud mental, específicamente de prevalencia sirve para ayudar a comprender las causas y factores de riesgo para sufrir trastornos psiquiátricos, evaluar las trayectorias evolutivas y proponer estrategias preventivas y terapéuticas de trastornos que muchas veces son subdiagnosticados¹.

Los problemas englobados dentro del ámbito psicosocial constituyen una problemática con prevalencia elevada, los cuales además generan un gran número de consultas médicas, tanto en forma explícita en servicios de salud mental, como en equivalentes somáticos, en los servicios de salud comunitaria que dificultan muchas veces su diagnóstico. Según estudios, se calcula que en países occidentales, uno de cada cuatro personas cumple criterios diagnósticos de un trastorno

¹ Especialista en Psiquiatría, Profesora a tiempo completo de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte.

² Especialista en Medicina Familiar; Profesor a tiempo completo de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte.

³ Especialista en Anestesiología y Reanimación; Profesor a tiempo completo de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte.

⁴ Magíster en Gerencia en Salud para el Desarrollo Local, Profesor a tiempo completo de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte.

⁵ Médico General, Profesor a tiempo completo de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte.

Correspondencia: lyacosta@utn.edu.ec

mental en el último año y alrededor de un 40% llegan a tener un trastorno mental a lo largo de la vida².

El gozar o no de una adecuada salud mental está condicionado por múltiples factores, entre éstos la posibilidad de cada grupo social, de satisfacer las necesidades básicas como: alimentación, vivienda, vestido, trabajo, salud, educación, recreación, afecto, entre otros^{3,4}. La familia, por considerarse el contexto primario en el que acontecen la mayoría de problemas de salud, influye en el bienestar físico y psicológico de sus miembros, y de hecho puede actuar como generadora o protectora, al ser una fuente de estrés en algunos casos o de apoyo en otros⁵.

Estadísticas internacionales revelan que el 25 al 35 % de la población general, presenta algún tipo de patología psiquiátrica y que la proporción de personas con trastornos mentales que reciben tratamiento es muy insuficiente incluso cuando el trastorno es grave y aquellos que alcanzan los servicios de salud es muy baja, esto se presenta en países tanto desarrollados y mucho más en los países en vías de desarrollo². Es por esto, que los indicadores relativos a la salud mental deben ser variables utilizadas para definir las condiciones generales de salud de la población⁶. Por lo tanto se propuso, en el presente estudio, conocer la prevalencia de enfermedades mentales y la funcionalidad familiar en la parroquia urbana de Urcuquí de la provincia de Imbabura, lo cual, modestamente, contribuirá para fortalecer los esfuerzos realizados en la prevención primaria de los trastornos mentales, haciendo énfasis en el nivel poblacional, sin dejar de lado el análisis del rol que juegan tanto la familia como la comunidad en el mantenimiento de la salud mental de sus integrantes⁷.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio de diseño epidemiológico transversal, en el cual se valoró la prevalencia de trastornos mentales y disfunción familiar en la parroquia urbana de Urcuquí, mediante la aplicación del Self Reporting Questionnaire (SRQ), como una herramienta de tamizaje de trastornos mentales⁸, a un total de

310 habitantes comprendidos entre las edades de 18 - 65 años, seleccionados mediante muestreo aleatorio simple y entrevistados en su propio domicilio; se aplicó además a 297 personas el cuestionario auto aplicado de APGAR Familiar, el cual valora la autopercepción que tienen los integrantes sobre el funcionamiento de su núcleo familiar y los estratifica en distintos grados de disfunción familiar^{9,10}. Con la finalidad de establecer el tipo de estructura familiar que predomina en la población de estudio, se realizó un genograma estructural a 244 familias¹¹. El presente estudio se lo realizó en dos fases, en la primera se aplicó los instrumentos mencionados, entre ellos el SRQ, APGAR familiar y genograma. En la segunda fase se procedió a una confirmación diagnóstica mediante una entrevista psiquiátrica semi estructurada al 60,4% de los que puntuaron como positivos en el Self Reporting Questionnaire. Se estudiaron además las siguientes variables: edad, estado civil, sexo, instrucción, funcionalidad y estructura familiar. Los datos obtenidos, se registraron en una hoja de EXCEL y procesados con el paquete estadístico EPI INFO VO 6.04. CD Atlanta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encuestó a 310 personas, de las cuales el mayor porcentaje fueron mujeres (67,42%) (Tabla 1) siendo el grupo más representativo el comprendido entre los 18 y 34 años con (figura 1). El Self Reporting Questionnaire salió positivo en 96 personas (31%), y la disfunción familiar en ellos estuvo presente en el 64,6% siendo ligeramente mayor en mujeres. (Figura 2). A diferencia de los que puntuaron positivo, los SRQ negativos obtuvieron una disfunción familiar menor del 51,19% (Figura 3). De los 96 casos positivos, 55 (17,7%) tienen neurosis, 31 (10,1%) alcoholismo, 24 (7,8%) psicosis y 6 (1,9%) epilepsia. Aquí también se incluyen 5 personas como casos positivos las mismas que evidenciaron un comportamiento anormal durante la entrevista, aunque en el SRQ fueron negativos, aspecto que también es considerado en el mencionado test, éstos corresponden al 1,6%. (Tabla 2).

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Sexo		
Hombres	101	32.6
Mujeres	209	67.4
Grupos de edad		
18-34 años	159	51.3
35-49 años	100	32.3
50-65 años	51	16.5
Estado civil		
Soltero	76	24.5
Casado	193	62.3
Divorciado	14	4.5
Viudo	5	1.6
Unión Libre	22	7.1
Etnia		
Blanco	3	1.0
Negro	19	6.1
Indígena	18	5.8
Mestizo	267	86.1
Mulato	3	1.0

Tabla 1: Resultados: datos demográficos.

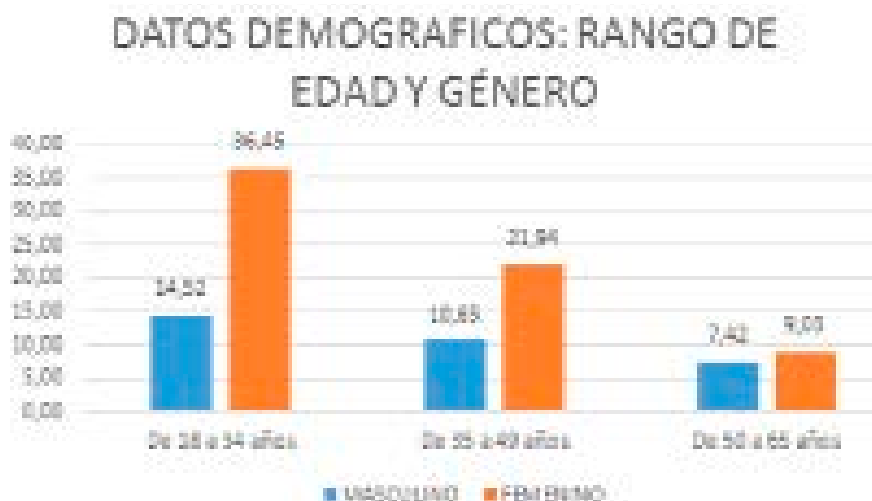


Fig. 1. Datos demográficos de edad y género.

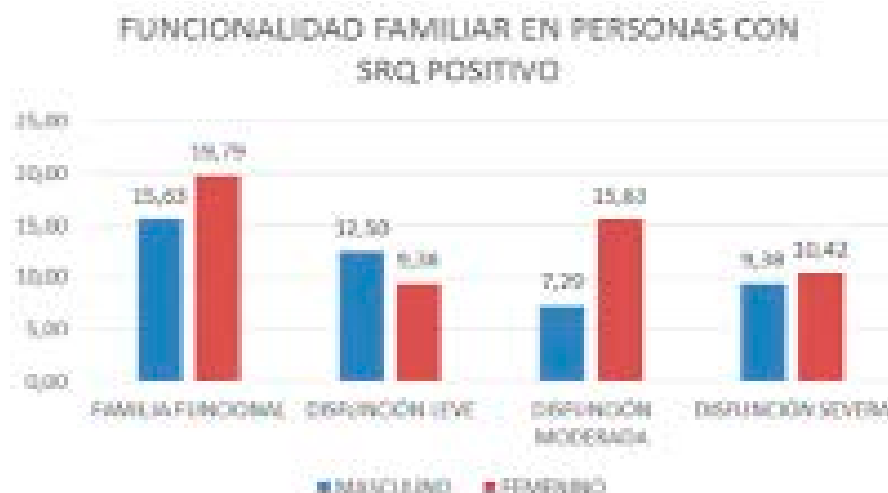


Fig. 2. Funcionalidad Familiar en personas que puntuaron como positivas para trastornos mentales con el SRQ.



Fig. 3. Funcionalidad Familiar en personas que puntuaron como negativas para trastornos mentales con el SRQ.

De manera general la autopercepción de disfunción familiar, en las 297 personas que respondieron el Apgar Familiar, 164 (52,9%) pertenecen a familias con algún grado de disfunción; de éstas, 93 personas (30%) tienen disfunción leve, siendo esta la más frecuente; 51 (16,4%) tienen disfunción moderada y 20 (6,5%) puntuaron para disfunción severa. El 42,9% pertenecen a familias funcionales en el momento de la entrevista. (Tabla 3).

Se realizó el Familiograma a 244 grupos familiares (uno por familia), encontrando que 196 personas (80,3%) pertenecen a familias nucleares; aquellas constituidas por padre, madre e hijos y son el tipo de agrupación más frecuentemente encontrado en

Urcuquí; Finalmente, 30 familias (12,2%) fueron monoparentales, es decir compuestas por hijos y un solo progenitor ya sea por migración o fallecimiento de uno de ellos.

En los diferentes estudios estadísticos se muestran resultados en los que existe una diferencia de presentación de ciertos trastornos mentales tanto en hombres como en mujeres^{11,12}. En el presente estudio, la patología que se presenta con más frecuencia en hombres es el alcoholismo, con 29 casos (9,3%), versus el 0,6% en mujeres; mientras que la neurosis es el problema que tiene mayor prevalencia en el sexo femenino (14,5%), comparado con el 3,2% en hombres (Tabla 4).

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Trastornos mentales		
Neurosis	55	17.7
Psicosis	24	7.7
Epilepsia	6	1.9
Alcoholismo	31	10
Resultados del test SRQ		
Negativos	214	69.0
Positivos (casos probables)	96	31.0

Tabla 2: Resultados: trastornos mentales detectados con la aplicación del self reporting questionnaire.

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Familia funcional	133	42.9
Disfunción leve	93	30.0
Disfunción moderada	51	16.5
Disfunción severa	20	6.5
Estructura Familiar		
Nuclear	196	80.3
Binuclear	10	4.1
Monoparental	30	12.2
Personas sin familia	7	2.8
Equivalentes familiares	1	0.4

Tabla 3: Resultados de la encuesta de autopercepción de la funcionalidad y estructura familiar.

Se encontró una prevalencia mayor de neurosis y alcoholismo en el grupo etario comprendido entre los 18 y 34 años, comparado con el resto de grupos de edad. Se ha observado que las personas según su estado civil tienen un mayor o menor número de problemas de salud mental. En términos generales se habla que los estados de divorcio y viudez se asocian a un mayor número de estados psicopatológicos (depresión, ansiedad y alcoholismo); y que en casados se encuentra una menor prevalencia de patología mental. La neurosis tuvo una elevada prevalencia en todos los estados civiles, especialmente en las personas casadas (11%). El alcoholismo le sigue en frecuencia, siendo éste más frecuente tanto en casados (5.1%) como en solteros (3.5%), aunque la simple presencia de una pareja no es necesariamente un elemento protector ya que si bien las crisis que se generen en la relación o que supongan una psicopatología individual en cada uno de los cónyuges, pueden suponer un deterioro en el equilibrio mental^{13, 14}.

Durante la entrevista Psiquiátrica semi estructurada, aplicada en la segunda fase de la investigación a todos los casos positivos con la encuesta de tamizaje (Self Reporting Questionnaire), se obtuvo los principales diagnósticos psiquiátricos, los cuales constituyeron en Trastornos depresivos con un 30,7% y trastornos mentales y del comportamiento por consumo de alcohol con un 27%. En relación a la autopercepción de la funcionalidad familiar en los habitantes de Urcuquí, se pudo evidenciar que en familias con algún grado de disfunción, existe una mayor prevalencia de trastornos mentales principalmente neurosis (11.1%) y alcoholismo (6%). (Tabla 5)

La carencia de recursos económicos, el aislamiento, la monotonía, los niveles elevados de estrés, la incertidumbre y el contacto con frecuentes hechos negativos, se asocian con problemas de salud mental. Todos estos factores se encuentran en mayor o menor medida en el quehacer cotidiano de los individuos y por lo tanto reducen la efectividad de los mecanismos de enfoque de la persona, aumentando con ello la vulnerabilidad a ciertos niveles

de psicopatología^{15,16}. Observamos que en personas que no tenían empleo, se encontraron niveles más altos de neurosis y alcoholismo.

DISCUSION

La prevalencia de trastornos mentales encontrados en la parroquia de Urcuquí, alcanza un valor de 31% (neurosis 17.7%; alcoholismo 10%; psicosis 7.7% y epilepsia 1.9%), alcanzando una mayor frecuencia la neurosis y los trastornos por consumo y abuso de alcohol; hallazgo que no difiere sustancialmente a los encontrados en otros estudios como el estudio realizado en Colombia, en barrios marginales con población desplazada, en el cual se describe una prevalencia del 27.2%, destacando al alcoholismo (13.6%) como patología más frecuente¹⁹.

La depresión constituye uno de los trastornos psiquiátricos más frecuentes que afectan a la población en todo el mundo, con rangos de prevalencia de vida de 5% a 25% de la población general en otros países^{18,19,20} comparado con el 30% de los casos SRQ positivos (6,4% de la muestra), dato un tanto inferior al estudio realizado en Itagüí Colombia, en donde se obtuvo una prevalencia de 10,4%,²¹; cifra que confronta la necesidad de intervenciones a corto plazo, considerando que es la mujer en la familia la más afectada. A esta patología se suma una prevalencia también elevada, de los trastornos por el consumo excesivo de alcohol, que en Urcuquí fue de 10%, siendo más frecuente en hombres que en mujeres y en personas casadas, lo que explicaría la alta disfunción familiar encontrada.

La sociedad experimenta un rápido cambio y se añaden riesgos distintos, transformaciones económicas, políticas, sociales, culturales y demográficas modifican constantemente la salud física y mental incidiendo directamente en el comportamiento humano y sus relaciones socio-familiares. Dentro del contexto del paciente, el sistema social y familiar, son los medios ecológicos,

Variable	Neurosis		Psicosis		Epilepsia		Alcoholismo	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sexo								
Hombres	10	3.2	10	3.2	5	1.6	29	9.3
Mujeres	45	14.5	14	4.5	1	0.3	2	0.6
Nivel de instrucción								
Ninguna	6	1.9	1	0.3	-	-	1	0.3
Primaria	26	8.3	11	3.5	2	0.6	15	4.8
Secundaria	19	6.1	6	1.9	4	1.2	13	4.1
Superior	4	1.2	2	0.6	-	-	2	0.6
Otro	-	-	1	0.3	-	-	-	-
Estado civil								
Soltero	13	4.1	7	2.2	2	0.6	11	3.5
Casado	34	11	14	4.5	4	1.2	16	5.1
Divorciado	3	0.9	-	-	-	-	1	0.3
Viudo	-	-	-	-	-	-	-	-
Unión libre	5	1.6	3	0.9	-	-	3	0.9
Edad								
18 a 34 años	24	7.7	12	3.8	3	0.9	18	5.8
35 a 49 años	20	6.4	10	3.2	3	0.9	7	2.2
50 a 65 años	11	3.5	2	0.6	-	-	6	1.9
Funcionalidad Familiar								
Familia funcional	14	4.5	10	3.2	3	0.9	10	3.2
Disfunción leve	16	5.1	7	2.2	1	0.3	11	3.5
Disfunción Moderada	13	4.1	5	1.6	2	0.6	2	0.6
Disfunción severa	6	1.9	1	0.3	-	-	6	1.9

Tabla 4: Frecuencia de trastornos mentales por grupos específicos.

DIAGNOSTICOS	CODIGOS CIE-10	N	%
Depresión	F32, F33 y F34	19	30,7
Trastornos mentales y del comportamiento debido al consumo de alcohol	F10	17	27
Epilepsia	G40	7	11,3
Trastornos neuróticos secundarios a situaciones estresantes y somatomorfos	F40-F48	6	10
Otros trastornos mentales debidos a lesión o disfunción cerebral	F06	6	10
Trastorno bipolar	F31	4	6,5
Trastornos de ideas delirantes persistentes	F22	2	3
Retraso mental	F71	1	1,5
TOTAL		62	100

Tabla 5: Principales diagnósticos obtenidos luego de la re-entrevista psiquiátrica semiestructurada.

en los que se desarrollan las personas, ocupando un lugar destacado la familia, que representa además de un nexo biológico, el medio más inmediato de relaciones personales que condicionan de modo decisivo los procesos de salud y enfermedad, debido a que a través de estos medios, se pueden producir varios tipos de relaciones interpersonales disfuncionales que pueden desembocar en alteraciones físicas y psicológicas o a la vez constituirse en fuente de recursos para la curación y mejoría de diversas patologías.

En la población urbana de Urcuquí, se encontró una cifra de disfunción familiar importante; resaltando la afirmación de que el comportamiento de las personas no sólo es el producto de la mente de los individuos, sino que está relacionado también al medio familiar, clase social, nivel económico, educativo, etc. Las familias pobres se enfrentan a la malnutrición, al desempleo, consumo de drogas, a los embarazos en adolescentes, al maltrato físico y sexual, a la sobrecarga de trabajo en las mujeres y a la inestabilidad familiar, aspectos que no nos pueden hacer dudar en el impacto sobre la salud física y mental de las personas. Estos aspectos se corroboran por los hallazgos del presente trabajo, en donde se encontró mayor prevalencia de trastornos mentales en familias que tenían algún grado de disfunción, en personas desempleadas con menores niveles de instrucción.

CONCLUSIONES

1. La prevalencia de enfermedades mentales en la parroquia urbana de Urcuquí en la provincia de Imbabura para personas comprendidas en el grupo de edad de 18 a 65 años fue del 31%.
2. La depresión y el alcoholismo son las patologías mentales más representativas encontradas en el presente estudio.
3. El tipo de familia que predomina en la población es de tipo nuclear (familia tradicional), es decir, la mayoría de familias está conformada por dos individuos de distinto sexo que ejercen el papel de padres y los hijos.
4. Pese a encontrar más familias de tipo nuclear se encontró que más del 50% de familias en la población urbana de Urcuquí, tienen algún grado de disfunción.
5. El equipo de salud que oferta Atención Primaria debe contribuir a la solución, no sólo de los aspectos estrictamente biológicos, sino que debe proporcionar atención de salud integral a las familias que atiende, identificando principalmente a aquellas que se encuentran con algún grado de disfunción familiar.

Referencias bibliográficas

1. De Pedro J, Et al.. Salud mental y salud pública en España: vigilancia epidemiológica y prevención. *Psiquiatría Biológica*. 2016 Mayo - Agosto; 23(2).
2. Haro J, Palacín C, Vilagut G. Prevalencia de los Trastornos Mentales y factores asociados: Resultados del estudio ESEMeD España. *Medicina Clínica*. 2006 Abril; 126(12).
3. Gómez C, Rincón C, Urrego Z. Salud mental, sufrimiento emocional, problemas y trastornos mentales de indígenas colombianos. Datos de la Encuesta Nacional de Salud Mental 2015. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2016 Diciembre; 45(S1).
4. Hoover Quitian RE. Pobreza y Trastornos Mentales en la Población Colombiana, Estudio Nacional de Salud Mental 2015. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2016 Diciembre; 45(Suplemento N° 1).
5. Zurro A, Cano J, Badia J. Atención Primaria, principios, organización y métodos en Medicina de Familia. Séptima ed. Zurro A, editor. Barcelona: Elsevier; 2014.
6. Cabrera JL, Touriño R, Núñez E. Los trastornos mentales y su infradiagnóstico en atención primaria. *SEMERGEN - Medicina de Familia*. 2017 Mayo - Junio; 43(4).
7. Turabián J. Los síntomas en medicina de familia no son síntomas

- de enfermedad, sino síntomas de vida. *Atención Primaria*. 2012 Abril; 44(4): p. 232 - 236.
8. Beusenberg M, Orley J, World Health Organization. DoMH. A User's guide to the self reporting questionnaire (SRQ / compiled by M. Beusenberg and J. Orley Beusenberg M, editor.: Geneva : World Health Organization; 1994.
 9. Suarez M, Alcalá M. APGAR familiar: una herramienta para detectar disfunción familiar. *Rev. Méd. La Paz*. 2014 Enero - Junio; 20(1).
 10. Mendoza L, Soler H, Sainz L. Análisis de la Dinámica y Funcionalidad Familiar en Atención Primaria. *Archivos en Medicina Familiar*. 2006 Enero - Abril; 8(1).
 11. Zurro M. Atención Familiar y Salud Comunitaria, Conceptos y Materiales para Docentes y Estudiantes Barcelona: Elsevier España; 2011.
 12. Jurado D, Alarcón R, Martínez J, et al. Factores asociados a malestar psicológico o trastornos mentales comunes en poblaciones migrantes a lo largo del mundo. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*. 2017 Enero- Marzo; 10(1): p. 45-58.
 13. De la Barra F, Vicente , Saldivia S. Estudio de epidemiología psiquiátrica en niños y adolescentes en Chile. *Reistra Médica Clínica Condes*. 2012 Jul 23; 23(5): p. 521-529.
 14. Ingmar s. Specific Mental Health Disorders: Mental Disorders Associated con Aging. In Skoog I. *International Encyclopedia of Public Health*. Segunda edición ed.: Elsevier; 2017. p. 48-54.
 15. Landeros J, Simental L, Rodríguez J. Perfil psicosocial y percepción del apoyo familiar en adultos. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 2015 Mayo; 53(5).
 16. Casanova L, Rascón M, Alcántara H, Soriano A. Apoyo social y funcionalidad familiar en personas con trastorno mental. *Salud Mental*. 2014 Septiembre - Octubre; 37(5).
 17. Campo , Cassiani. Trastornos mentales más frecuentes: Prevalencia y algunos factores sociodemográficos asociados. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2008; 37(4).
 18. Solano M, Vasquez S. Familia, en la salud y en la enfermedad... *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2014 Octubre-diciembre; 43(4).
 19. Puertas G, Ríos C, El Valle H. Prevalencia de trastornos mentales comunes en barrios marginales urbanos con población desplazada en Colombia. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*. 2006 Noviembre; 20(5).
 20. Paz A, Moneada R, Sosa C. Prevalencia de Trastornos Mentales en la comunidad de Villa Nueva, región Metropolitana. *Rev Med Post UNAH*. 1999 Enero - Abril; 4(1).
 21. Gomez , Aulí J, Tamayo N. Prevalencia y factores asociados a trastornos Mentales en la población de niños colombianos Encuesta Nacional de Salud Mental (ENSM) 2015. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2016; 45(S1): p. 39-49.
 22. Jurado D, Alarcón R, Martínez Jyc. Factores asociados a malestar psicológico o trastornos mentales comunes en poblaciones migrantes a lo largo del mundo. 2017 Mar; 10(1): p. 45-58.
 23. Vasquez MI. El programa de atención psiquiátrica dirigido a enfermos mentales sin hogar. 3011 Sep/diciembre; 16(3).
 24. Cuesta J, Ruiz G, Roca M. Salud mental y salud pública en España: vigilancia epidemiológica y prevención. *Psiquiatría Biológica*. 2016 Mayo-Agosto; 23(2).

Recibido: 10 de julio de 2017.

Aprobado: 3 de agosto de 2017.

BIOMOL®

Somos distribuidores exclusivos de equipos, reactivos e insumos para líneas de investigación en Biología Molecular Forense, Biotecnología e Identidad Genética.

Podemos cubrir todos los requerimientos para equipamiento completo de laboratorios con tecnología de punta.

El personal de BioMol Ecuador Cia. Ltda. Esta constituido por biólogos especializados en Biología Molecular, Microbiología e Identidad genética.



BIOMOL®
BIOMOL ECUADOR CIA. LTDA.

MARCAS CON LA MÁS ALTA GARANTÍA TÉCNICA Y CIENTÍFICA

Genética, análisis de parentesco, biología molecular e identidad genética.



Filtros de laboratorio, tejidos de cultivo de suero y IFA, sistemas de lavado.



Anticuerpos primarios/ secundarios, inmunocitos, y Suministros generales para laboratorio.



Kit de oligos BSMVA, Suministros BSM, Mini Suministros Sequencing, Suministros BSM/ILLUMINA, Sondas qPCR.



Células madre animales, células madre pluripotentes, Cultivo Celular, Deteción de contaminantes. (DCC)



Reactivos para clonado forense.



Filtros productos inactivos para el almacenamiento y el análisis de ácidos nucleicos: DNA, RNA y proteínas.



Equi para y reactivos de NGS & Microarrays para investigación y aplicaciones diagnósticas.



Distribuidor Autorizado
GE Healthcare

Análisis celular, inmunocitometría, investigación en Parasitología, DNA, RNA, Cromatografía, sistemas de lavado.



Soluciones a fermentación de plantas, Kit de plantas, Pipetas especializadas, entre las pasteurizadoras.



Materia estéril para cultivo celular, filtración, cultivos celulares y reactivos para laboratorio. Como métodos de filtración utilizando membranas de PCV / Nitro y polipropileno.



Cámaras de electroformación horizontal y vertical, Sistemas de Detección de variaciones, sistema de lavado de PCR sistemas blotting.



Automatización y manejo de fluidos.



Soluciones forenses que permiten realizar análisis genéticos de control de paternidad en el terreno de AFDN y análisis de identificación de paternidad.

REPORTE DE CASOS / CASE REPORT

Melanoma Maligno múltiple en un mismo paciente. A propósito de un caso.

Multiple malignant melanoma in the same patient. About a case.

Adrian Isacc Nieto Jiménez

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.7

RESUMEN

Se presenta el caso de un paciente ecuatoriano de 52 años valorado en el hospital provincial de Ibarra, Imbabura por presentar 2 lunares en la espalda, que correspondían a 2 lesiones melanocíticas. Se realiza dermatoscopia y biopsia cutánea y se concluye como dos melanomas malignos de extensión superficial, clasificados ambos como primarios. Esta entidad constituye un tumor maligno que deriva de los melanocíticos epidérmicos, son más frecuentes en la piel, pero también se observan en otras localizaciones como mucosas y órganos viscerales. Según la literatura la incidencia de varios melanomas de extensión superficial primarios en un mismo paciente es muy baja. Se describe una supervivencia de 5 años luego del diagnóstico. En su patogenia se vincula la presencia de nevos pigmentados preexistentes y factores carcinogénicos como el sol. Aunque el diagnóstico presuntivo sea clínico la dermatoscopia y la biopsia cutánea constituyen el principal medio diagnóstico y terapéutico en la actualidad.

Palabras Claves: melanoma, biopsia, dermatoscopia.

ABSTRACT

The case of a 52-year-old Ecuadorian valued at the provincial hospital in Ibarra, Imbabura to present two moles on her back, corresponding to 2 melanocytic lesions is presented. Dermoscopy and skin biopsy is performed and two malignant melanomas concluded as superficial spreading, classified both as primary. This entity is a malignant tumor derived from the epidermal melanocytic are more frequent in the skin but also seen in other locations such as mucous and visceral organs. According to the literature the incidence of multiple primary melanomas of surface area in the same patient is low mu. 5-year survival after diagnosis is described. In its pathogenesis, the presence of preexisting pigmented nevi and carcinogenic factors such as the sun is linked. Although the presumptive diagnosis is clinical dermoscopy and skin biopsy are the main diagnostic and therapeutic means today.

Key Words: melanoma, biopsy, dermoscopy.

Introducción

El melanoma es un tumor maligno que deriva de las células denominadas melanocitos, originadas en la cresta neural.¹

Aparece en la piel en el 90% de los casos; pero también se pueden observar en leptomeninges, tracto uveal de los ojos, cavidad oral, canal anal y vagina.

Representa el 2.5% de todos los cánceres del cuerpo y es el responsable del 2% de las muertes por cáncer y de las 2/3 partes de mortalidad atribuidas a cáncer de piel. La primera descripción de melanoma fue realizada en el papiro de Eber en 1500 AC, y luego por Hipócrates (460-375 AC)^{1,2}.

Es la enfermedad de la piel que puede causar más muertes. Desde mediados de los años 60, la incidencia del melanoma maligno se ha incrementado a escala mundial³.

Así, la tasa de incidencia en Europa es de 10 a 20 por cada 100 000 personas; en Estados Unidos ha aumentado desde 4,5 por cada 100 000 habitantes en 1970 hasta 15,2 y 16,2 por cada 100 000 en 2013 y 2014, respectivamente. En Ecuador se registró una tasa de 4.23 en el sexo masculino con respecto a un 3.77 del sexo femenino en el año 2014. Las estadísticas indican que es más frecuente en el sexo masculino. Existen 4 subtipos principales: de extensión superficial – el más frecuente – (60 - 70 %), nodular (15 - 30 %), lentigo maligno (5 %) y acral lentiginoso (5 - 10 %)^{3,4}.

El melanoma ha suscitado una gran atención debido al gran incremento de su incidencia, atribuido a las costumbres en relación con el sol y la longevidad. Es infrecuente el reporte en la literatura de melanomas múltiples en un mismo paciente. En la actualidad sigue sin existir un tratamiento efectivo para este tumor cuando se ha diseminado. La prevención, la detección temprana y la cirugía continúan siendo los pilares en su manejo⁵.

CASO CLINICO

Se presenta un paciente de 52 años de edad, valorado en el hospital provincial de Ibarra, Imbabura en el servicio de Dermatología en marzo del año 2016 con dos lesiones melanocíticas sospechosas localizadas en la espalda desde la infancia. Se interroga y examina cuidadosamente, enfatizando en el examen cutáneo, se consulta la literatura y se procede a realizar dermatoscopia y toma de muestra para biopsia de ambas lesiones.

Examen físico

Presencia de 2 lesiones tipo t, pigmentadas a nivel de la región posterior del tronco, de bordes definidos, que asientan sobre dos nevos congénitos, no se acompañan de síntomas subjetivos, de 2 meses de evolución. (Figura 1)

Dr. Adrian Isacc Nieto Jiménez. Especialista en primer Grado en Medicina General Integral y Dermatología. Diplomado en Hematodermias. Profesor Asistente. Investigador Agregado. Instituto Ecuatoriano de Seguro Social. Hospital Ibarra. Imbabura.

Correspondencia: adrianisacnj@gmail.com

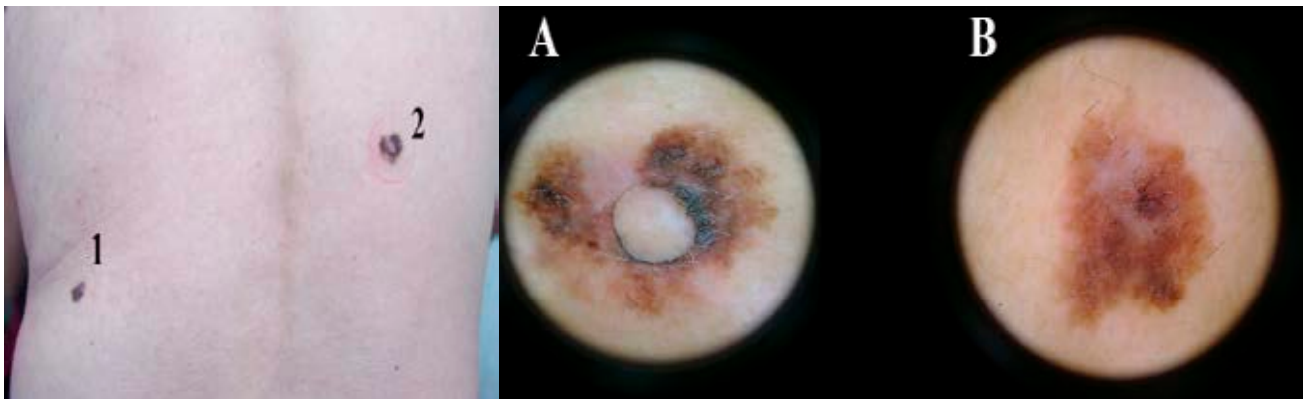


Figura 1. (A) Examen Físico Melanomas malignos.(B) Dermatoscopia

Presencia de 2 lesiones tipo t, pigmentadas a nivel de la región posterior del tronco, de bordes definidos, que asientan sobre dos nevos congénitos, no se acompañan de síntomas subjetivos, de 2 meses de evolución. (Figura 1).

Lesión de aproximadamente 1.5cm de diámetro, asimétrica, de bordes irregulares, con área de regresión en su extremo superior y pigmentación no homogénea, con sobre-elevación papulosa en la parte central de color rosado, localizada en lado derecho y posterior del tronco. (Figura 1).

Lesión de aspecto macular de aproximadamente 1cm de diámetro, de bordes irregulares, pigmentación no homogénea, entre negra y rojiza, localizada en lado izquierdo inferior y posterior del tronco. (Figura 1)

Se realiza dermatoscopia, donde se observa: Patrón multicomponente, retículo atípico, glóbulos asimétricos y áreas desestructuradas pigmentadas de color negro, áreas blancas y azul grisáceas en ambas lesiones. (Figuras 2) Sospechoso de melanoma maligno.

Se realizan exámenes complementarios:

Hemograma, coagulograma y hemoquímica dentro de parámetros normales.

Rx de Tórax (PA): Sin alteraciones.

Us Abdominal: Sin alteraciones.

RMN de cráneo: No se observaron alteraciones.

Se realiza exéresis y biopsia el día 22 de marzo de 2016.

Lesión1: B-2923-15 Biopsia de piel con melanoma extensivo superficial en fase tumorigénica (Breslow 0.90mm). Se extiende a dermis reticular (nivel IV de Clark), diámetro mayor 1.5 cm. Bordes quirúrgicos libres de tumor, el más cercano a 1cm.

Lesión 2: B-2924-15 Biopsia de piel con melanoma extensivo superficial invasor a dermis papilar (Breslow 0.4mm, nivel II de Clark), diámetro mayor 1.1 cm. Bordes quirúrgicos libres de tumor, el más cercano a 9mm.

ID: MELANOMAS MALIGNOS DE EXTENSIÓN SUPERFICIAL

El paciente fue remitido al servicio de oncología del Hospital Carlos Andrade Marín de Quito, Ecuador para comenzar tratamiento según el tiempo de evolución y el grado de agresión que presentó el tumor por el diagnóstico confirmado mediante dermatoscopia y biopsia.

COMENTARIO

El melanoma de extensión superficial es la forma más frecuente ya que representa el 70% de los casos de melanoma. Puede localizarse en cualquier zona del cuerpo, siendo más frecuente en el torso de los varones y en las extremidades inferiores de las mujeres. Casi siempre se presenta en personas de piel blanca⁶.

El melanoma de extensión superficial es igualmente común en hombres y mujeres. Sólo el 15% de los melanomas surgen an-

tes de los 40 años, y es raro que aparezca en menores de 20 años (<1%). 5-6 Aunque otros autores consideran que la edad media en el momento del diagnóstico es de 44 años, y generalmente la lesión tiene una evolución de entre 1 y 5 años⁶.

Los principales factores de riesgo para el melanoma de extensión superficial son:

- El aumento de la edad.
- Un melanoma invasivo anterior o un melanoma in situ.
- Un cáncer de piel no melanoma anterior.
- Muchos nevos melanocíticos (lunares).
- Múltiples (> 5) nevos atípicos (lunares de aspecto gracioso que son histológicamente displásicos).
- Fuerte historial familiar de melanoma con 2 o más familiares de primer grado afectados.
- Piel clara que se quema fácilmente (fototipos 1 y 2)^{2,6,7}.

Diversos estudios en poblaciones de origen anglosajón han evaluado el riesgo de que un paciente que ya ha tenido un melanoma padezca un nuevo melanoma cutáneo primario⁸⁻⁹. Sin embargo, en la población mediterránea hay pocos estudios que evalúen la incidencia y el riesgo de melanomas primarios múltiple^{7,8,9}.

El diagnóstico clínico es ayudado por la dermatoscopia y la biopsia de piel (generalmente biopsia por escisión).

La lesión clínica suele ser una placa pigmentada, palpable, de 1 a 2,5 cm de diámetro, de color marrón oscura, negro o parduzco, que puede presentar áreas claras que reflejan regresión tumoral^{12,10}.

En Ecuador la tasa de incidencia del melanoma maligno del 2002 al 2016 se incrementó en un 2.8% a predominio en el sexo masculino y en edades comprendidas entre 48 y 60 años. No existe ningún reporte de dos melanomas malignos primarios en un mismo paciente¹¹.

En Ibarra se registraron en los últimos 5 años 16 casos de pacientes con melanoma maligno y de ellos 6 pertenecieron a la variante de extensión superficial. Coincide el predominio en el sexo masculino con respecto a la tasa nacional¹².

El tratamiento inicial de un melanoma primario es eliminarlo con cirugía; la lesión debe ser extirpada completamente con un margen de tejido normal.

Como los melanomas cutáneos aparecen en sitios accesibles con facilidad, el profesional de la salud y el paciente cuentan con una oportunidad única e imperiosa de diagnosticar esta neoplasia en un momento temprano y curable. Este es un desafío importante, dado que el espesor del tumor es el factor pronóstico principal en el melanoma cutáneo primario, sin embargo, a pesar de la importancia del diagnóstico temprano del melanoma, hay algunas razones que impiden lograr estos objetivos de forma completa, ejemplo de ello son aquellos pacientes con lesiones sospechosas que retrasan la consulta al médico debido al desconocimiento, miedo o negación^{3,4}.

CONCLUSIONES

El melanoma maligno de extensión superficial constituye la variante más frecuente de melanoma. Según la literatura la presencia de dos melanomas malignos primarios es muy raro y no se reporta ningún caso en Ecuador.

RECOMENDACIONES

Es importante la protección de las radiaciones ultravioletas del sol sobre todo en personas con fototipos cutáneos 1 y 2 (con poca capacidad para el bronceado) con factor 50 o más, aplicado al menos 3 veces al día en áreas expuestas al sol, así como conocer los factores de riesgo y signos de alarma para su prevención puesto que representa una de las causas más frecuente de muerte por cáncer de piel.

Referencias bibliográficas

1. Slingluff CI, Flaherty K, Rosenberg SA. Cutaneous melanoma. En: De Vita VT, Lawrence TS, Rosenberg SA. Cancer: Principles and Practice of Oncology. 9th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 1643-91.
2. Priario JC. Historia del melanoma maligno en Uruguay. Rev Méd Urug. 2012 [citado 8 Sep 2015]; 21(4). Disponible en: <http://www.rmu.org.uy/revista/2005v4/art2.pdf>
3. Garbe C, Leiter U. Melanoma epidemiology and trends. Clin Dermatol. 2009; 27(1):3-9.
4. Siegel R, Naishadham D, Jemal A. Cancer statistics, 2012. CA Cancer J Clin. 2012; 62(1):10-29.
5. García Wong H, González Rodríguez Z, López Vergara M. Melanoma maligno en la región frontal. Rev fdc. 2012 [citado 8 Sept 2015]; 6(2). Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/fdc/vol6_2_12/fdc01212.htm
6. Bakos L, Wagner M, Bakos RM, Leite CS, Sperhacke CL, Dzekaniak KS, et al. Sunburn, sunscreens and phenotypes: some risk factors for cutaneous melanoma in southern Brazil. Int J Dermatol. 2015; 41(9):557-62.
7. Thompson JF, Scolyer RA, Kefford RF. Cutaneous melanoma. Lancet. 2005; 365(9460):687-701.
8. Bakos L, Wagner M, Bakos RM, Leite CS, Sperhacke CL, Dzekaniak KS, et al. Sunburn, sunscreens and phenotypes: some risk factors for cutaneous melanoma in southern Brazil. Int J Dermatol. 2012; 41(9):557-62.
9. Phan A, Touzet S, Dalle S, Ronger-Savlé S, Balme B, Thomas L. Acral lentiginous melanoma: a clinic prognostic study of 126 cases. Br J Dermatol. 2010; 155(3): 561-9.
10. Nestle FO, Halpern AC. Neoplasm of the skin. In: Dermatology. 2th ed. Madrid: Mosby; 2011. p. 1745-69.
11. Registro Estadístico de Salud. Provincia Imbabura. 2017.
12. Registro Estadístico. Hospital Iess Ibarra. 2017.

Recibido: 10 de Junio de 2017.

Aprobado: 25 de Julio de 2017.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Revista Bionatura supports the Sustainable Development Goals

REPORTE DE CASOS / CASE REPORT

Acardia fetal, reporte de un caso, enfoque médico y psicosocial.

Acardia fetal, reporting a case, medical and psychosocial approach.

Alvear Reacos Rodrigo Roberto¹, Aguinaga Egas Patricio², Acosta Vinueza Yesenia³, Gonzales Pardo Secundino⁴, Reacos Paredes Yu Ling⁵

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.8

RESUMEN

La acardia fetal es una rara malformación congénita que se presenta en embarazos gemelares reportados tradicionalmente como 1:35000 nacidos vivos, aunque hay estudios que afirman que su incidencia podría ser mayor del 1:9500- 11000 embarazos. El presente caso se da en una mujer multipara proveniente del sector rural en cuyo único control se detecta embarazo gemelar de 26 semanas, malformación en uno de los productos producida por una anastomosis placentaria y en el otro una grave afectación cardíaca que termina por provocar la muerte luego de su nacimiento. La diferencia de tamaño entre el feto normal y el acárdico explica las consecuencias de poli hidramnios y el parto prematuro. La falta de controles prenatales impide que se puedan acceder a tiempo a medios diagnósticos y de tratamiento oportuno.

Palabras Claves: Acardia fetal, Multipara, Transfusión feto-fetal, malformación.

ABSTRACT

Fetal acardia is a rare congenital malformation that occurs in twin pregnancies traditionally reported as 1: 35,000 live births, although there are studies that claim that its incidence could be greater than 1: 9500-11000 pregnancies. The present case occurs in a multiparous woman from the rural sector whose sole control is a twin pregnancy of 26 weeks, malformation in one of the products produced by a placental anastomosis and in the other a serious cardiac involvement that ends up causing him death After his birth. The difference in size between the normal fetus and the acardic one explains the consequences of polyhydramnios and premature labor. The lack of prenatal controls prevents access to timely diagnosis and treatment.

Key Words: Fetal Impingement, Multipara, Fetal-fetal transfusion, malformation

Introducción

La acardia fetal es una anomalía congénita asociada a embarazos múltiples con una frecuencia de presentación de 1 en 35.000 embarazos reportados el año¹ y 1:9500- 11000 embarazos en estudios actuales convirtiendo a esta malformación en una condición no tan rara^{2,3}. Estos ocurren cuando un solo ovulo fertilizado se divide (4-7 días después de la fertilización) en embriones genéticamente idénticos los cuales comparan una sola placenta y un solo amnios, pudiendo resultar más tarde en una fusión de elementos tisulares⁴.

Esta patología forma parte del *Síndrome de Transfusión Feto-Fetal (TFF)*, también conocida como *Secuencia de Perfusión Arterial en Reversa (TRAP)*, por sus siglas en inglés). Anatómicamente, existen dos o tres productos siendo este último más raro aún)- Uno de ellos presenta un desarrollo casi normal y es llamado "el gemelo de la bomba" o "donante" porque su corazón bombea su volemia a la del otro, el cuál actúa como parásito, recibiendo flujo sanguíneo retrógrado de sangre mal oxigenada a través de la aorta abdominal, resultando en un amplio espectro de malformaciones una de ellas es conocida como "acardius acephalus" (ausencia de corazón y/o cabeza). Esta situación puede ocasionar polihidramnios, parto prematuro e insuficiencia car-

díaca en el gemelo donante; "la muerte de ambos se da en aproximadamente el 50% de los casos^{5,6}.

El diagnóstico prenatal es fundamental para reducir la morbi-mortalidad en recién nacidos, una proporción significativa de la mortalidad infantil (10%) se atribuye a defectos congénitos del corazón. La ecografía obstétrica es una herramienta ampliamente usada para el control prenatal, desde las primeras semanas de gestación, nos permite controlar no solo la normal evolución del desarrollo embrionario y fetal, sino detectar malformaciones congénitas; Incluso, en países desarrollados, la ecocardiografía se ha convertido en una investigación de rutina⁷. Se han reportado algunos casos en los que la detección temprana de esta rara anomalía ha dado lugar a que se realicen diferentes intervenciones terapéuticas que conllevaron a salvar la vida de al menos uno de los productos de la gestación sin tener mayores complicaciones futuras^{8,4}.

Presentamos un caso de embarazo gemelar espontáneo de 26,1 semanas en una madre multipara proveniente de una zona rural en cuyo único control se diagnostica no solo el embarazo gemelar sino también la malformación fetal además de las complicaciones en la madre y en el feto donante.

¹ Médico especialista en Medicina Familiar- docente de la Universidad Técnica del Norte (UTN).

² Médico tratante de Gineco- Obstetricia.

³ Médica Psiquiatra- docente de la UTN.

⁴ Médico Anestesiólogo, docente de la UTN.

⁵ Msc en Gerencia en Salud para el Desarrollo Local, docente la Facultad Ciencias de la Salud.

Correspondencia: lyacosta@utn.edu.ec

DESCRIPCIÓN DEL CASO

Paciente femenina de 38 años, casada, de etnia indígena, procedente de una zona rural de uno de los cantones de la provincia de Imbabura (El Inca-Pimampiro) sin ninguna instrucción, ocupación quehaceres domésticos; quinta gesta y con antecedente de un aborto espontáneo previo. Llega al Hospital del IESS regional-8 de Ibarra transferida del Seguro Social Campesino con diagnóstico de embarazo gemelar espontáneo de 26.2 semanas, muerte y posible malformación en uno de los productos, situación detectada en un hallazgo ecográfico que realizaron cuando consultaba por una molestia gastrointestinal convirtiéndose ésta en su único control prenatal.]La paciente presentaba un crecimiento abdominal exagerado (fondo uterino de 41 cm) que al momento del ingreso refiere epigastralgia, astenia y dolor lumbar en posición de decúbito dorsal, motivo de su consulta.

La ecografía reporta, Índice de líquido amniótico en los cuatro cuadrantes de 252 mm; feto 1 vivo, (donante) cefálico, de aspecto morfológico normal, con movimientos corporales presentes, sexo femenino con antropometría correspondiente a 27 semanas y un peso de 970 g. Feto 2 malformado, sin actividad cardíaca visible, y atrofia evidente del segmento corporal superior, acéfalo, ausencia de miembros superiores, tórax hipotrófico, se observa presencia de costillas. Abdomen con ascitis y notoria atrofia visceral. Gran edema de piel y tejido celular subcutáneo; cordón umbilical con tres vasos. Miembros inferiores hipotróficos y edematosos.

Los hallazgos fueron confirmados posterior al parto el cual se llevó a cabo a las 30,3 semanas por cesárea de emergencia debido a sufrimiento fetal e inicio de actividad uterina espontánea. El gemelo donante fue sometido previamente a maduración pulmonar con dos dosis de betametasona para disminuir el riesgo de futuras complicaciones respiratorias. Nace el primer producto de aspecto morfológico normal de sexo femenino vivo de 1100 g. de peso, con edema generalizado y ascitis (signos de insuficiencia cardíaca), el mismo que fallece a las 7 horas del nacimiento.

El segundo producto, macrosómico de aspecto amorfo, que pesó 2017 g, no viable anencefálico con tórax y abdomen deformes; miembros superiores: con amelia en el lado derecho y focomelia en el lado izquierdo, con esbozo de 4 dedos, extremidades inferiores con pies en varo bilateral con 2 y 4 dedos en pie derecho e izquierdo respectivamente. (Figura 1)

La placenta pesó 690 g, presentaba dos cordones umbilicales con anastomosis vascular en la base, uno de ellos con cuatro estructuras vasculares y el segundo con tres. (Figura 2). En el estudio histopatológico del gemelo receptor se constata que es también de sexo femenino por sus órganos externos e internos,

aunque presentó ausencia de útero. Órganos torácicos ausentes, anomalías en el extremo proximal de estómago y recto, otros riñones y glándulas suprarrenales fueron de estructura normal. Al examen microscópico, los órganos internos presentan signos de inmadurez y autólisis importantes.

En el examen placentario microscópicamente presenta ve­llosidades coriales inmaduras, estroma ligeramente hiper­celular, leve disminución de nódulos sincitiales. En la decidua se observa depósitos de fibrina y áreas de necrosis con focos de calcificación. Uno de los cordones umbilicales presenta dos arterias y una vena, el otro cordón, dos arterias y dos venas.

DISCUSIÓN

El feto arcádico se define como aquel que carece parcial o totalmente de corazón. Dicha patología es ahora más conocida como Perfusión Arterial Reversa o TRAP debido a que no siempre se van a darse malformaciones de tipo arcádico y es la manifestación extrema de Síndrome de transfusión feto-fetal (TTTS) que se da por una anastomosis de la arteria a la arteria y de la vena a la vena umbilicales con la consecuente perfusión retrógrada, es decir, la sangre arterial umbilical del donante fluye hacia la arteria umbilical del receptor quien sufre de malformaciones debido a la hipoxemia desde las fases tempranas del desarrollo embrionario que afecta a la curvatura y fusión del tubo cardíaco primitivo resultando en la no formación de corazón y otros órganos³.

La conexión vascular anormal transporta flujo sanguíneo desoxigenado hacia las arterias umbilicales del receptor, favoreciendo con un escaso aporte de oxígeno sólo a los vasos ilíacos por lo que permite un mayor desarrollo del polo inferior, es por eso que los órganos del extremo inferior del cuerpo se hallan mejor formados. Ello podría estar explicado a nivel molecular debido a que agentes que aumentan los niveles de redox (especies reactivas de oxígenos generadas por el NADPH oxidasa 4) pueden modular la diferenciación de las células cardiotípicas pluripotenciales, aumentando la proporción de cardiomiocitos durante la embriogénesis⁹.

Por otro lado, el gemelo donante al tener que movilizar su volemia y la del acardio, sufre sobrecarga, produciéndose en algunos casos insuficiencia cardíaca congestiva (ICC). El riesgo de prematuridad, poli y oligohidramnios y la anemia son algunas de las demás consecuencias con una mortalidad asociada del 40-70% de los casos sin intervención. Dichas complicaciones se las puede predecir relacionando el peso del feto acárdico con el feto normal, en este caso, mientras mayor sea el peso del primero el porcentaje de parto prematuro llegará al 90% y la probabilidad

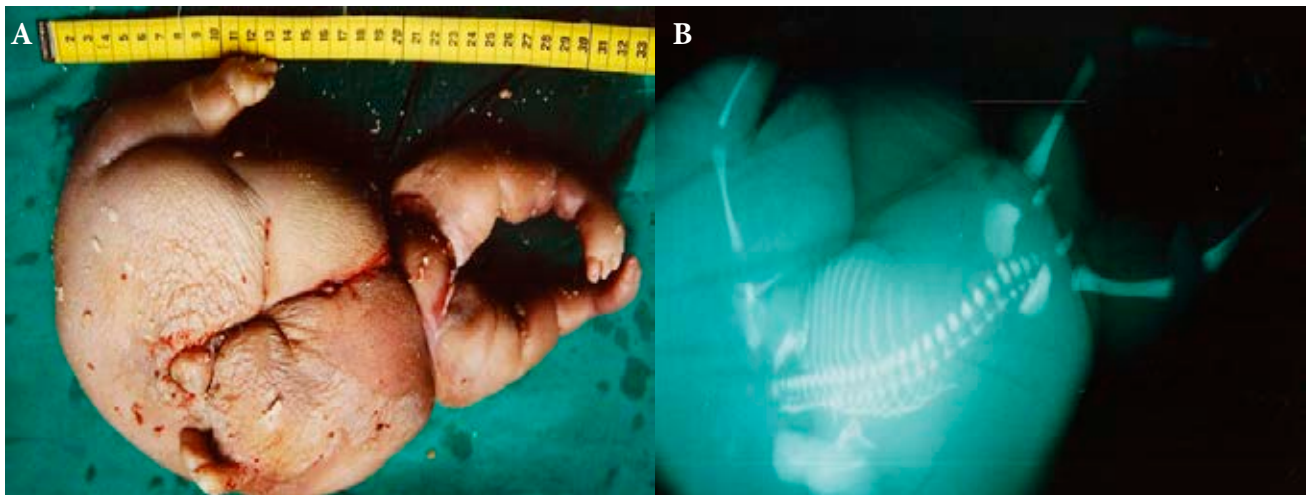


Figura 1: A. Apariencia macroscópica del feto acárdico, en el que se observa, ausencia de polo cefálico, tórax y abdomen deformes, miembro superior izquierdo con esbozo de 4 dedos y miembro superior derecho rudimentario. Miembros inferiores en varo. B. Radiografía simple del feto acárdico en el que se observa ausencia de cráneo y miembros superiores incompletos.



Figura 2: Presenta tejido placentario con presencia de dos cordones umbilicales, los cuales se caracterizan por la presencia de anastomosis anómalas, llamado Síndrome de Transfusión Feto – Fetal o Secuencia de Perfusión Arterial en Reversa. Anatómicamente, existieron dos productos: Uno de ellos presentó un desarrollo casi normal (donante), porque su corazón bombea su volemia a la del otro producto en cuál actúa como parásito, recibiendo flujo sanguíneo retrógrado de sangre mal oxigenada.

de polihidramnios (índice de líquido amniótico entre 8 y 25 cm) y la falla cardíaca también será mayor como se vio en el presente caso³.

Es aspecto morfológico más común es conocido como “Acardius acephalus” o “Acéfalo u Holoacardio” (65% de los casos), se caracteriza por la ausencia de cabeza, aunque puede tener un esbozo de la base del cráneo, no tienen brazos y las extremidades inferiores presentan diversos grados de desarrollo. Otra gama morfológica es el Acardio Anceps o Hemiacardio (22%): presenta una cabeza rudimentaria con esbozo de cráneo y huesos faciales, y extremidades poco desarrolladas. El Acardius Amorphus (8%) aparece como una masa desorganizada y sin forma, sin órganos reconocibles, formado por tejido conectivo no diferenciado, cartílago, hueso, músculo, pero que puede contener en su interior, alguna forma de estructura axial. El Acardio Anceps tiene la forma más desarrollada, es decir tiene brazos, piernas y parcialmente ha desarrollado la cabeza con tejido cerebral y estructuras faciales; este tipo de gemelo está asociado a alto riesgo de complicaciones en el gemelo normal. El subtipo morfológico Acardius Acormus (4%) constituido por una cabeza unida a una placenta. y el Acardius Mielocéfalo (1%): Es la forma más rara. Semejante al amorfo, pero con extremidades rudimentarias⁵.

En nuestro caso las consecuencias morfológicas y las consecuencias hemodinámicas predecibles por el tamaño del feto acárdico están presentes de forma típica.

La acardia, generalmente es descubierta por ultrasonografía de rutina tempranamente en el embarazo, o debido a los hallazgos clínicos tardíos, tales como polihidramnios. La determinación a través de ultrasonido de la corionicidad (estado placentario) es más confiable antes de las 14 semanas; en embarazos gemelares, esta conducta de diagnóstico y control se hace necesaria debido a la morbilidad y mortalidad perinatal es cinco veces mayor en gemelos monocoriales que en los bicoriales precisamente debido al TTTTS que provoca restricción selectiva del crecimiento fetal^{10,11}.

La importancia de un diagnóstico temprano radica en la posibilidad de acceder a un tratamiento oportuno que puede variar desde una conducta expectante con evaluaciones de ultrasonido periódicas hasta procedimientos invasivos como la ligadura del cordón, la ablación del gemelo arcádico y otros procedimientos con láser o termocoagulación³. La intervención puede conducir a complicaciones relacionadas con el procedimiento, mientras que el manejo expectante puede no siempre resultar exitoso¹.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en Ecuador se registraron en el año 2015 (12) 273280, de ellos al menos 7 presentaron una malformación como la descrita

y en la provincia de Imbabura se verá un caso de éstos una vez cada 5 años.

La OMS considera que el cuidado prenatal temprano periódico e integral está orientado a disminuir el riesgo de complicaciones, estableciendo un mínimo de 5 chequeos por profesional de Salud calificado como un estándar óptimo¹³.

Estudios en Latinoamérica revelan que aún existe un 40 % de incumplimiento en los controles prenatales encontrando que el estado conyugal no estable y el desempleo materno se asocia a mayores tasas de fracaso de la atención prenatal¹⁴.

CONCLUSIONES

Pese a los esfuerzos de las autoridades nacionales y locales del MSP de promover el control prenatal a nivel urbano y rural, se continúa teniendo dificultades en ello. Eso nos pone lejos cumplir la meta de poder realizar un diagnóstico temprano y peor aún una intervención para disminuir los riesgos que presentamos con cualquiera de las herramientas terapéuticas que se han desarrollado. Pese a ello se debe seguir insistiendo en realizar un ultrasonido con un análisis crítico del estado placentario en el primer trimestre y más aún si existe sospecha de embarazo gemelar.

Independientemente de la conducta a seguir, el resultado debe ser el Bienestar del gemelo donador, lograr que pueda llegar al final su gestación en las mejores condiciones posibles a pesar de los obstáculos que su hermano le ha puesto en su camino.

Referencias bibliográficas

1. Emery SP, al e. The North American Fetal Therapy Network Consensus Statement: Management of Complicated Monochorionic Gestations. *Am J Obstet Gynecol.* 2016 Septiembre; 126(3): p. 575-84.
2. Dubey S, Verma M, Goel P, Punia R. Twin Reversed Arterial Perfusion: To. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2017 Enero ; 11(1).
3. Aruna , N, Rohini A, Pikee S, Jaya B. Acardiac anceps: a rare congenital anomaly; 2014.
4. Sahruda G, Onome O. Spontaneous monochorionic triplet pregnancy with no fetal. *BMJ.* 2012.
5. Ahmad Mea. Diagnostic Dilemma in Twin-Reversed Arterial Perfusion Sequence. *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India.* 2013 Agosto; 63(2): p. 282-284.
6. Torres Borrego J, Guzmán Cabañas J, Acosta Collado C, Romanos Lezcana A, Acosta Collado A. Acardius acephalus. Descripción de un caso. *ANALES ESPAÑOLES DE PEDIATRÍA.* 2000 Mayo; 53(4): p. 346-349.

7. Colaco SM, Karande T, Bobhate PR PR, Jiyani R, al e. Neonates with critical congenital heart defects: Impact of fetal diagnosis on immediate and short-term outcomes. *Ann Pediatr Cardiol.* 2017 Mayo- Ago; 10(2): p. 126.130.
8. Norwitz E, et al. Separation of Conjoined Twins With the Twin Reversed-- Arterial- Perfusion Sequence After Prenatal Planning With Thee. Dimensional Modeling. *The New England Journal of Medicine.* 2000 Oct; 343(6).
9. Murray TV, Smyrnias L, Shah AM, Brewer AC. NADPH oxidase 4 regulates cardiomyocyte differentiation via redox activation of c-Jun protein and the cis-regulation of GATA-4 gene transcription. *THE JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY.* 2013 Mayo; 288(22).
10. Dias T, Weerasinghe A, Amarathunga P, De Silva C, Thilaganathan B. Twin pregnancy chorionicity determination in a tertiary care setting. *Ceylon Medical Journal.* 2013 Dic; 58(4).

11. Dias T, Bhide A, Thilaganathan B. Early pregnancy growth and pregnancy outcome in twin pregnancies. *Ceylon Medical Journal.* 2010 sept; 55(3): p. 80-84.
12. INNEC-Ecuador. Ecuador en cifras. Anuario estadístico. ; 2015.
13. MSP del Ecuador. Control Prenatal, Guía de practica clínica Normatización DNd, editor. Quito: El Telégrafo EP; 2016.
14. Arispe C, Salgado M, Tang G. Frecuencia de control prenatal inadecuado y de factores asociados a su ocurrencia. *Rev Med Hered.* 2011; 22(4).

Recibido: 4 de Julio de 2017.

Aprobado: 4 de Agosto de 2017.

#ClimateChange

WHO IS AT RISK OF CLIMATE CHANGE?

Those living in poverty, as well as women, children and the elderly.

Outdoor workers and people living with chronic medical conditions.

Children are the most vulnerable due to long exposure to environmental risks.

**EVERYONE
EVERYWHERE**

Those living in megacities, small island developing states and other coastal, mountainous and polar regions.

Countries with weak health systems will be least able to prepare and respond.



World Health Organization

¿QUÉ ES ORCID?

ORCID puede ayudarle a gestionar mejor sus autores y revistas, proporcionando un registro único del investigador permanente para investigadores y académicos, que es abierta, no propietaria, transparente, móvil y basada en la comunidad.

Toda la que hacemos está impregnada por los datos, así que necesitamos identificarnos de cada página. Para ser capaz de hacer identificarnos de cada página de ORCID.

Prof. Francisco de Asís
Rafael Pineda

El sistema ORCID no sólo permite mejorar los procesos de publicación, sino que la participación de los autores también permite la mejora de los procesos para cosas como las revistas de bioRxiv y las universidades.

Clifford Smith, *University of
Oxford* y *Centre for Global
Health*, 2014

Como organización independiente y sin ánimo de lucro diseñada para beneficiar a un amplio rango de organizaciones, ORCID es única en su capacidad para abordar disciplinas, sectores de investigación y fronteras nacionales. La capacidad de conectar la investigación y los investigadores enriquece el proceso del descubrimiento científico y mejora la eficiencia de la financiación y la colaboración científica. ORCID está trabajando con todas las regiones de la comunidad científica para hacer realidad esta visión.

¿Cómo podemos mejorar nuestra forma de proporcionar el servicio? ¿Podemos reducir el costo de publicar y obtener la credibilidad de nuestros libros de datos de autores y revistas? ¿Cómo podemos mejorar la credibilidad de nuestros libros de datos por autor por qué tenemos tanta duplicación en los registros de autor? ¿Cómo podemos mejorar nuestra credibilidad?

Las revistas científicas y de investigación se enfrentan desafíos con el problema de escala. Usar a autores permanentes ayuda a estos libros de datos de autores que son necesarios para mejorar la calidad de un autor para reducir la duplicación de los autores y mejorar la credibilidad de los libros de datos de autores. La capacidad de identificar de autor de libros de datos de autor es un desafío a reducir la duplicación de los libros de datos de autor y mejorar la credibilidad de los libros de datos de autor.

Historia de la ciencia de los investigadores y profesores con un perfil único. ORCID ofrece una solución de identidad y gestión de los investigadores y autores que permite de autor más libros y otros libros de datos de investigación. ORCID es para los libros de datos de autor de investigación de autor y profesores científicos. ORCID puede ayudar a reducir la duplicación de los libros de datos de autor y mejorar la credibilidad de los libros de datos de autor.



ORCID ayuda a los autores:

- Mantener y dirigir el desarrollo de los autores.
- Mejorar la credibilidad de los libros de datos de autor.
- Mantener registros de libros de datos de autor y profesores.
- Mejorar la credibilidad y credibilidad de los libros de datos de autor.
- Mantener la credibilidad de los libros de datos de autor.



Visite orcid.org para saber más

Únase a ORCID hoy y este a formar parte de la solución.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Nanotecnología en la agricultura.

Nanotechnology in agriculture.

Dagoberto Castro-Restrepo

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.9

RESUMEN

Las plagas y enfermedades en los cultivos y las inadecuadas prácticas de manejo poscosecha contribuyen de manera importante a la pérdida de cosecha y alimentos. La nanotecnología aplicada al sector agrícola se utiliza como herramienta de diagnóstico para la detección de enfermedades, la liberación controlada de moléculas funcionales y el mejoramiento de los empaques que garanticen una mayor duración de los alimentos, sin que estos pierdan sus características organolépticas y sanitarias. En este sentido, se adelantan diseños en nanobiosensores, que son dispositivos compuestos por un elemento biológico y uno de transducción que tienen la capacidad de detectar y tratar una infección, una deficiencia nutricional u otro problema antes de que los síntomas sean visibles. Son evidentes los progresos en la producción de nanopesticidas (para el control y prevención de insectos plagas y enfermedades) que comprenden pequeñas partículas de ingredientes activos de pesticidas y otras nanopartículas (Ti, Al, Zn, Si, Cu, Au, Ag, entre otros), que tienen la propiedad de ser más estables y biodegradables. Durante la poscosecha se requiere conservar las características de frutos y vegetales para lo cual se han optimizado recubrimientos a nanoescala y nanolaminados que ofrecen barreras contra el oxígeno, dióxido de carbono, húmedas y luz UV.

Palabras Claves: nanobiotecnología, biosensores, fitosanidad, poscosecha, nanomateriales.

ABSTRACT

Pests and diseases in crops and inadequate postharvest handling practices contribute significantly to the loss of harvest and food. Nanotechnology in the agricultural sector is used as a diagnostic tool for the detection of diseases, the controlled release of functional molecules and improved packaging to ensure longer life of foods without them losing their organoleptic and health characteristics. In this sense, nanobiosensors designs are composite devices of biological and transduction elements, which have the ability to detect and treat infection, nutritional deficiency or other problems before symptoms are visible. There are evident progress in producing nanopesticides (for control and prevention of insect pests and diseases) comprising small particles of active ingredients of pesticides and other nanoparticles (Ti, Al, Zn, Si, Cu, Au, Ag, etc.), which have the property of being more stable and biodegradable. During postharvest it is required to conserve the characteristics of fruits and vegetables for which are optimized nanoscale coatings and nanolaminates that offering barriers for oxygen, carbon dioxide, moist and UV light.

Key Words: nanobiotecnology, biosensors, phytosanity, postharvest, nanomaterials.

Introducción

En la actualidad el mundo afronta nuevos retos frente a los recursos naturales debido a incremento de la población, la búsqueda de nuevas fuentes de energía, la producción de alimentos, el cambio climático y un aprovechamiento más eficiente de los recursos hídricos. Respecto a la agrobiotecnología, se plantean desafíos como el de alimentar a una población que en el futuro se duplicará y podrá ser de 15.000 millones de personas para lo cual se requiere aumentar la productividad agrícola y producir cultivos que requieran de una menor demanda de agua¹.

Los avances en ciencia y tecnología ofrecen soluciones potenciales para los países en desarrollo para innovar y adicionar valor a sus sistemas de producción de materias primas; se están implementando nuevas tecnologías que tienen el potencial para incrementar la productividad en la producción, la reducción de los costos ambientales y los recursos. Una de las mayores responsabilidades de cada persona, comunidad, institución o país, es garantizar la sostenibilidad del planeta, lo cual implica abordarlo desde diferentes dimensiones socioeconómicas, ambientales, éticas, académicas, investigativas. A partir de los retos globales formulados en el proyecto "Millennium" y de las prioridades de la FAO, las nuevas tecnologías emergentes como la biotecnología y la nanotecnología contribuyen

a afrontar algunos de ellos como son:

- Estrategias ante el cambio climático
- La seguridad alimentaria
- Nuevas fuentes de energía
- Preservación y uso de la biodiversidad.

La FAO (2013)² enfatiza la problemática de la alimentación desde la desnutrición, carencia de nutrientes, el sobrepeso y la obesidad, donde la agricultura y todo el sistema alimentario pueden contribuir a disminuir estas situaciones. Recientes estimaciones muestran que 868 millones de personas (el 12,5 % de la población mundial) manifiestan subnutrición; aunque, estas cifras indican una fracción de la carga mundial de la malnutrición. Se calcula que el 26 % de los niños del mundo padecen dificultades en su desarrollo de peso y altura, 2.000 millones de personas sufren de carencia de micronutrientes (uno o más) y 1.400 millones de personas tienen sobrepeso, de los cuales el 30% son obesos.

Agricultura y nanotecnología.

Antes de continuar con el tema de la agricultura y la *nanotecnología* es necesario entender lo que esta última significa. El término nanotecnología se refiere a una amplia área de la actividad tecnológica enfocada en la ingeniería y la manipulación de objetos en la nanoescala, hasta 100 nanómetros en tamaño. La na-

Universidad Católica de Oriente. Unidad de Biotecnología. AA. 008, Rionegro (Antioquia).

Correspondencia: investigacion.dir@uco.edu.co



Figura 1: Tipos de nanosensores y su aplicación en agroindustria (Adaptado de Sozer y Kokini 2009)²⁷.

nociencia es una actividad multidisciplinaria³, que como muchas tecnologías emergentes, facilitan la creación de aplicaciones que a menudo tienen implicaciones legales, éticas y sociales; a pesar de las percepciones por parte de la sociedad, se estima que más de 1.000 productos de consumo final se encuentran en los mercados en Norteamérica, desde implementos deportivos, ropa que se autolimpia, productos cosméticos hasta alimentos⁴.

En la agricultura se diseñan nuevas herramientas moleculares y celulares para la prevención y el tratamiento de las enfermedades en las plantas que incluyen⁵:

- § Detección y control de vectores y plagas.
- § Monitoreo de enfermedades.

§ Sistemas inteligentes que permitan el tratamiento a nanoescala que transporte y suministre con precisión sustancias terapéuticas como antibióticos, fungicidas, viricidas, etc.

Plagas y enfermedades, una amenaza global.

La enfermedad en una planta se considera como la interacción entre el hospedante (planta), el patógeno y el ambiente donde la planta expresa cambios fisiológicos y morfológicos indeseados⁶. Así mismo, la enfermedad de las plantas se considera como respuestas de las células y tejidos a un factor infectivo y ocasiona afectaciones metabólicas, lo cual implica disminución en rendimientos y calidad de la producción⁷.

Los daños son causados por plagas que incluyen hongos, bacterias, virus, insectos, nematodos, viroides y oomicetos, los cuales son la mayor amenaza en la seguridad alimentaria. Se estiman pérdidas del 30 % – 40 % de la producción de los cultivos anualmente⁸. Entre las causas de esta problemática se mencionan los monocultivos, el uso irracional de pesticidas, el calentamiento global y la falta de variedades resistentes.

En la actualidad son diversas las amenazas e impactos globales de las enfermedades en la producción de alimentos, como por ejemplo el Ug99 que es una cepa virulenta de la roya negra del trigo (*Puccinia graminis*) que se encuentra en evolución a través de África, Asia y más recientemente el Medio Oriente y que amenaza con la seguridad alimentaria de estas regiones. Otro ejemplo, es el marchitamiento del café a causa del hongo *Gibberella xylarioides* que ha producido pérdidas de mil millones de dólares en el centro y el este de África⁹.

Para tener claridad sobre esta amenaza global, de manera ge-

neral Oerke et al. (1994)¹⁰ informaron que la pérdida de los cultivos por enfermedades tiene un rango entre el 25 % y 50 % dependiendo del cultivo. Además, se estima el 10 % de daños durante la cosecha. En el caso del cultivo de cacao se pierde anualmente entre el 30 % y 40 % de la producción potencial global, como consecuencia del ataque de plagas y enfermedades¹¹.

En Colombia, un caso es el de la “sigatoka negra” en el banano, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* para cuyo control se requiere un costo de aproximadamente US\$ 1.000 por hectárea/año, lo cual se magnifica si se estiman cerca de 48.000 ha sembradas con este cultivo en las regiones de Urabá y Santa Marta.

En los últimos años se ha reconocido que el cambio climático, la contaminación del aire, el agua y el suelo y la introducción de especies exóticas afectará la sanidad de las plantas^{12,13,14} y el cambio climático afectará la salud de las plantas en varias escalas (desde lo genético hasta el nivel ecosistémico, desde las fincas a las cuencas y continentes enteros) y están basados en: i) efectos observados del cambio climático en las enfermedades de las plantas; ii) extrapolación del conocimiento experto y estudios experimentales; y iii) modelos computacionales.

Recientes investigaciones sobre la utilización de la nanotecnología en plantas muestran que la incorporación de nanopartículas sintéticas puede incrementar la fotosíntesis y transformar las hojas en sensores bioquímicos. Giraldo et al. (2014)¹⁵ mostraron que nanotubos de carbono de pared sencilla (*single walled carbon nanotubes* —SWNT—) recubiertas con ADN de una hebra se infiltran en la envoltura lipídica de los cloroplastos de plantas extraídas y se ensamblan junto con proteínas fotosintéticas. Lo mismo ocurrió cuando los SWNT se liberaron en hojas vivas de *Arabidopsis thaliana* a través de los estomas. Los investigadores demostraron que la actividad fotosintética fue tres veces mayor en los cloroplastos que contenían SWNT que en los controles, debido al incremento en la captura de luz por las moléculas fotosintéticas.

La utilización de la nanotecnología permite el desarrollo de técnicas potenciales para el manejo de las enfermedades en los cultivos. Las nanopartículas pueden ser utilizadas en la preparación de nuevas formulaciones como insecticidas, fungicidas, repelentes de insectos y feromonas, lo cual se hace posible gracias a las nuevas propiedades de estos materiales como su reactividad,

efectos cuánticos y conductividad eléctrica.

Nanotecnología para diagnóstico y control de enfermedades

Las nuevas técnicas de diagnóstico de enfermedades en cultivos se orientan hacia métodos que las detecten en los estados iniciales y de una manera rápida. En la actualidad, se han perfeccionado técnicas como ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*), RT-PCR (Reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real) y los sensores hiperespectrales¹⁶. Algunas de estas herramientas muestran deficiencias debido al tamaño de las sustancias del sensor utilizadas en la detección y cuantificación; como se sabe, los sistemas biológicos funcionan con dispositivos funcionales nanométricos tales como proteínas motoras, enzimas y ácidos nucleicos. Estos operan con extrema seguridad con el propósito de desarrollar procesos vitales como la replicación del ADN, expresión temporal y espacial de los genes, proliferación celular, entre otros.

Nano-biosensores:

Un biosensor es un dispositivo autónomo que integra un elemento biológico inmovilizado (p. ej. una enzima, sonda de ADN, anticuerpo) que reconoce el analito (p. ej. sustrato de una enzima, ADN complementario, antígeno) y un elemento de transducción que convierte la señal bioquímica resultante de la interacción del analito con el biorreceptor en una electrónica. De acuerdo con la señal de transducción los biosensores se clasifican en electroquímico, óptico, piezoeléctrico y mecánico.

La participación de las moléculas biológicas (azúcares o proteínas) como grupos objeto de reconocimiento podrían ser utilizados como biosensores en los alimentos¹⁷ para detectar patógenos y otros contaminantes. En la industria alimentaria, los nanosensores aumentarán la seguridad para la fabricación, procesamiento y envío de los productos alimenticios mediante el empleo de sensores para patógenos y la detección de contaminantes¹⁸.

Los daños en los alimentos son detectados con los nanosensores, como es el caso de un arreglo de miles de nanopartículas diseñadas para dar fluorescencia en diferentes colores al contacto con patógenos de los alimentos. Los tipos de nanosensores disponibles y su potencial aplicación en el sector de alimentos se muestran en la figura 1, y su objetivo principal es el de detectar patógenos en horas o minutos.

En la actualidad los pesticidas, antibióticos y fertilizantes se aplican a las plantas y al suelo mediante riego por aspersión o goteo. Estos productos se aplican como preventivos o una vez el patógeno ha afectado a la planta y sus síntomas son visibles; por el contrario, los dispositivos a nanoescala tienen la capacidad de detectar y tratar tempranamente la infección, la deficiencia nutricional u otro problema de la planta antes de que los síntomas sean evidentes. Este tipo de tratamiento se dirige solamente al área afectada.

Sharon et al. (2010)¹⁵ argumentan que los nanosensores bioanalíticos son utilizados para detectar y cuantificar mínimas cantidades de contaminantes como virus, bacterias, toxinas, sustancias biotóxicas, etc., en la agricultura y sistemas alimentarios. Estos biosensores tienen un enorme impacto en los métodos de agricultura de precisión. La nanotecnología permite que el monitoreo se realice en tiempo real donde los biosensores están vinculados a los sistemas de GPS. Estos biosensores monitorean las condiciones del suelo y el estado fenológico del cultivo en grandes extensiones de terreno.

Algunos biosensores comerciales utilizan enzimas redox de las plantas. Por ejemplo, la superóxido dismutasa se usa para evaluación de la actividad antioxidante¹⁹ y la tirosinasa (monofenol monooxigenasa) para monitorear la contaminación por fenólicos²⁰. La enzima lacasa se emplea para monitorear la presencia de flavonoides en alimentos²¹. Algunos biosensores como las narices electrónicas (*electronic noses*) se utilizan para analizar compues-

tos orgánicos volátiles de plantas enfermas y sanas en cultivos como papa y tomate. Laothawornkitkul et al. (2010) y Ghaffari et al. (2010)^{22,23} mostraron que mediante esta técnica fue posible discriminar entre plantas sanas y plantas afectadas por *Phytophthora infestans* y *Oidium lycopersicum*.

Nanopesticidas

Los nanopesticidas comprenden partículas muy pequeñas de ingredientes activos de pesticidas u otras nanoestructuras con propiedades pesticidas²⁴. Los nanopesticidas incrementan la dispersión y humectabilidad de las formulaciones agrícolas. Los nanomateriales y biocompuestos muestran propiedades útiles como la estabilidad, permeabilidad, cristalinidad, solubilidad y biodegradabilidad^{25,26} necesarios para la formulación de nanopesticidas. Las nanoemulsiones, nanoencapsulados, nanocontenedores y nanocajas son algunas de las técnicas de liberación de nanopesticidas. En general se busca que los nanopesticidas se puedan degradar rápidamente en el suelo, que perduren mayor tiempo en la planta, pero con concentraciones inferiores a los criterios regulatorios de alimentos.

La tiroidectomía transoral requiere de un espacio o cavidad para el abordaje con insuflación. El límite máximo de la presión de CO₂ debe estar en 10 mm, ya que el objetivo es realizar una pequeña cavidad donde pueda practicarse una disección mínima con los instrumentos que permita la identificación, pinzamiento y extracción. Entre las complicaciones referidas con la utilización de gas tenemos: hipercapnia, acidosis respiratoria y enfisema subcutáneo¹⁸.

Khodakovsky et al. (2000)²⁸ demostraron que cuando sembraron semillas de tomate en un suelo al cual se le adicionaron nanotubos de carbón (NTC), estos penetraron la cubierta o testa de la semilla y produjeron un incremento en el crecimiento de las plantas como efecto de la mejor absorción del agua por la penetración de los NTC. Su uso se ha propuesto como un vehículo para el transporte y liberación de moléculas deseables en las semillas durante la germinación que las protejan de enfermedades. Actualmente, se comercializan nanopartículas de plata con propiedades antibacteriales y serán una alternativa para la desinfección de semilla de plantas y materiales de propagación como bulbos, esquejes; y la prevención y control de enfermedades causadas por bacterias.

Park et al. (2006)²⁹ desarrollaron una sustancia compuesta de nanoplatina combinada con moléculas de sílice y un polímero soluble en agua, la cual se está utilizando con éxito para el control de mildéu polvoso en calabaza, en concentraciones de 0,3 ppm; de igual manera, estos investigadores estudiaron la concentración efectiva de las nanopartículas de sílice y plata en la supresión de algunos hongos y encontró que *Pythium ultimum*, *Magnaporthe grisea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botrytis cinerea* y *Rhizoctonia solani* tuvieron un 100 % de inhibición a 100 ppm del producto.

En el cultivo de rosas en invernadero la enfermedad más común es el mildéu polvoso causado por *Podosphaera pannosa* que ocasiona pérdidas económicas. En vista de la baja eficiencia del control químico se han buscado alternativas; entre ellas, la utilización del sílice. Shetty et al. (2012)³⁰ estudiaron el efecto de la aplicación por riego de una solución de 100 mg/l de K₂SiO₃ a plantas de cuatro genotipos de rosa miniatura, las cuales luego fueron infectadas con *P. pannosa*; el contenido de Si se incrementó en las hojas hasta cuatro veces más en comparación con las plantas testigo donde no se utilizó el Si. Las plantas tratadas mostraron síntomas dos días más tarde y la severidad se redujo hasta el 48,9 %.

Nanotecnología en el manejo poscosecha

Durante la postcosecha los vegetales y frutos continúan su metabolismo de manera continua; durante los procesos de transporte y almacenamiento se deterioran sus características nutricionales, organolépticas y apariencia por la pérdida de agua y res-

piración. Para extender la vida útil de la postcosecha se utilizan algunas medidas como bajas temperaturas, atmósferas modificadas, empaques, irradiaciones y cubrimientos^{31,32}.

Las Naciones Unidas estiman que anualmente se pierden más de 1.300 millones de toneladas de alimentos (FAO 2011); es decir que, globalmente, cerca de una tercera parte de los alimentos que produce el hombre son desperdiciados en toda la cadena de suministro desde la producción agrícola hasta el consumidor final. En términos generales, las pérdidas de alimentos estarán influenciadas por las técnicas de cultivo, infraestructura interna, cadenas de mercado, canales de distribución, prácticas de compra de los consumidores y uso de los alimentos.

Como se había mencionado anteriormente, en el mundo se producen pérdidas hasta de un 10 % en la etapa de poscosecha, especialmente por la infestación de los granos almacenados debido al ataque de insectos. Stadler et al. (2010)³³ produjeron un insecticida a partir de alúmina nanoestructurada (ANE), para lo cual tomaron polvo de aluminio que se hizo reaccionar con ácido nítrico, luego la mezcla se pirolizó y se obtuvieron nanopartículas que se aglutinaron en estructuras más grandes. Aunque no se ha dilucidado plenamente su modo de acción, se cree que su actividad de la ANE actúa, en principio, sobre la base de carga electrostática de las partículas y fenómenos de triboelectrificación y a través de la absorción de las ceras cuticulares de los insectos. La amplia superficie específica de los materiales nanoestructurados les permite absorber líquidos y gases, una posible explicación es que causan la deshidratación de los insectos.

En la industria de las flores de corte, uno de los mayores problemas es el déficit hídrico cuando la tasa de absorción de agua es menor que la tasa de transpiración, lo cual acorta la vida útil de flores como rosas, gerberas, calas en condiciones de florero. Peitao et al. (2010)³⁴ encontraron que cuando se utilizaron pulsos de una hora con nanopartículas de plata (NAg) con 50 a 100 mg/L se extendió la vida en florero de rosas de corte, de 10 a 19 días y además se encontró un alto contenido de agua en las hojas. De igual manera, hubo una importante actividad antibacteriana debido al tamaño de las partículas.

Empaques de alimentos

Sin lugar a dudas, el área más activa de la investigación y desarrollo de la nanociencia de los alimentos es el del empaque o empaque: el mercado global de nanoempaques en alimentos y bebidas fue de 4.130 millones en 2008; se proyecta que crezca a 7.300 millones en el 2014, lo cual representa una tasa de crecimiento anual del 11,65 % (Innovative Research and Products Inc. 2009). Probablemente, se relaciona con el hecho de que el público ha demostrado en algunos estudios que está más dispuesto a incluir la nanotecnología en los empaques y no adicionarlos directamente a los alimentos^{35,36}. A pesar del crecimiento de las aplicaciones en esta área, la nanotecnología en alimentos está por debajo del espectro de esta tecnología³⁷.

Los consumidores de alimentos demandan con mayor frecuencia que los alimentos se preserven más tiempo, que no pierdan sus características organolépticas y que se mantengan inocuos, para lo cual los empaques juegan un papel importante. Reynolds (2007)³⁸ informa que se comercializan entre 400 a 500 tipos de nano-empaques y se espera que en la próxima década al menos el 25 % de todos los empaques de alimentos serán producidos de forma nanotecnológica, los cuales son diseñados para reducir el intercambio de gases, humedad y la exposición a la luz UV, o emitir sustancias antimicrobiales o antioxidantes³⁹.

En el caso del grupo de cervecerías Miller, se elaboran envases plásticos con nanopartículas que proveen barreras entre el dióxido de carbono y oxígeno para que se conserve la efervescencia más tiempo. DuPont (2010)⁴⁰ ha puesto en el mercado nanopartículas de dióxido de titanio para la producción de empaques transparentes con la capacidad de protegerlos contra los efectos de la luz UV.

Para conservar alimentos como quesos, manzanas, cítricos y otros, se han utilizado capas cerosas y más recientemente se han efectuado innovaciones para producir a nanoescala recubrimientos comestibles (menos de 0,5 nm de ancho) invisibles al ojo humano. Estos se han desarrollado en algunos alimentos como vegetales, frutos, carnes, chocolates, caramelos y papas fritas (Rhim 2004). Actualmente, se emplean nanopartículas de ZnO, SiO₂ y CaCO₃ en la preservación de frutas durante la postcosecha.

Yu et al. (2012)⁴¹ utilizaron un recubrimiento conformado por quitosano con nanopartículas de SiO₂ en frutos de dátiles rojos en condiciones ambientales normales. Después de 32 días encontraron que la pérdida de peso, la tasa de respiración y la coloración fueron menores respecto al control. De igual manera, se encontró que la actividad antioxidante y los contenidos de flavonoides totales en los frutos tratados fueron mayores.

También se está innovando en las técnicas de nanolaminados que consisten en dos o más capas de tamaño nano (1 a 100) de calidad alimentaria, formadas por polisacáridos comestibles, proteínas y lípidos que permiten aislar los alimentos del contacto directo con el aire, gases y lípidos^{42,43}. Park (1999)⁴⁴ demostró que los nanolaminados de proteínas o polisacáridos eran buenas barreras contra el oxígeno y el dióxido de carbono, pero pobres en protección contra la humedad; mientras que, los nanolaminados basados en lípidos eran buenos protectores contra la humedad. Se realizan nuevas investigaciones para desarrollar laminados que preserven los alimentos³⁸.

¿Cómo se regulan estos productos?

Las empresas que fabrican, procesan o utilizan nanomateriales por sus propiedades revolucionarias deben navegar ambientes regulatorios en algunos casos de incertidumbre, cambiantes y diversos. Las estrategias que se tomen ahora pueden impactar el mercado de productos con nanomateriales en el futuro. Por lo tanto, el seguimiento de estos desarrollos y tendencias es esencial⁴⁵.

A causa de la información limitada sobre los riesgos de la manipulación de los nanomateriales, se tienen serias percepciones sobre los riesgos que implican en la salud. Algunas discusiones sobre el potencial riesgo han sorprendido al público, donde se recomienda tomar fuertes precauciones en torno a los riesgos sobre la salud y la seguridad⁴⁶. Esta situación la confirman Bowman et al. (2007)⁴⁷, quienes argumentan que no existen estándares o marcos regulatorios de nanomateriales de uso agrícola. La toxicidad o bioseguridad de los pesticidas es otra de las mayores preocupaciones en la producción agrícola. Con la aplicación de nanopesticidas existe la incertidumbre en el largo plazo sobre los efectos en la salud humana y el medio ambiente.

Xu et al. (2010)⁴⁸ señalan que, a causa de la mejor cinética, estabilidad, menor tamaño, baja viscosidad y transparencia óptica de las nanoemulsiones podrían ser el mejor medio de aplicación de los pesticidas. La nanoemulsión como transportadora de pesticidas mejora la solubilidad o biodisponibilidad de los nanopesticidas. Es necesario evaluar la posible inhalación de nanopesticidas que ocurre cuando los agricultores estén realizando las aspersiones a los cultivos.

De tal manera que se requieren más estudios en la aplicación de la nanotecnología en el procesamiento y empaque, nanotoxicidad, regulación, análisis de riesgos y beneficios. En recientes años se han señalado más de 200 productos identificados como "nano", de los cuales el 59 % se consideran como "saludables y sanos"⁴⁹.

CONCLUSIONES

Las pérdidas de alimentos tienen un impacto sobre la seguridad alimentaria mundial e implica efectos económicos, ambientales y sociales. Una tercera parte de los productos agrícolas se pierden a través de toda la cadena productiva y entre las causas se

atribuyen al cambio climático que afectan las poblaciones de plagas y enfermedades y a inadecuados procesos de manipulación y poscosecha. Frente a estos problemas se han desarrollado diversos métodos para el diagnóstico y el control desde disciplinas como la química, bioquímica, biología y biotecnología.

Recientemente, la nanotecnología ofrece potenciales beneficios en la agricultura con innovaciones como el uso de biosensores que permitirán la detección y cuantificación rápida, segura y temprana de microorganismos fitopatogénicos y de microorganismos involucrados en las enfermedades transmitidas por alimentos y los contaminantes orgánicos e inorgánicos que ponen en peligro la salud del consumidor. Se han logrado avances en la producción de nanopartículas para liberar ingredientes activos para la terapia de las enfermedades en las plantas con menores efectos sobre el medio ambiente. Debido a la ausencia de regulaciones sobre los nanomateriales, existen muchas inquietudes respecto al impacto sobre las personas y el medio ambiente en el largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

El presente manuscrito hace parte de los resultados del proyecto “Algunas implicaciones de la nanotecnología: una perspectiva multidisciplinar” gracias al cofinanciamiento de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Católica de Oriente.

Referencias bibliográficas

1. THE MILLENNIUM PROJECT. 2011. 2012 State of the Future. Executive summary. Consultado en Agosto, 2013. Available at: <http://redbioargentina2013.com.ar/>
2. FAO. 2013. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Consultado marzo 25, 2014. En <http://www.fao.org/publications/sofa/es/>
3. WOOD S., JONES R., GELDART A. 2007. Nanotechnology, from the science to the social. The social, ethical, and economic aspects of the debate. Consultado diciembre 20, 2013. http://www.esrcsocietytoday.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/ESRC_Nano07_tcm_618918.pdf.
4. SCHEUFELE D., DUDO A. 2010. Emerging agendas at the intersection of political and science communication. The case of nanotechnology. pp. 143–167. In C. T. Salmon (Ed.). *Communication Yearbook 34*. New York, NY: Routledge.
5. SHARON M., CHOUDHARY A., KUMAR R. 2010. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. *Journal of Phytology* 2(4): 83–92
6. GUZMAN O., CASTAÑO J., VILLEGAS B. 2009. Diagnóstico de enfermedades de plantas de origen biótico. *Agronomía* 17(2): 7–24.
7. AGRIOS G. 2005. *Plant pathology*. Fifth ed. Elsevier Academic Press, Nueva York 952 p.
8. FLOOD J. 2010. The importance of plant health to food security. *Food Security* 2 (3):215–231.
9. ALEMU T. 2012. A review of coffee wilt disease, *Gibberella xylarioides* (*Fusarium xylarioides*) in Africa with special reference to Ethiopia. *Ethiopian Journal of Biological Sciences* 11(1): 65–103.
10. OERKE E., DEHNE H., SCHÖNBECK F., WEBER A. 1994. Crop production and crop protection estimated crop losses in major food and cash crops. Elsevier, Netherlands. 288p.
11. FLOOD J., GUEST D., HOLMES K., KEANE P., PADI B., SULISTYOWATI E. 2004. Cocoa under attack. Pages 33 – 54. In: J. Flood and R. Murphy (Eds). *Cocoa Futures: A Source Book of Some Important Issues Facing the Cocoa Industry*. Chinchiná, Colombia: CABI-FEDERACAFE, USDA.
12. MATYSSEK R., WIESER G., CALFAPIETRA C., DE VRIES W., DIZENGREMEL P., ERNST D. 2012. Forest under climate change and air pollution: gaps in understanding and future directions for research. *Environmental Pollution* 160: 57–65. doi: 10.1016/j.envpol.2011.07.007. Disponible desde: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15895296>
13. RÉGNIERE, J. (2012). Invasive species, climate change and forest health. pp. 27–37. In T. Schlichter y L. Monetes (Eds.). *Forest in development: a vital balance*. Berlin: Springer.
14. PAUTASSO M., DÖRING T., GARBELOTTO M., PELLIS L., JEGER M. 2012. Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology* 133 (1):295–31
15. GIRALDO J., LANDRY M., FALTEMEIER S., MCNICHOLAS, T., IVERSON N., BOGHOSSIAN A., REUEL N., HILEMER A., SEN F., BREW J., STRANO M. 2014. Plant nonobionics approach to augment photosynthesis and biochemical sensing. *Nature Materials* 13 (5): 400–408.27
16. DEHNE H., GOLDBACH H. 2011. Detection, identification, and quantification of fungal diseases of sugar beet leaves using imaging and non-imaging hyperspectral techniques. Institute of Crop Science and Resource Conservation – Phytomedicine. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. 186p
17. CHARYCH D., CHENG Q., REICHERT A., UZIEMKO G., STROH N., NAGY J., SPEVAK W., STEVENS R. 1996. . A “litmus test” for molecular recognition using artificial membranes. *Chemical Biology* 3 (2):113 – 120
18. SHARON M., CHOUDHARY A., KUMAR R. 2010. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. *Journal of Phytology* 2(4): 83–92
19. PRIETO-SIMON B, CORTINA M, CAMPAS M, CALAS-BLANCHARD C. 2008. Electrochemical biosensors as a tool for antioxidant capacity assessment. *Sensors and Actuators* 129 (1):459–466.
20. TEMBE S, INAMDAR S, HARAM S, KARVE M, D'SOUZA S. 2007. Electrochemical biosensor for catechol using agarose-guar gum entrapped tyrosinase. *Journal of Biotechnology* 128 (1):80–85.
21. JĄROSZ-WILKOLAZKA A, RUZGAS T, GORTON L. 2004. Use of laccase modified electrode for amperometric detection of plant flavonoids. *Enzyme and Microbial Technology* 35 (3):238–241.
22. LAOTHAWORNKITKUL J., JANSEN B. R., SMIDD H., BOUWMEESTER H., MULLER J., VAN BRUGGENA A. 2010. Volatile organic compounds as a diagnostic marker of late blight infected potato plants: A pilot study. *Crop Protection* 29 (8): 872 – 878.
23. GHAFFARI R., ZHANG F., ILIESCU D., HINES E., LEESON M., NAPIER R., CLARKSON J. 2010. Early detection of diseases in tomato crops: An Electronic Nose and intelligent systems approach. Proceedings pp. 1–6. In: 2010 International Joint Conference on Neural Networks IJCNN 2, Barcelona, 18–23 July 2010. Published in: IEEE International Conference on Neural Networks.
24. BERGESON L. 2010. Nanosilver pesticide products: what does the future hold? *Environmental Quality Management* 19 (4): 73– 82.
25. BORDES P., POLLET E., AVÉROUS L. 2009. Nano-biocomposites: biodegradable polyester/nanoclay systems. *Progress in Polymer Science* 34 (2): 125–155.
26. BOUWMEESTER H., DEKKERS S., NOORDAM M., HAGENS, W., BULDER A., DE HEER C., TEN VOORDE S., WIJNHOFEN W., MARVIN H., SIPS A. 2009. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 53 (2): 52–62.
27. SOZER N., KOKINI J. 2009. Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in biotechnology* 27 (2):82–89.
28. KHODAKOVSKY A., SCHRODER P., SWELDENS W. 2000. Progressive geometry compression, in *Siggraph 2000. Computer Graphics Proceedings* pp. 271–278.
29. PARK H., SUNG H., HWA J., SEONG-HO CH. 2006. A New Composition of Nanosized Silica-Silver for Control of Various Plant Diseases. *Plant Pathology Journal* 22(3): 295–302.
30. SHETTY R., JENSEN B., SHETTY N., HANSEN, M., HANSEN C., STARKEY K., JØRGENSEN, H. 2012. Silicon induced resistance against powdery mildew of roses caused by *Podosphaera pannosa*. *Plant Pathology* 61(1): 120–131
31. XANTHOPOULOS G., KORONAKI E. BOUDOUVIS G. 2012. Mass transport analysis in perforation-mediated modified atmosphere packaging of strawberries. *Journal of Food Engineering* 111 (2): 326–335.
32. JIANGLIAN D, SHAOYING Z. 2013. Application of Chitosan Based Coating in Fruit and Vegetable Preservation: A Review. *Journal of Food Processing and Technology* 4 (5): 227. doi:10.4172/2157-7110.1000227
33. STADLER T, BUTELER M., WEAVER D. 2010. Nano-insecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina* 69 (3): 149–156.
34. PEITAO L., CAO J., HEA S., LIU J., LI H., CHENGA G., DINGA Y., JOYCE D. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology* 57 (3): 196–202.
35. SIEGRIST M., COUSIN H., KASTENHOLZ K., WIEK A. 2007.

- Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: the influence of affect and trust. *Appetite* 49 (3): 459 - 466.
36. SIEGRIST M., STAMPFLI H., KASTENHOLZ K. 2008. Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology packaging. *Appetite* 51(2): 283 - 289.
 37. TIMOTHY, D. 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science* 363 (1): 1-24
 38. REYNOLDS, G. 2007. FDA recommends nanotechnology research, but not labelling. *FoodProductionDaily.com*. Consultado diciembre 17, 2013. Available at <http://www.foodproductiondailyusa.com/news/ng.asp?n=78574->
 39. SORRENTINO A., G GORRASI AND VITTORIA V. 2007. Potential perspectives of bio-nano composites for food packaging applications. *Trends in Food Science and Technology* 18 (2): 84-95.
 40. DUPONT. 2010. Titanium dioxide: a brief overview of TiO2 pigments compared with TiO2 nanomaterials. Consultado 10 febrero 2014. Available at: http://www.dtsc.ca.gov/TechnologyDevelopment/Nanotechnology/upload/Whiting-_TiO2_Uses.pdf.
 41. YU Y., ZHANG S., REN Y., LI H., ZHANG X., DI J. 2012. Jujube preservation using chitosan film with nano-silicon dioxide. *Journal of Food Engineering* 113 (3) : 408-414.
 42. MEHAR Q., SWAMINATHAN K., KARTHIKEYAN P., PERVEZ K., SUDHIR U., UMESH M. 2012. Application of nanotechnology in food and dairy processing: An overview. *Pakistan Journal of Food Sciences* 22(1): 23-31.
 43. CHA D., CHINNAN M. 2004. Biopolymer based antimicrobial packaging. *Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (4): 223-237.
 44. PARK H. 1999. Development of Advanced Edible Coatings for Fruits. *Trends in Food Science and Technology* 10 (8): 254-260.
 45. DUVALL M., WYATT A. 2011. Regulation of nanotechnology and nanomaterials at EPA and around the world: recent developments and context. *Beveridge & Diamond, P.C.* 1350 I Street, N.W., Suite 700 Washington, DC 20015.
 46. ETC GROUP ACTION. GROUP ON EROSION, TECHNOLOGY AND CONCENTRATION. 2005. The potential impacts of nano-scale technologies on commodity markets: the implication for commodity depending development countries. Consultado enero 12, 2014. <http://etcgroup.org/upload/publications/45/01/southcentre.commodities.pdf>
 47. BOWMAN D., HODGE, G. 2007. A small matter of regulation: an international review of nanotechnology regulation. *Columbia Science. Technology Law Review*. 8: 1-32.
 48. XU L., LIU Y., BAI R., CHEN C. 2010. Applications and toxicological issues surrounding nanotechnology in the food industry. *Pure and Applied Chemistry*. 82 (2): 349-372.
 49. CHAU, F., HUEI, SH., CHIN G. 2007. The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in food Science and technology* 18 (5): 269 - 280.

Recibido: 20 de Mayo de 2017.

Aprobado: 20 de Junio de 2017.

#VACCINESWORK TO PROTECT INDIVIDUALS AND COMMUNITIES

Immunization is our shield against serious diseases.

When immunization rates are high, the wider community is protected including:

Infants who are too young to receive their vaccines.



Older adults at risk of serious diseases.

People who take medication that lowers their immune systems.



Check with your doctor that you are fully vaccinated.



World Health Organization

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Vendas textiles terapéuticas con extractos vegetales ecuatorianos: una revisión.

Bandages therapeutic textiles with natural extracts: a review.

Carlos Santillán De La Torre¹, Julio Pineda Insuasti², Stefania Duarte Trujillo³, Marcelo Puente Carrera¹, Elsa Mora Muñoz¹, Alexandra Jácome Ortega¹, Claudia Soto Arroyave⁴, Alejandro Pineda Soto⁵.

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.10

RESUMEN

Las vendas textiles se emplean usualmente en terapias de compresión; son de especial interés las dosificadoras porque administran percutáneamente un fármaco, permitiendo al principio activo llegar más rápido a la sangre en comparación a la vía oral, y con menos riesgos de infección en comparación a la intravenosa. No existen artículos de revisión que recopilen los avances tecnológicos con respecto a las vendas terapéuticas, tampoco se han reportado vendas dosificadoras de principios activos vegetales. El objetivo de ésta revisión es describir los avances tecnológicos de las vendas terapéuticas dosificadoras y el potencial del empleo de los extractos vegetales ecuatorianos en ellas, de tal forma que se pueda identificar los problemas tecnológicos que no han permitido dar solución al escaso aprovechamiento de la biodiversidad nacional. Se realizó una amplia búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas de reconocido prestigio, y se encontró que existen 3 118 especies de plantas medicinales en el Ecuador, agrupadas en 24 categorías de acuerdo al uso terapéutico; las cuáles coinciden con los usos de las vendas terapéuticas, lo que implica la viabilidad de su empleo en conjunto para mitigar el problema de acceso a la salud convencional por parte de las personas con bajo poder adquisitivo y rescatar los conocimientos ancestrales.

Palabras Claves: vendas terapéuticas dosificadoras, farmacognosia, textiles médicos, plantas medicinales, biodiversidad.

ABSTRACT

Textile bands are usually used in compression therapies; They are of special interest because dosing a drug administered percutaneously, allowing the active ingredient to get faster to the blood compared to oral, and with less risk of infection as compared to intravenous. There are review articles that collect technological progress on therapeutic bands, also have been reported proportioning bands active plant. The aim of this review is to describe the technological advances of therapeutic bands proportioning and potential employment of Ecuadorian plant extracts in them, so that you can identify the technological problems that have prevented resolving the limited use of biodiversity national. a comprehensive literature search was conducted in scientific databases prestige, and found that there are 3,118 species of medicinal plants in Ecuador, grouped into 24 categories according to the therapeutic use; which coincide with the uses of therapeutic bandages, which implies the feasibility of their use together to mitigate the problem of access to conventional health by people with low purchasing power and rescue ancestral knowledge.

Key Words: bandages therapeutic dosing, pharmacognosy, medical textiles, medicinal plants and biodiversity.

Introducción

La medicina ortodoxa (convencional) se basa en fundamentos científicos probados clínicamente mientras la medicina tradicional se basa en teorías, creencias y experiencias ancestrales, sean o no explicables. El término medicina integral se emplea para referirse a los tratamientos que aplican tanto la medicina tradicional como la convencional¹.

La medicina tradicional abarca el uso ancestral de remedios a base de hierbas y suplementos dietéticos, intervenciones cuerpo-mente y acupuntura, entre otros. Es una parte importante de los sistemas de salud en todo el mundo pues según la Organización Mundial de la Salud (OMS)² el 80% de la población mundial depende de las plantas medicinales para sus necesidades de atención primaria de salud. También recibe los nombres de medicina alternativa debido a que en al-

gunos casos sustituye a la medicina convencional¹. La medicina tradicional China es una de los sistemas de fitomedicina más antiguos y se ha empleado por miles de años en los países asiáticos de China, Japón y Corea³. Los médicos tradicionales recetan una combinación de hierbas llamadas *fórmulas*, las cuáles contienen múltiples compuestos y rutas metabólicas que sinérgicamente actúan para sanar una enfermedad, lo que representa un desafío a la hora de conocer la sustancia que tuvo tal actividad biológica⁴. Sin embargo algunos investigadores sugieren que la combinación de dichos compuestos podría lograr más eficacia que el uso de un único compuesto⁵. Aunque estas prácticas médicas se conocen desde la antigüedad, su uso ha aumentado últimamente debido principalmente al fracaso de la medicina convencional en el tratamiento de ciertas enfermedades. No es que se esté negando los aportes de la medicina convencional al diagnóstico y tratamiento

¹ Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra, Ecuador.

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

³ Universidad de los Llanos (UNILLANOS), Villavicencio, Colombia.

⁴ Universidad Católica de Oriente (UCO), Rionegro (Ant.), Colombia.

⁵ Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador.

de dichas enfermedades, sino que se está reconociendo que los medicamentos sintéticos presentan reacciones tóxicas y efectos secundarios que no se pueden pasar por alto, por tanto, los medicamentos naturales presentan una alternativa más inocua y asequible para personas con bajos ingresos. En la ciencia moderna, en muchos casos se ha comprobado y certificado el saber popular a través de la farmacognosia, la fitoquímica y la biología molecular⁶. Por ejemplo, se pueden extraer los principios activos de las plantas medicinales y aislarlos para estudiar por separado su actividad biológica y usos terapéuticos potenciales.

El acceso a la medicina convencional o a la integral depende mayoritariamente de la disponibilidad de medicamentos asequibles. La Organización Mundial de la Salud (OMS)⁷ reporta que los países en desarrollo cuentan con tan sólo el 17 % del mercado mundial de los medicamentos y alrededor de un tercio de dicha población no tiene acceso a medicamentos en una base regular debido principalmente a cuatro factores: La selección y uso racional de los medicamentos, la asequibilidad de los precios, la financiación sostenible, y la fiabilidad de los sistemas de salud y de suministro. De los factores enunciados, la asequibilidad de los precios es un factor determinante para el acceso a los medicamentos de la población ecuatoriana ya que de los 13 000,0 medicamentos que se comercializan en el país únicamente el 13 % corresponden a medicamentos genéricos, de los cuales según la OMS⁸ la disponibilidad para el sector privado corresponde al 71 % y tan sólo el 42 % corresponde al sector público. La poca disponibilidad de medicinas para el sector público obliga a los pacientes a comprarle al sector privado, cuyos precios difieren en aproximadamente un 167 %^{9,10}.

En este contexto, el uso de sustancias y extractos terapéuticos naturales con fundamentos científicos representa una alternativa y al mismo tiempo una oportunidad para los pueblos latinoamericanos ricos en biodiversidad nativa de producir medicamentos naturales asequibles y con un gran potencial terapéutico en la industria farmacéutica. La Comunidad Andina está conformada por cinco países latinoamericanos; Ecuador, Colombia, Perú, Bolivia y Venezuela, que concentran alrededor del 25 % de la biodiversidad mundial y presentan el mayor número de especies endémicas¹¹. Según el Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE)¹², el país cuenta con 25 000 especies de plantas vasculares, es decir, el 10 % del total de especies en el mundo, de las cuales alrededor de 4 000 especies son endémicas y pueden investigarse para identificar sus usos potenciales en la industria farmacéutica¹³. Actualmente alrededor de 400 compuestos derivados de plantas medicinales son empleados en la preparación de fármacos, la alimentación y la cosmética^{2,14} ya que la revolución biotecnológica ha permitido la producción de sustancias biológicas con la misma pureza, escalabilidad y reproducibilidad que las medicinas sintetizadas químicamente. Se prevé que estos productos biotecnológicos alcancen el 23 % del mercado farmacéutico para este año¹⁵.

La mayoría de los medicamentos convencionales se administran vía oral o por inyección; el primer caso se ve limitado por la velocidad de absorción intestinal que fluctúa dependiendo de la cantidad y tipos de alimentos consumidos, hora de ingesta, proximidad temporal con la evacuación corporal, entre otras variables; mientras el segundo, aparte de ser doloroso presenta riesgos de infección por una inadecuada asepsia. Por tanto, la aplicación de los medicamentos localmente, es decir, directamente sobre la piel o mucosa es una opción más segura y sencilla¹⁶. Sin embargo, los principios activos se encuentran convencionalmente contenidos en pomadas, cremas, polvos y linimentos, siendo muy difícil controlar la dosis de principio activo a suministrar e incómodo porque mancha la ropa del paciente o en caso de ser aplicado en un lugar visible le da mala apariencia¹⁷. Las vendas terapéuticas dosificadoras de fármacos facilitarían la aplicación de dichos principios activos al inmovilizarlos para permitirles su acción prolongada en la piel y dosificarlos adecuadamente de modo que no se desperdicie ni falte fármaco. Existe limitado conocimiento

sobre los procesos de producción de vendas terapéuticas utilizando extractos naturales ecuatorianos. El objetivo de este trabajo es describir los avances del desarrollo tecnológico de las vendas terapéuticas dosificadoras y el potencial del empleo de los extractos vegetales ecuatorianos en ellas, de tal forma que se pueda identificar los problemas tecnológicos que no han permitido dar solución al escaso aprovechamiento de la biodiversidad nacional.

Vendas terapéuticas dosificadoras de fármacos.

Avances tecnológicos

Las vendas dosificadoras de principios activos se reportan desde la década de los 60's por Maeth y Pennings¹⁸, quienes patentaron un apósito tópico de dos capas; una adhesiva y una de soporte. La capa adhesiva se conforma de gelatina hidratada (10-40%), alcohol polihidroxilado (15-80 %) y pectina (máx. 15 %) con fármacos (máx. 10 %) mientras la de soporte está hecha de una tela inerte como fibra de vidrio, muselina o similares. En esta patente se describen principalmente datos técnicos sin adentrarse mucho en la interacción de los componentes de la venda¹⁹.

Zaffaroni²⁰ realizó una investigación más completa, patentando un vendaje tricapa para dosificación de fármacos. La primera capa es un soporte exterior, la segunda un depósito que contiene el fármaco confinado y la tercera una superficie adhesiva sensible a la presión adaptada para el contacto con la piel o mucosa. El depósito puede ser un material microporoso que tiene el agente confinado en el mismo o una pluralidad de microcápsulas distribuidas por toda la superficie adhesiva. La adición del fármaco a la matriz porosa puede darse de la siguiente forma: Impregnándose con el fármaco una matriz de almidón, goma arábiga, goma de tragacanto o cloruro de polivinilo y posteriormente recubriéndose con materiales de encapsulación. Para el caso de las microcápsulas, el fármaco se puede mezclar uniformemente con el material de encapsulación en forma líquida antes de la formación de las cápsulas de modo que el fármaco quede distribuido a través de la matriz, o simplemente recubriéndose con dicho material de modo que quede confinado en el interior del mismo. Por lo general, las microcápsulas tienen un tamaño medio de partícula de la forma 1 a 1000 micras.

Más tarde, se aumentó el número de capas de las vendas terapéuticas en una unidad, proponiéndose en el siguiente orden: Soporte, depósito, membrana microporosa y capa adhesiva, como se evidencia en la tabla 1. Se estableció que el depósito y la membrana microporosa son las responsables de la dosificación constante mientras la capa adhesiva es la fuente para la dosis de cebado^{21,22}.

Hasta el momento en los depósitos sólo se ejercía control de la velocidad de administración del fármaco a la piel, pero no se controlaba la cantidad suministrada a la venda. Ferrara²³ introdujo medios para cuantificar el fármaco que ha sido depositado dentro de los medios de recepción mediante indicios de medición como líneas, números, y crestas espaciadas o porciones elevadas. Cada espacio representa una cantidad de medición.

Por su parte, Andriola, Moore y Asche²⁴ encontraron que las vendas dosificadoras convencionales contenían un fármaco que migraba en una sola orientación, por tanto era un punto crítico de control la aplicación de la venda. Por ello propusieron un vendaje con un depósito compartimentalizado en varios recintos que contengan el fármaco, de forma que se puedan aplicar sobre la piel sin preocuparse por la orientación.

Parámetros técnicos

Materiales para la elaboración de vendas: La superficie adhesiva puede estar elaborada de resinas acrílicas o metacrílicas, cauchos naturales o sintéticos, elastómeros de poliuretano, polímeros de vinilo, derivados de celulosa, resinas de urea-formaldehído, gomas naturales, entre otros. Cuando la superficie adhesiva recubre las microcápsulas necesita ser permeable al paso del fármaco, pero si está ubicada sobre la periferia del vendaje no necesita serlo. El vendaje

Uso terapéutico	Características del vendaje
Reducción de dolores de cabeza migrañosos	Parche que administra sustancias activas agonistas de la serotonina indol. Consta de una capa de soporte, un depósito de sustancia activa, una membrana microporosa y una capa adhesiva. ²⁵
Curar traumas como úlceras, quemaduras, lesiones...	Vendaje de criogel con más del 80% de agua, polivinil-alcohol y el agente terapéutico con aditivos. Las partículas insolubles son capaces de absorber el agente y formar sales. ²⁶
Reducir el deseo de fumar.	Venda que comprende depósito de nicotina en disolvente, capa reguladora permeable a la nicotina e impermeable al disolvente, capa adhesiva con revestimiento desprendible. Luego se diseñó otra venda, donde se cambió la nicotina por tartrato de nicotina, que presenta mayor solubilidad al entorno biológico. ^{27,28}
Aumentar el suministro de oxígeno al corazón a un mamífero	Venda que administra un vasodilatador y consta de tres capas: Un soporte impermeable al fármaco; un depósito que comprende un gel de aceite mineral-polisobuteno, un agente reológico y un vasodilatador; y una membrana permeable al fármaco. ²⁹
Múltiples usos	Un vendaje con una cavidad que contiene el fármaco y un polímero piezoeléctrico con un generador sónico que mediante vibraciones conduce el fármaco hacia los poros de la piel. ³⁰
Terapia de vasodilatación	Vendaje que posee un soporte impermeable al fármaco; un depósito de silicona, dióxido de silicio y el fármaco; y una membrana de liberación. ³¹
Tratamiento de angina bucal	Un vendaje que comprende un depósito de aceite mineral, celulosa y fármaco; una membrana adyacente y un elemento de soporte. ³²
Tratamiento de angina de pecho	Un vendaje que administra continuamente nitroglicerina, que se forma de una lámina de soporte con adhesivo y un soporte de silicona que contiene el fármaco, una superficie adhesiva y un recubrimiento desprendible. ³³
Anticoncepción	Venda dosificadora de esteroides anticonceptivos, conformada por una lámina de soporte impermeable y una membrana macroporosa asegurados de forma que se forme un depósito intermedio con un

Tabla 1: Principales avances tecnológicos de las vendas terapéuticas dosificadoras

adhesivo se puede reforzar con materiales flexibles o no flexibles como celofán, acetato de celulosa, etilcelulosa, copolímeros de acetato de cloruro de vinilo plastificados, tereftalato de polietileno, nylon, polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilideno, papel, tela y papel de aluminio; aunque se prefieren flexibles para que se ajusten a la parte del cuerpo tratada. Antes de su uso la superficie adhesiva debe venir cubierta con una película de liberación protectora como papel encerado o papel de aluminio, posteriormente retirable¹⁶. Las microcápsulas están elaboradas de materiales de encapsulación como polímeros hidrófobos como cloruro de polivinilo plastificado o no plastificados, amidas de cadena larga grasas; nylon plastificado; nylon suave no plastificado; goma de silicona; polietileno y tereftalato de polietileno; y polímeros hidrófilos como ésteres de ácido acrílico y metacrílico; colágeno modificado; reticulada geles de poliéter hidrófilos; alcohol polivinílico reticulado; y acetato de polivinilo parcialmente hidrolizado reticulado. La microcápsulas se pueden mezclar con un adhesivo sensible a la presión mediante agitación, molino de bolas, y similares, y posteriormente revestirse sobre el soporte¹⁶.

Según Zaffaroni¹⁶ los disolventes farmacéuticamente aceptables por ser no tóxicos son el agua, alcoholes que contienen 2 a 4 átomos de carbono, tales como hexanol, ciclohexanol, alcohol bencílico, 1,2-butanodiol, glicerol y alcohol de amilo; hidrocarburos con 5 a 12 átomos de carbono, tales como n-hexano, ciclohexano y benceno de etilo; aldehídos y cetonas que tienen de 4 a 10 átomos de carbono, tales como aldehído heptilo, ciclohexanona, y benzaldehído; ésteres que tienen 4 a 10 átomos de carbono, tales como acetato de amilo y el propionato de bencilo; aceites etéreos, como el aceite de eucalipto, aceite de ruda, aceite de comino, limoneno, tomillo; hidrocarburos halogenados que tienen de 2 a 8 átomos de carbono tales como cloruro de n-hexilo, n-hexilo bromuro, y cloruro de ciclohexilo; o mezclas de cualquiera de los materiales anteriores. Para una liberación controlada y constante de los agentes terapéuticos el vendaje puede incluir partículas absorbentes como resinas de intercambio de iones y partículas hidrófobas. Los agentes plastificantes por su parte le proporcionan suavidad en caso de secado de la venda²⁶.

Fármacos empleados: Se puede emplear cualquier fármaco que cuente con propiedades de permeabilidad y transporte polimérico compatibles con la venda. Entre los sistemáticamente activos se pueden encontrar agentes microbianos, sedantes, energizantes psíquicos, hormonas, esteroides, antipiréticos, analgésicos, antidiabéticos, agentes cardiovasculares, glucósidos cardiacos, antiespasmódicos, antivirales, agentes nutricionales. Entre los tópicamente, se reportan antitranspirantes, desodorantes, astringentes, queratolíticos, antifúngicos, anti-inflamatorios, antibacterianos, antineoplásicos, entre otros. Dichos fármacos pueden emplearse solos o combinados con vehículos farmacéuticos como agua estéril; solución salina, dextrosa, dextrosa en agua o solución salina, aceites con emulsionantes o fosfátidos, glicoles, polialquilenglicoles, medios acuosos en presencia de un agente de suspensión, entre otros, que pueden ir acompañados de adyuvantes como conservantes, estabilizantes, humectantes, agentes emulsionantes y similares. La cantidad de compuesto activo a incorporarse en el vendaje depende de la dosis deseada, la permeabilidad de los materiales y el tiempo de acción sobre la piel o mucosa¹⁶.

Dosificación del fármaco: Cuando los materiales son permeables al agua el fármaco auto-migra luego de un tiempo de contacto con la piel; en caso contrario debe sumergirse en un medio de difusión hasta saturación de los microporos. Se emplea un medio mal disolvente para el fármaco cuando la velocidad de liberación requerida es baja y viceversa cuando la velocidad deseada es alta; puede estar en el intervalo de 0,5 a 1.000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{día}$. El fármaco se libera a través de los poros bajo las leyes de la hidrodinámica o difusión^{16,17}, siguiendo una cinética de liberación de orden cero³⁵. La velocidad de paso o penetración del principio activo a través del material microporoso está determinada por el mecanismo de transferencia que puede ser por: Flujo difusivo o presión inducida por la viscosidad. Para el primer caso la velocidad de liberación del principio activo puede ser controlada de acuerdo con la Primera Ley Fick, mientras para el segundo caso se emplea por lo general la ecuación Poiseuille para el

flujo viscoso. Por lo tanto, la selección de materiales apropiados para la fabricación de la membrana microporosa dependerá del fármaco particular que se utilizará en el vendaje¹⁶. Inicialmente se asumía que la tasa de liberación del fármaco dependía de la velocidad a la que el fármaco se difundía a través de la membrana microporosa o de la pared de los compartimentos^{16, 19}, pero más tarde Chandrasekaran³⁴ encontró que se podía obtener una tasa de liberación casi constante estableciendo una correlación específica entre la solubilidad y el coeficiente de difusión tanto en el depósito como en el adhesivo de contacto, la concentración del fármaco en el depósito y el espesor del adhesivo. Según este autor la capa adhesiva juega un papel fundamental en la tasa de liberación del fármaco a diferencia de investigaciones anteriores que le consideran insignificante. La concentración del fármaco en la capa adhesiva no debe ser mayor que su solubilidad en ella, y la solubilidad y difusión del fármaco tanto en el vehículo como en la capa adhesiva deben ser iguales³⁴. La dosis del fármaco por área de vendaje puede ser controlada mediante la variación de parámetros como la composición, tamaño de poro y el grosor efectivo del material poroso, la viscosidad del medicamento para ser administrado por formulación apropiada o por impregnación del material con el disolvente adecuado¹⁶. Algunos autores consideraron que el éxito de la administración de los fármacos era mediante una dosis de cebado inaceptablemente alta antes de la dosis constante^{21, 22, 36} sin tener en cuenta que problemas relacionados con sobredosis, toxicidad o reacciones secundarias. Baker, Michaels y Theeuwes³⁹ propusieron un método para reducir sustancialmente la descarga inicial del agente activo desde un dispositivo de etileno/acetato de vinilo o de ruptura osmótica, el cual se debe agotar con un líquido estéril como agua antes de su aplicación.

El papel de la presión: Se ha evaluado la presión debajo del vendaje, encontrándose que varía de acuerdo a las actividades físicas ejecutadas por el paciente con base en tres parámetros: Extensibilidad de la venda, tensión del vendaje y cantidad de expansión o contracción del músculo. La presión debajo de la venda aumenta cuando aumenta la expansión del músculo o la tensión del vendaje³⁷. La selección del sistema de compresión depende de parámetros como concordancia, aceptabilidad y la facilidad de uso del vendaje para el paciente. Se pueden emplear varias capas de vendas, lo que representa un aumento de la presión entre el 50 al 60% del valor correspondiente a la primera capa por cada capa adicional. Un estudio encontró que los vendajes de dos capas obtuvieron un mayor nivel de aceptabilidad por el paciente en términos de comodidad^{38, 40}.

Fármacos vegetales potenciales

Las plantas medicinales son recursos naturales que se encuentran en forma ampliamente difundidas en todas las sociedades para que podamos usarlas en el cuidado de la salud. Una planta medicinal es aquella que contiene en uno o más de sus órganos principios químicos que pueden ser utilizados directamente como medicamentos o bien servir para la síntesis de fármacos; su contenido depende tanto de factores endógenos como de las condiciones climáticas, las características de los suelos, la edad y la época de recolección de la planta, así como del método de extracción de dichos principios. Entre las principales sustancias bioactivas se encuentran los alcaloides, taninos, flavonoides, cumarinas, quinonas, terpenoides, simarubalidanos, melicianinas, limonoides y lignanos entre otras⁴¹. La parte de la planta empleada en forma medicinal se conoce con el nombre de droga vegetal, y puede suministrarse bajo diferentes formas galénicas como cápsulas, comprimidos, cremas, decocciones, infusiones, jarabes, tinturas, ungüentos, etc⁴².

En el Ecuador el uso de plantas medicinales es un tipo de medicina popular inmerso en la cotidianidad de sus habitantes, registrándose alrededor de 3118 especies pertenecientes a 206 familias. Las partes de las plantas más utilizadas son las hojas (30 %), la planta entera (10%) y las flores (6%). Existe una clasificación para las plantas en 24 categorías, de acuerdo a la función y al sistema u órgano tratado, de las cuáles, las categorías de síntomas, infecciones/infecciones, heridas/lesiones, desordenes del sistema digestivo, con-

travenenos e inflamaciones son las más comunes. Relacionando la información de las plantas medicinales más empleadas en el Ecuador con los principales usos de las vendas dosificadoras de fármacos se pudieron definir propuestas de plantas medicinales, cuyos principios activos se podrían emplear en las terapias de compresión. Dentro de la categoría de síntomas se reportó la hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*), la ruda (*Ruta graveolens*) y la manzanilla (*Matricaria recutita*) para combatir dolores; la verbena (*Verbena litoralis*), la wawallpa panka pequeña (*Mollinedia ovata*) y la borraja (*Borago officinalis*) para bajar la fiebre; y la alfalfa (*Medicago sativa*) para detener hemorragias. Dentro de la categoría de infecciones se reporta la nigua (*Margyricarpus pimatus*) para tratar la varicela y el sarampión; la Dalea coerulea para afecciones respiratorias; las *Iryanthera paraensis*, *Calathea metallica* y *Fittonia albivenis* para infecciones fúngicas. Dentro de la categoría de heridas/lesiones se encuentra el matico (*Aristeguetia glutinosa*) y la sangre de Drago (*Croton lechleri*) para cicatrizar heridas; las especies del género urtica para tratar golpes y contusiones; las especies del género *Brungmansia* para tratar fracturas, torceduras o lisaduras; y las del género *puya* para tratar quemaduras del sol. Dentro de la categoría de contravenenos de reportan la equis (*Bothrops spp.*), la verrugosa (*Lachesis muta*) y la coral (*Micrurus sp.*) para tratar mordeduras de serpiente; y las especies de los géneros *Piper* y *Peperomia* para tratar picaduras de rayas, hormigas, arañas y alacranes. Finalmente, dentro de la categoría de inflamaciones se reportan las especies hierba mora (*Solanum nigrum*), el matico (*Aristeguetia glutinosa*) y el llantén (*Plantago major*)⁴³.

Hay que tener precaución, pues existen plantas no inocuas. Se reportan alrededor de 16 especies venenosas en el Ecuador, de las cuáles cuatro pueden ser letales para el hombre: *Siparuna grandiflora*, *Coriaria ruscifolia*, *Pernettya prostrata* y *Bomarea multiflora*⁴³.

CONCLUSIONES

Las vendas terapéuticas son un tipo de textiles médicos empleados en las terapias de compresión para tratar principalmente inflamaciones, linfedemas, várices, inmovilizar miembros lesionados y proteger heridas. Más tarde, las vendas terapéuticas se tornaron inteligentes al permitir la dosificación de fármacos percutáneamente, lo que representa una ventaja para el tratamiento de enfermedades ya que se garantiza que el principio activo pase directamente a la circulación sanguínea y no corra el riesgo de perderse en alguna ruta metabólica como cuando es consumido oralmente, pues su absorción se ve afectada por múltiples factores. Pese a ser funcionales este tipo de vendas no son lo suficientemente asequibles para poblaciones de poco poder adquisitivo como ocurre en los países subdesarrollados, quienes se ven obligados a apoyarse en la medicina tradicional para mitigar sus enfermedades, la cual tiene la ventaja de ser inocua y económica. Dentro las prácticas de medicina tradicional, el uso de plantas medicinales es lo más popular, por tanto, la combinación de vendas terapéuticas con principios activos de plantas medicinales no sólo asegura la asequibilidad de las personas, si no el rescate de los valores culturales y ancestrales, a los cuáles se les aplica el conocimiento científico para darles mayor validez. El Ecuador, gracias a su riqueza endógena en parámetros de flora y valores culturales, presenta varias especies vegetales con potencial para ser aplicadas en la industria farmacéutica, las cuales ya se encuentran clasificadas en 24 categorías de acuerdo con su función y parte del cuerpo tratada. De todas las categorías, la de síntomas, infecciones/infestaciones, heridas/lesiones, desordenes del sistema digestivo, contravenenos e inflamaciones no sólo son las más populares, sino que coinciden con los usos de las vendas terapéuticas reportados en la literatura. Es de vital importancia resaltar que los principales avances en las tecnologías de vendas terapéuticas dosificadoras se han dado antes del año 2000, y el uso de principios activos vegetales en ellas todavía no ha sido reportado; quedando de manifiesto que es necesario investigar los

procesos de extracción, estabilización, toxicidad e inocuidad del principio activo vegetal; así como el diseño y formulación de la venda terapéutica dosificadora.

Referencias bibliográficas

1. Isidoro C, Huang C-C, Sheen L-Y. Publishing scientifically sound papers in Traditional and Complementary Medicine. J Tradit Complement Med [Internet]. 2016 Jan [cited 2016 May 1];6(1):1-4. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2225411015001212>
2. Ajose FO. Some Nigerian plants of dermatologic importance. Int J Dermatol [Internet]. 2007;46(1):48-55. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-4632.2007.03466.x/abstract?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+be+unavailable+on+Saturday+14th+May+11%3A00-14%3A00+BST+%2F+06%3A00-09%3A00+EDT+%2F+18%3A00-21%3A00+SGT+for+essential+maintenance.Apologie>
3. Wang X, Zhang A, Sun H, Wang P. Systems biology technologies enable personalized traditional Chinese medicine: a systematic review. Am J Chin Med [Internet]. 2012;40(6):1109-22. Available from: <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0192415X12500826>
4. Wang X, Zhang A, Sun H, Han Y, Yan G. Discovery and development of innovative drug from traditional medicine by integrated chinmedomics strategies in the post-genomic era. TrAC Trends Anal Chem [Internet]. 2016 Feb [cited 2016 Mar 28];76:86-94. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993615300704>
5. Dawson R, Diacon A. PA-824, moxifloxacin and pyrazinamide combination therapy for tuberculosis. Expert Opin Investig Drugs [Internet]. 2013;22(7):927-32. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1517/13543784.2013.801958>
6. Alonso J. Tratado de fitofármacos y nutracéuticos [Internet]. 1st ed. Mestre EO, editor. Rosario - Argentina: Corpus Editorial; 2007. 1145 p. Available from: <http://site.ebrary.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=11087865&ppg=8>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Acceso a la salud [Internet]. Available from: <http://www.who.int/trade/glossary/story002/en/>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). Median availability of selected generic medicines Data by country [Internet]. Available from: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.488?lang=en>
9. Consejo Nacional de Salud. Política de Medicamentos [Internet]. Quito; 2007. Available from: <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s19794es/s19794es.pdf?ua=1>
10. Cameron A, Ewen M, Auton M, Abegunde D. The world medicines situation 2011: Medicines prices, availability and affordability [Internet]. 3rd ed. Geneva; 2012. Available from: http://www.who.int/medicines/areas/policy/world_medicines_situation/WMS_ch6_wPricing_v6.pdf
11. Corporación Andina de Fomento. Biocomercio en la subregión andino: oportunidad para el desarrollo [Internet]. Corporación Andina de Fomento; 2007. 48 p. Available from: <http://site.ebrary.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=10174166>
12. Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE), Ecociencia, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La biodiversidad del Ecuador. Informe 2000 [Internet]. Josse, Car. Quito; 2001. Available from: <http://www.ecociencia.org/inicio/index.php?sid=105&list=one&id=90>
13. Quezada F, Roca W, Szauer MT, Gómez JJ, R. L. Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad: capacidades locales y mercados potenciales [Internet]. 1st ed. Venezuela: Corporación Andina de Fomento; 2005. 114 p. Available from: <http://site.ebrary.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=10174312>
14. Ferraro GE, Martino V, Bandoni AL. Fitocosmética: fitoingredientes y otros productos naturales: fitoingredientes y otros productos naturales [Internet]. Eudeba; 2000. 274 p. Available from: <http://site.ebrary.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=10623847>
15. Lage A. Global Pharmaceutical Development and Access: Critical Issues of Ethics and Equity. Medic Rev [Internet]. 2011;13(3):16-22. Available from: <http://www.medic.org/medicreview/index.php?issue=17&id=204&a=vahtml>
16. Zaffaroni A. Bandage for the administration of drug by controlled metering through microporous materials [Internet]. Estados Unidos; US3797494 A, 1974. Available from: <https://www.google.com/>

- patents/US3797494
17. Zaffaroni A. Bandage for the controlled metering of topical drugs to the skin [Internet]. Estados Unidos; US3731683 A, 1973. Available from: <https://www.google.com/patents/US3731683>
 18. Maeth H, Pennings RD. Topical dressing [Internet]. Estados Unidos; US 3249109 A, 1966. Available from: <https://www.google.com/patents/US3249109>
 19. Zaffaroni A. Bandage for administering drugs. Estados Unidos; USD 3598122 B1, 1971.
 20. Zaffaroni A. Bandage for administering drugs [Internet]. Estados Unidos; US3598123 A, 1971. Available from: <https://www.google.com/patents/US3598123>
 21. Urquhart J, Chandrasekaran SK, Shaw JE. Bandage for transdermally administering scopolamine to prevent nausea [Internet]. Estados Unidos; US 4031894 A, 1977. Available from: <https://www.google.com/patents/US4031894>
 22. Chandrasekaran SK, Darda S, Michaels AS, Cleary GW. Therapeutic system for administering clonidine transdermally [Internet]. Estados Unidos; US 4201211 A, 1980. Available from: <https://www.google.com/patents/US4201211>
 23. Ferrara J. Therapeutic device for administering medicaments through the skin [Internet]. Estados Unidos; US 4486194 A, 1984. Available from: <https://www.google.com/patents/US4486194>
 24. Andriola R, Moore DJ, Asche H. Multicompartmentalized transdermal patches [Internet]. Estados Unidos; US 4666441 A, 1987. Available from: <https://www.google.com/patents/US4666441>
 25. List H. Transdermal therapeutic systems for administering indole serotonin agonists [Internet]. US 5807571 A, 1998. Available from: <https://www.google.com/patents/US5807571>
 26. Wood LL, Calton GJ. Cryogel bandage containing therapeutic agent [Internet]. Estados Unidos; US5260066 A, 1993. Available from: <https://www.google.com/patents/US5260066>
 27. Lee ES, Yum SI. Transdermal drug delivery device [Internet]. Estados Unidos; US 4837027 A, 1989. Available from: <https://www.google.com/patents/US4837027>
 28. Osborne JL, Nelson M, Ensore DJ, Yum SI, Gale RM. Substituted nicotine transdermal therapeutic system [Internet]. Estados Unidos; US 5004610 A, 1991. Available from: <https://www.google.com/patents/US5004610>
 29. Gale RM. Method for increasing oxygen supply by administering vasodilator [Internet]. Estados Unidos; US 4849226 A, 1989. Available from: <https://www.google.com/patents/US4849226>
 30. Fox MD. Disposable piezoelectric polymer bandage for percutaneous delivery of drugs and method for such percutaneous delivery (a) [Internet]. Estados Unidos; US 4787888 A, 1988. Available from: <https://www.google.com/patents/US4787888>
 31. Gale RM. Medical bandage for administering vasodilator drug [Internet]. Estados Unidos; US 4661105 A, 1987. Available from: <https://www.google.com/patents/US4661105>
 32. Shaw JE, Gale RM. Method comprising transdermal and buccal treatment of angina [Internet]. Estados Unidos; US 4704119 A, 1987. Available from: <https://www.google.com/patents/US4704119>
 33. Wagle SS, Felt GR, Borleis HW. Bandage for the topical administration of controlled amounts of nitroglycerin ointment [Internet]. Estados Unidos; US 4786282 A, 1988. Available from: <https://www.google.com/patents/US4786282>
 34. Nuwayser ES. Method of transdermal drug delivery [Internet]. Estados Unidos; US 4624665 A, 1986. Available from: <https://www.google.com/patents/US4624665>
 35. Chandrasekaran SK, Urquhart J, Shaw JE. Method and therapeutic system for providing chemotherapy transdermally [Internet]. Estados Unidos; US 4060084 A, 1977. Available from: <https://www.google.com/patents/US4060084>
 36. Chandrasekaran SK. Therapeutic system for administering drugs to the skin [Internet]. Estados Unidos; US 4286592 A, 1981. Available from: <https://www.google.com/patents/US4286592>
 37. Baker RW, Michaels AS, Theeuwes F. Process for improving release kinetics of a monolithic drug delivery device [Internet]. Estados Unidos; US 3923939 A, 1975. Available from: <https://www.google.com/patents/US3923939>
 38. Kumar B, Das A, Alagirusamy R. Analysis of sub-bandage pressure of compression bandages during exercise. *J Tissue Viability* [Internet]. 2012 Nov [cited 2016 May 18];21(4):115–24. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965206X1200040X>
 39. Jünger M, Ladwig A, Bohbot S, Haase H. Comparison of interface pressures of three compression bandaging systems used on healthy volunteers. *J Wound Care* [Internet]. 2009;18(11):474–80. Available from: https://www.akademik-zwm.ch/uploads/tx_scpublications/ComparisonofinterfacepressuresJWC_18_2009.pdf
 40. Ruckley C, Dale J, Gibson B, Brown D, Lee A, Prescott R. Multi-layer compression: comparison of four different four-layer bandage systems applied to the leg. *Phlebology* [Internet]. 2003;18(3):123–9. Available from: <http://phl.sagepub.com/content/18/3/123.short>
 41. Prieto A, De Ocampo AA, Fernandez A, Pérez MB. El empleo de la medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en México y Cuba. *Rev Esp en Ciencias Químico-Biológicas* [Internet]. 2005;8(1):38–49. Available from: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revspciequibio/cqb-2005/cqb051e.pdf>
 42. Muñoz F. Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado [Internet]. Madrid: Mundi-Prensa libros; 2002. 365 p. Available from: <https://books.google.com.ec/books?id=WmX5TibuSrIC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=Fernando+MUÑOZ+LO+PEZ+DE+BUST+AMANTE+Dr.+Ingeniero>
 43. Kvist LP, Alarcón D. Plantas tóxicas. In: De la Torre L, Navarrete H, Muriel P, Macía MJ, Balslev H, editors. *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador* [Internet]. Quito & Aarhus: Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus; 2008. p. 99–104. Available from: <http://www.puce.edu.ec/portal/wr-resource/blobs/1/PUB-QCA-PUCE-2008-Enciclopedia.pdf>

Recibido: 26 de Mayo de 2017.

Aprobado: 29 de Julio de 2017.

NOTICIAS Y OPINIONES ECOLOGIA

Caza coordinada.

Coordinated hunting.

Lizbeth Zamora Mendoza

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.11

RESUMEN

La caza coordinada, producida por la interacción existente entre animales de la misma especie, se caracteriza por ser un sistema sofisticado de cinegética debido a que cada animal individualmente se concentra en roles específicos para realizar acciones complementarias dependiendo de las capacidades locomotoras y hábitat de la especie. De esta forma, se identifica que la caza coordinada ha sido observada en reptiles como cocodrilos, caimanes, lagartos y boas. También en mamíferos, específicamente especies como orcas, delfines y primates. Estas especies fueron estudiadas en sus distintos hábitats permitiendo describir el sistema que utilizan durante el periodo de caza para aumentar la efectividad de la misma.

Palabras Claves: Caza cooperativa, depredación, comportamiento social, *Caiman crocodylus*, *Cuban Boas*, *Orcinus orca*, *Tursiops truncatus*, *Pan troglodytes*.

ABSTRACT

The coordinated hunting, produced by the interaction between animals of the same species, is characterized as a sophisticated system of hunting because each animal individually concentrates on specific roles to carry out complementary actions depending on the locomotive capacities and habitat of the species. In this way, it is identified that the coordinated hunt has been observed in reptiles such as crocodiles, caimans, lizards and boas. Also in mammals, specifically species such as orcas, dolphins and primates. These species were studied in their different habitats allowing to describe the system they use during the hunting period to increase the effectiveness of the same.

Key Words: Cooperative hunting, predation, social behavior, *Caiman crocodylus*, *Cuban Boas*, *Orcinus orca*, *Tursiops truncatus*, *Pan troglodytes*.

Introducción

La caza coordinada es la interacción existente entre animales de la misma especie para subsistir a través de dos campos biológicos: toma de decisiones grupales y la habilidad atlética de los individuos del grupo¹. Además, la reducción de agresión entre los miembros del grupo permite la transferencia de información entre los individuos. De esta forma, este tipo de caza es sofisticada debido a que cada animal individualmente se concentra en roles específicos para realizar acciones complementarias². Los roles son distribuidos estratégicamente de acuerdo al tamaño y sexo del animal. Las estrategias de cooperación dependen intrínsecamente de las capacidades locomotoras y hábitat de la especie¹. El objetivo de esta revisión es identificar los criterios de la caza coordinada de forma que se establezca un análisis en la interacción de animales de la misma especie durante el proceso de cinegética (caza). Además, se plantea describir ejemplos de vertebrados de diferentes especies de reptiles, primates y cetáceos que utilizan este tipo de caza aumentando sus posibilidades de supervivencia. Es importante destacar que la caza coordinada no ha sido comprobada en ninguno de los taxones conocidos de los invertebrados caracterizados por cazar en grupos³.

La caza coordinada, por lo tanto, requiere de comportamientos complejos debido a que cada individuo utiliza sus habilidades de depredador para cazar a las presas⁴, asegurando el éxito de la caza.

Para comprobar que la coordinación durante el periodo de caza existe se analiza las posiciones y acciones de cada individuo, en lugar de solo reunirse

bajo un área solo siguiendo estímulos similares. Si se siguen estos patrones se produce la coordinación entre el grupo de cazadores, en los casos reportados de aparente coordinación se deduce que algunos miembros conducen a la presa hacia otros, distraen a las presas para facilitar el ataque de otros, o fuerzan a la presa en un área compacta y luego se turnan para atacarla^{13,14}.

Características**Caza coordinada en reptiles: Cocodrilos, caimanes y lagartos**

La caza coordinada ha sido observada en *Crocodylus porosus* en Papuan, Nueva Guinea, *Crocodylus johnstoni* en Lakefield National Park, Australia, *Alligator mississippiensis* en Okefenokee National Wildlife Refuge, USA. Estos cocodrilos, caimanes y lagartos son animales que usan sistemas comunicacionales multimodales complejos¹⁵. Estos sistemas de comunicación pueden ser usados para tomar cada posición estratégica y la acción específica respondiendo todo el grupo a un mismo estímulo. Este tipo de organización fue presencia por el naturalista Ernesto Jiménez, quién es guía turístico en el área de Santa Elena Venezuela, que reportó que el *Caiman crocodylus* camino hacia un grupo de ranas que saltaron al lago en el cual se encontraba y fueron secuestradas por otro caimán¹⁶. Además, Dinets después de 3000 horas de investigaciones logró observar 17 cazas cooperativas de cocodrilos de las cuales tres señalaron coordinación en la modalidad de la caza. Estas observaciones permitieron analizar y esquematizar las distancias relativas de cada individuo y la posición en la que se encontraban.

Etapa	Descripción
Preparación para la caza	Todos los cazadores concentran acciones similares en el mismo tipo de presa ² , pero aplicando elementos variables de persecución para perseguirla.
Localizar/ buscar a la presa	La localización puede ser a corta o larga distancia. El grupo de caza se establecerá con el objetivo específico de encontrar la presa para matarla. Por un lado, pueden esperar en un escondite oculto para que estas pasen lo suficientemente cerca y puedan lanzar un ataque sorpresa ⁶ . Por otro lado, realizar la búsqueda en conjunto de la presa ⁷ .
Acechar	Los depredadores intentarán a menudo acortar la distancia entre ellos y la presa antes de lanzar un asalto. Esto puede implicar ya sea un enfoque oculto, el depredador permanece inmóvil o puede ser un lento movimiento continuo hacia la presa ⁸ o enfoque abierto, los depredadores simplemente se acercan a la presa sin intentar ocultarse ⁹ durante la aproximación, la información que es importante para el método de ataque puede ser extraída de la presa.
Encuentro	Acoso: puede implicar un ataque simultáneo desde diferentes direcciones por parte de todos los miembros de la especie depredadora ¹⁰ . Esperando: los depredadores pueden simplemente esperar a que se muevan a una posición más vulnerable ⁶ .
Captura y muerte	Restricción: dependiendo de la especie de la presa, su tamaño y la presencia de armas defensivas (p.ej. cuernos o astas), algunos miembros de la caza pueden colaborar con la matanza ^{9,10} . Derribar: la presa más grande a menudo es arrastrada al suelo por múltiples depredadores, mientras que una presa más pequeña puede ser derribada por un solo individuo ¹¹ .
Defensa de otros depredadores	La capacidad de defender la matanza de otros depredadores es crucial para la terminación de una cacería exitosa. La colaboración de la capacidad de los animales para defender los asesinatos parece ser uno de los principales beneficios de la caza ¹² .

Tabla 1: Proceso de captura de la presa en la caza.



Figura 1: *Crocodylus porosus* también conocido como cocodrilo marino, de agua salada, cocodrilo de estuario, cocodrilo poroso o de mar es una especie de saurópido Crocodylia de la familia crocodylidae. Foto por Berrucomons (Own work) [GFDL]



Figura 2: Boa Cuban Boas del tipo *Chilabothrus angulifer* se encuentra principalmente en Cuba y en islas adyacentes, incluyendo la Isla de la Juventud, el Archipiélago de los Canarreos, el Archipiélago de los Colorados de la costa norte de Pinar del Río, el Archipiélago de Sabana-Camagüey (Cayo Guajaba y Cayo Sant María) y en las Bahamas.

Caza coordinada en reptiles: Boas

La caza coordinada fue comprobada recientemente en la especie Cuban Boas (*Chilabothrus angulifer*) que caza murciélagos de frutas jamaicanas (*Artibeus jamaicensis*) en una cueva del Parque Nacional Desembarco del Granma, Cuba¹⁷. En dicho estudio se tienen en cuenta las posiciones de otras boas de manera que les permita bloquear la trayectoria de vuelo de los murciélagos y maximizar la productividad de la caza. Durante el estudio se observó que las boas se posicionaron en secciones específicas de la cueva y subieron al techo para cazar. Como había dos períodos de caza por día, se observó un total de 16 cacerías. Además, el número máximo de boas observadas al mismo tiempo fue de tres. Finalmente, se dedujo que este tipo de caza en esta especie mejora significativamente la efectividad de la cacería, aparentemente porque pueden bloquear la ruta de vuelo de la presa e interceptar fácilmente a los murciélagos que pasan. De tal manera, se asume tal coordinación basada en la complejidad percibida de la conducta cinegética.



Figura 3: La orca *Orcinus orca* es una especie de cetáceo odontoceto perteneciente a la familia Delphinidae, que habita en todos los océanos del planeta. Es la especie más grande de delfínido y la única existente actual reconocida dentro del género *Orcinus*. Foto By NOAA Photo Library (anim1110) [CC BY 2.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0>) or Public domain], via Wikimedia Commons

Caza coordinada en mamíferos: Cetáceos Ballena *Orcinus orca*

Una vaina de siete orcas (*Orcinus orca*) fue vista atacar a una foca cangrejera solitaria (*Lobodon carcinophagus*) que estaba tendida sobre un témpano de hielo. La cacería comenzó luego de localizar a la foca, la orca se alejó del hielo flotante, luego nadó como el grupo cerca del témpano. Esto causó una gran ola que inclinó el témpano de hielo y se rompió sobre ella, causando que la foca sea arrojada al agua. Las orcas nadaron inmediatamente a la zona en la que se encontraba la foca que luego desapareció¹⁸.

Este tipo de ballena son reconocidas por ser mamíferos altamente inteligentes. Sus estrategias de caza son complejas como consecuencia de adquirir un sistema de caza coordinada debido a que sus presas comunes son animales marinos. Por lo tanto, las ballenas tienden a moverse lentamente a través del hielo y ocasionalmente salen en forma vertical del agua para observar a la presa en la superficie del hielo¹⁹. En los grupos de caza existe la presencia de machos y hembras reconocidos por las aletas dorsales²⁰. Se alimentan de una gran variedad de presas, desde peces, aves marinas y de otros mamíferos que incluyen lobos marinos, elefantes marinos, nutrias, ballenas pequeñas y delfines²¹. Sin embargo, no se ha comprobado el sistema de caza coordinada cuando la *Orcinus orca* caza a estos animales en las costas del pacífico.

Caza coordinada en mamíferos: Cetáceos Delfín *Tursiops truncatus*

Este tipo de delfines se caracterizan por una especialización individual en un papel específico durante la caza del grupo que es inusual en mamíferos. Observaciones sobre algunos grupos de delfines

reveló que existen roles conductuales distintivos durante la alimentación grupal. Dentro del grupo, se identificó a un delfín "conductor", que retiene los peces en círculos, trasladándolos hacia la "barrera" estrechamente agrupada, formada por los delfines "no conductores". El conductor realiza bofetadas (cuando un delfín levanta su platija, o cola, fuera del agua y la abofetea contra la superficie del agua con fuerza) durante la impulsión. De esta forma, los peces pastoreados saltan al aire, donde algunos son capturados por el conductor y los delfines de barrera²².



Figura 4: *Tursiops truncatus* conocido como delfín mular o de nariz de botella es una especie de cetáceo odontoceto de la familia Delphinidae. De las más de 30 especies de delfines que existen, es la más común y más conocida de la familia.

Caza coordinada en mamíferos: Homínidos primates

Los chimpancés salvajes (*Pan troglodytes*) del Parque Nacional del Tai, Costa de Marfil, fueron estudiados durante un período de 2 años en el cual se consideraron que las cacerías observadas demostraron un comportamiento de caza coordinada⁵. Estos chimpancés tienen una imagen de presa más especializada, buscan intencionalmente más presas adultas, y cazan en grupos más grandes y con un nivel coordinativo más elaborado, por lo tanto, tienden a compartir la carne más activamente y con más frecuencia. Los chimpancés son depredadores de al menos 19 especies de mamíferos diferentes^{23, 24, 25}.

Tienden a alcanzar las tasas de mortalidad de las especies de presas comparables con las de algunos carnívoros sociales. En Gombe Stream, los chimpancés matan a un estimado de 8-13% de la población colobo roja²⁶. La caza en una especie de primate puede estar influida por diferentes factores, como el medio ambiente, la disponibilidad de presas, la disponibilidad de alimentos y los aspectos sociales. En las cacerías observadas se determinaron las técnicas de caza grupal utilizadas que fueron evaluadas mediante la grabación de las acciones de cada individuo indicando que los chimpancés Parque Nacional del Tai trabajan con una regla de colaboración.



Figura 5: El chimpancé común *Pan troglodytes* es una especie de primate homínido propia de África tropical. Se encuentra en las selvas tropicales y sabanas húmedas de África central y occidental. Foto by Bardrock (Own work) [GFDL].

DISCUSIÓN

La caza coordinada se destaca por la complejidad de cada uno de los roles que debe desempeñar cada animal durante el sistema de caza. Para corroborar este tipo de caza se debe tomar en cuenta la posición y distancia de cada uno de los integrantes del grupo y el sistema de comunicación existente entre los mismos. La caza coordinada cumple con el proceso de preparación, localización y acechar a la presa; posteriormente el encuentro, captura y muerte de la misma. Este tipo de caza fue descrita en diferentes clases de animales. En los reptiles, se ha comprobado a través de observaciones en diferentes especies de cocodrilos, caimanes y lagartos. Por el contrario, en boas solo se ha comprobado esta caza en la especie *Cuban Boa*. En los mamíferos se encuentra presente en cetáceos y primates. Por un lado, los cetáceos que han presentado una posición coordinada y compleja comunicación durante la caza son las especies *Orcinus orca* y *Tursiops truncatus*. Por otro lado, los homínidos primates que presentan este tipo de comportamiento durante el periodo de caza es la especie *Pan troglodytes* utilizando un nivel coordinativo más elaborado y cazan en grupos grandes. Finalmente, la caza coordinada representa la interacción de animales de la misma especie durante el proceso de cinegética.

La caza coordinada no se manifiesta comúnmente en la naturaleza, sin embargo, las características y sistemas que manejan los animales para aumentar la efectividad de la caza requieren mayor investigación científica. Se pretende que este tipo de caza se manifieste en los corredores de las Islas Galápagos (*Philodryas biserialis*) cuando están cazando crías de iguanas. De esta forma, se podría confirmar este tipo de caza en una especie endémica ecuatoriana.

CONCLUSIÓN

Muchos animales que exhiben la caza coordinada lo hacen en grupos familiares o están relacionados de otra manera. Esta relación se muestra en la posición y rol que cada animal debe cumplir durante el periodo de cinegética. De hecho, cada una de las especies que utilizan la caza coordinada son caracterizadas por emplear técnicas usando su inteligencia y complejos sistemas comunicacionales. Por este motivo es probable que tales técnicas complicadas sean directamente beneficiosas para todos los animales participantes, ya que maximizan las posibilidades de éxito durante el proceso de caza.

Referencias bibliográficas

1. Bailey, I., Myatt, J. P., & Wilson, A. M. Group hunting within the Carnivora: Physiological, cognitive and environmental influences on strategy and cooperation. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2012; 67: 1.
2. Stander, P. E. Cooperative hunting in lions: the role of the individual. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 1992; 29: 445–454.
3. Hyodo, D., Himuro, C., & Fujisaki, K. Prey size affects the costs and benefits of group predation in nymphs of the predatory stink bug *Andrallus spinidens* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Ethology*. 2014; 32, 173–178.
4. Bernard, A., André, J. B., & Bredeche, N. To cooperate or not to cooperate: Why behavioural mechanisms matter. *PLoS Computational Biology*. 2016; 12.
5. Boesch, C. y Boesch, H. Hunting behavior of wild chimpanzees in the Tai' National Park. *Am J Phys Anthropol*. 1989; 78:547–573.
6. Mech, D. Boitani, L. Wolves: behaviour, ecology, and conservation. The University of Chicago Press, Chicago; 2003.
7. McNutt, JW. & Boggs, LP. Running wild: dispelling the myths of the African wild dog. Smithsonian Institution Press, Washington, DC; 1996.
8. Krebs, JR. & Davies, NB. An introduction to behavioural ecology, 2nd edn. Blackwell, Oxford; 1987.
9. Fanshawe, J.H. & Fitzgibbon, C.D. Factors influencing the hunting

10. success of an African wild dog pack. *Animal Behaviour*. 1993; 45, 479–490.
10. Creel, S. & Creel, NM. The African wild dog. Princeton University Press, Princeton; 2002.
11. Schaller, GB. The Serengeti lion: a study of predator-prey relations. *Wildlife behavior and ecology series*. The University of Chicago Press, Chicago; 1972.
12. MacDonald, DW. The ecology of carnivore social behavior. *Nature*. 1983; 301:379–384
13. Cott, H. B. Scientific results of an inquiry into the ecology and economic status of the Nile crocodile (*Crocodilus niloticus*) in Uganda and Northern Rhodesia. *The Transactions of the Zoological Society of London*. 1961; 29, 211–356.
14. James, M., & Fox, T. The largest of lizards. *The newsletter of the Gippsland Plains Conservation Management Network*. 2007; 1, 1–9.
15. Doody J.S., Burghardt G. & Dinets V. Breaking the social-Nonsocial dichotomy: a role for reptiles in vertebrate social behavior research? *Ethology*. 2013; 118: 1–9.
16. Dinets, V. Apparent coordination and collaboration in cooperatively hunting crocodylians. *Ethology Ecology and Evolution*. 2014; 27. DOI: 10.1080/03949370.2014.915432
17. Dinets, V. Coordinated hunting by Cuban boas. *Animal Behavior and Cognition*. 2017; 4(1), 24–29. doi: 10.12966/abc.02.02.2017
18. Smith, T. G., Siniff, D. B., Reichle, R., & Stone, S. Coordinated behavior of killer whales, *Orcinus orca*, hunting a crabeater seal, *Lobodon carcinophagus*. *Canadian Journal of Zoology*. 1981; 59(6), 1185–1189. doi:10.1139/z81-167
19. Ponting, G. *The Great White South*, Duckworth and Co., London; 1921.
20. Barr, N, and Barr, L. An observation of killer whale predation on a Dall porpoise. *Can. Field-Nat*. 1972; 86(2):170–171.
21. Wang, J. Y., Riehl, K. N., and Dungan, S. Z. 2014. Family Delphinidae (Ocean Dolphins). Pp: 410–526. En: Wilson, D. E. y Mittermeier, R. A. (eds). 2014. *Handbook of the Mammals of the World. Volumen 4. Sea Mammals*. Lynx Edicions, Barcelona.
22. Bshary, R.. A division of labour with role specialization in group-hunting bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Cedar Key, Florida. F1000 - Post-publication peer review of the biomedical literature; 2005. doi:10.3410/f.1013967.284787
23. Goodall, J. *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*. Cambridge: Harvard University Press; 1986.
24. Nishida T., Uehara S., and Nyondo R. Predatory behavior among wild chimpanzees of the Mahale Mountains. *Primates*. 1983; 20:1–20.
25. Teleki, G. The omnivorous diet and eclectic feeding habits of chimpanzees in Gombe National Park, Tanzania. In RSO Harding and Teleki G (eds): *Omnivorous Primates, Gathering and Hunting in Human Evolution*. New York Columbia University Press. 1983; 303–343.
26. Busse, CD. Chimpanzee predation as a possible factor in the evolution of red colobus monkey social organization. *Evolution*. 1977; 31.907–911.

Recibido: 4 de Julio de 2017.

Aprobado: 4 de Agosto de 2017.

NOTICIAS Y OPINIONES ECOLOGIA

Lycalopex culpaeus reissii*, el segundo cánido más grande de Sudamérica.Lycalopex culpaeus reissii*, the second largest canid in South America.

Domenica Garzón, Carlos Chipatinza, Argenis Andrade, Esther Matamoros

DOI. 10.21931/RB/2017.03.03.12

RESUMEN

Lycalopex culpaeus reissii es una subespecie del *Lycalopex Culpaeus* perteneciente a la familia *Canidae*. El *culpaeus* es el segundo cánido más grande de América del Sur. En Ecuador, se localiza principalmente en los páramos, estepas y bosques como los de la reserva Antisana y en el Bosque Jerusalén. Es un animal tímido y solitario que se distingue por su pelaje rojizo, y su cráneo prolongado. Suele mantener una pareja estable para la reproducción y cuidado de las crías. Su alimentación es muy variada pero principalmente se constituye de mamíferos más pequeños. Actualmente, sus principales amenazas son el ser humano, esencialmente porque se considera que este lobo es perjudicial para el ganado, y la depredación por perros domésticos y salvajes, así como su adquisición de enfermedades parasitarias. Además, las investigaciones centradas en esta subespecie son escasas en el país.

Palabras Claves: *Lycalopex culpaeus reissii*, lobo andino, hábitat, cánido, lobo ecuatoriano.

ABSTRACT

Lycalopex culpaeus reissii is a *Lycalopex Culpaeus*' subespecie from the *Canidae*'s family. The *culpaeus* is the second most bigger canid in South America. In Ecuador, it is found on badlands, steppes and rainforests of the Antisana reserve and the Jerusalem refuge. It is a shy and lonely animal that stands out for its reddish fur and its long skull. Usually, they keep a stable partner for reproduction and caring of the pups. Its diet is very varied but mainly it is about smaller mammals. Their main threats are the humans being, essentially because this wolf is considered harmful for livestock, and the predation by feral and domestic dogs as well as the contraction of parasitic diseases. In addition, the research focused on this subspecies is rare in the country.

Key Words: *Lycalopex culpaeus reissii*, andean wolf, habitat, canid, ecuadorian wolf.

Introducción

El *Lycalopex culpaeus reissii*, conocido también como lobo de páramo ecuatoriano, lobo colorado o lobo de la sierra, es una subespecie del *Lycalopex culpaeus*, el cuál es el segundo cánido más grande de Sudamérica y se ubica a lo largo de la Cordillera de los Andes, desde Colombia hasta Argentina. Por otra parte, el *Lycalopex culpaeus reissii* se ubica principalmente en la sierra ecuatoriana, en lugares como Cotopaxi, Carchi, la Reserva Antisana o el Bosque Protector Jerusalén. Esta subespecie se caracteriza por su peculiar color rojizo que se combina con pelaje negro y gris, su cráneo alargado en el hocico y orejas triangulares. Es un animal tímido que forma parte importante de los ecosistemas de la sierra ecuatoriana y se alimenta principalmente de mamíferos más pequeños, de vegetales e inclusive insectos.

Actualmente se ha realizado muy poca investigación y control sobre esta subespecie. En este artículo se pretende realizar una revisión de la información existente sobre el lobo de páramo ecuatoriano en relación con su morfología, comportamiento, reproducción, amenazas y su relación con otras especies y su entorno.

Características**Hábitat y población**

Se lo puede encontrar en estepas, matorrales, bosques nativos y bosques fragmentados. El Culpeo utiliza

todo el rango de hábitats húmedos desde el desierto más seco hasta los bosques de hoja ancha. En Ecuador, está presente en lugares templados y alto andinos entre los 2600 y 4500 metros de altura, como por ejemplo los páramos de la Reserva Ecológica Antisana (Figura 1). Además, se lo puede encontrar en el bosque Jerusalén, el volcán Chimborazo y la reserva Ilinizas en Pichincha. Las posibilidades de encontrarse con un lobo andino son pocas y de hecho, es más probable hallar sus heces en algún arenal del páramo. Estas son parecidas a las del perro y tienen restos de los animales y plantas de los cuales se alimentan. Se han hecho continuos registros en la zona subtropical alta del río Guayllabamba al noroccidente de Quito. En el remanente del Bosque seco interandino de Guayllabamba sobrevive en la actualidad una población muy pequeña de lobos que está relegada en las laderas del río Guayllabamba y el Bosque Jerusalén^{6, 8, 17, 18}.

Comportamiento y hábitos

Son animales solitarios y usualmente no superponen su territorio, aunque pueden compartirlo con la hembra, pero generalmente solo se reúnen para reproducirse. La madre se encarga de cuidar a los recién nacidos mientras el padre caza para llevarles alimento. En lugares donde no hay presencia humana, y por ende no son perseguidos, suelen estar activos todo el día, mientras que en sitios amenazados se tornan principalmente nocturnos. Su avistamiento es muy difícil ya que son animales tímidos. En otros países como Chile, por otra parte, el nombre local de la especie es *culpeu*, palabra mapuche que significa "osadía", supuestamente porque



Figura 1: *Lycalopex culpaeus reissii* en la colina de Cotopaxi (Pichincha, Ecuador), conocido también como lobo de páramo ecuatoriano, lobo colorado o lobo de la sierra, es una subespecie del *Lycalopex culpaeus* De I, Ondřej Žváček, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18463942>

el animal es tan ingenuo que se expone a cazadores constantemente. Prefieren el campo abierto para la caza y generalmente se ocultan, refugian y descansan en cuevas subterráneas, cavidades en zonas pedregosas, troncos huecos y matorrales tupidos. Las vocalizaciones del culpeo en su hábitat natural no han sido descritas, sin embargo, aquellos ejemplares estudiados en cautiverio hacen una mezcla entre grito y gruñido^{3, 11, 12, 17}.

Morfología y fisiología

El *lycalopex culpaeus reissii* es el cánido más grande del Ecuador y el segundo más grande de toda Sudamérica después del *Chrysocyon brachyurus*. Puede llegar a medir 170 cm con cola y los machos pesan un aproximado de 11,4 Kg. Los machos suelen ser más grandes que las hembras, las cuales suelen pesar un promedio de 8,4 Kg. Una de las partes más llamativas de su apariencia es su pelaje espeso rojizo, usualmente con el vientre y cuello blancos y con el lomo gris rayado. Posee, además, una cola tupida que mide aproximadamente la mitad del resto de su cuerpo y cabeza juntos. Además, el macho presenta debajo de la mancha negra del extremo de la cola una glándula que libera secreciones odoríferas, las cuales le ayudan a marcar su territorio^{2, 13}.

Posee orejas en punta triangulares y el hocico alargado y puntiagudo. En pocas ocasiones es posible apreciar ejemplares que han sufrido una mutación, la cual provoca que sean totalmente amarillento, con un aspecto más delgado y cola más fina³.

El *L.culpeus* posee un cráneo muy característico y desde sus primeras semanas de vida hasta llegar a la edad adulta el cráneo del cánido sufre modificaciones debido al paso de su etapa como lactante a poseer una dieta carnívora. Debido a esta dieta, este lobo posee un cráneo caracterizado por el alargamiento de su hocico y en su dentadura y regiones molares bien desarrolladas, dientes carnasiales grandes y sus caninos son más largos que los

de otras especies *Lycalopex*. Los cánidos más jóvenes poseen la fosa temporal más pequeña, arcos zigomáticos más delgados, una constricción suborbital más ancha y una cavidad craneal más redondeada¹⁶.

Reproducción

La reproducción del *L.culpeus* ocurre entre los meses de agosto y octubre. La gestación dura unos 55 a 60 días; a su término nace una camada integrada por 3 a 8 cachorros, que son amamantados durante unos meses. La gestación tiene una duración entre 55 y 60 días, los jóvenes nacidos con los ojos cerrados y a los 2 días de edad los machos pesan aproximadamente 166 g con una longitud total de 165 mm, mientras que el peso aproximado de las hembras es alrededor de los 170 g con 161 mm de longitud total. Las crías alcanzan el tamaño adulto en 7 meses, y la madurez sexual se alcanza durante el primer año. Las crías se cuidan hasta el destete a los 2 meses de edad. Después del destete, los menores siguen siendo dependientes mientras empiezan a cazar con sus padres hasta que son lo suficientemente fuertes como para alimentarse por sí mismos. Las técnicas de caza en los cachorros empiezan a los dos o tres meses de vida. Alcanza la madurez sexual alrededor del año de vida. Su esperanza de vida puede alcanzar hasta 11 años. Sobre su reproducción en Ecuador poco se conoce, pero por estudios realizados en Argentina y Chile, se sabe que se reproducen entre los meses antes mencionados, al parecer con parejas estables. La hembra solo puede dar a luz una vez al año y pare entre tres y seis crías^{3, 14}.

Alimentación

El lobo andino al encontrarse en varias localidades de la región Andina su alimentación varía de acuerdo a su ubicación. La especie presenta un nicho ecológico relacionado con bajas tempe-

raturas, con precipitaciones desde bajas hasta medias y ambiente estables, lo cual corresponde con las descripciones de hábitat realizadas para la especie en el Ecuador. En contraste las poblaciones septentrionales del zorro andino (Perú hasta Argentina) habitan en zonas con ámbitos ambientales amplios, ya que en países como Perú y Chile se los encuentra en zonas boscosas, desérticas y hasta semiáridas. Por lo general su alimentación se basa en vertebrados pequeños y medianos, y por su distribución forman parte de su dieta: roedores, conejos, aves, frutas e inclusive, en muchas ocasiones pueden cazar aves domésticas, ovejas, cabras e incluso llamas pequeñas. Los estudios realizados de enero a diciembre de en el parque Jerusalén, entre las laderas del río Guayllabamba y el Bosque Jerusalén (Quito-Ecuador), y siguiendo el mismo método de alimentación de otros carnívoros, se pudo conocer los hábitos alimenticios de esta especie en la zona y así poder establecer una planificación de preservación de esta especie, la cual es poco común. Los resultados mostraron que la dieta del “lobo colorado”, se basa en consumo de otros mamíferos en un 52,37%, seguido de un 19,73% por los vegetales, las aves constituyen el 15,91%, los insectos el 1,55% y el material no identificado alcanzó 10,42%^{18,5,6}.

El análisis de las muestras fecales del lobo permite señalar que los recursos animales y vegetales del bosque BPJ, son la principal fuente de alimentación de los lobos, cuya disponibilidad depende de los meses secos o lluviosos, así como de su abundancia y distribución¹⁸.

Amenazas

En algunas regiones, como en la Patagonia, al lobo andino (*Lycalopex culpaeus*) se le ataca con cebos tóxicos de estricnina porque se la considera una especie perjudicial para el ganado. A pesar de que es ilegal, el uso de veneno para reducir o prevenir la pérdida del ganado causada por Culpeos aún es diseminado en algunas partes en su rango, incluyendo las áreas remotas de los altos Andes. Por otro lado, es el lobo de mayor valor en peletería, en especial la población fueguina (*Pseudalopex culpaeus lycoides*) cuya piel es la más apreciada por su calidad⁸.

Las amenazas principales a Culpeos han sido la caza y la captura por pieles (a pesar de que el intercambio ha disminuido en la última década) y el seguimiento para reducir la depredación de ganados y aves. Adicionalmente, la depredación por perros salvajes y domésticos puede ser una grave amenaza en algunas áreas⁷.

En algunas ocasiones, esta especie es bastante amenazada por su familiaridad con el humano ya que se acostumbran a que los turistas les den de comer, que pierden la preocupación por cazar y no enseñan a cazar a sus cachorros. De igual forma, son susceptibles de adquirir patógenos de otras especies ya sean domésticas o silvestres, con las cuales comparten su hábitat. En este contexto, se realizó un estudio en la parroquia Pintag del Distrito Metropolitano de Quito, donde no se detectó antígenos contra el Virus del Distemper Canino (VDC) ni anticuerpos contra ningún serovar de Leptospira. Sin embargo, se obtuvo un resultado positivo con la prueba de detección de anticuerpos contra *Bruceella canis*. Las consecuencias de un individuo sospechoso son el impacto que la enfermedad puede tener en mamíferos silvestres y el rol como reservorio. Los resultados negativos para el VDC y *Leptospira* sp. Podrían sugerir que los lobos no se encuentran expuestos a estas enfermedades, que no son susceptibles a la misma o que la enfermedad no se encuentra diseminada en el área de estudio. Además, la población de lobos de páramos es demasiado pequeña como para mantener una enfermedad y luego del brote el agente podría desaparecer. Sin embargo la muerte ocasionada por una enfermedad infecciosa como lo es el distemper canino podría afectar seriamente a toda la población^{4, 15, 19}.

CONCLUSIONES

El lobo andino, en general, es un animal solitario que se relaciona con los de su especie para la reproducción, busca lugares donde ocultarse y prefiere realizar sus actividades en horas de la noche. Aunque se conoce que viven en muchas reservas, no hay suficientes estudios para determinar un tamaño de población total de lobos andinos en el Ecuador. Adicionalmente, su vulnerabilidad en la región andina se debe a que muchos pobladores lo consideran una amenaza para el ganado, además de ser apreciados por su piel y por su cercanía con el ser humano, pues pueden llegar a depender de ellos para alimentarse, dejando a un lado la caza.

El *Lycalopex culpaeus reissii* es una especie endémica del Ecuador y es por ello que hay que hacer hincapié en su preservación y conservación. El poco estudio realizado anteriormente no permite tener una visión general del estado actual de su especie, sin embargo, las investigaciones realizadas sugieren que podría encontrarse en vías de la extinción por el reducido número poblacional que se han encontrado. Con la información disponible, las reservas ecológicas en el país pueden tener un mejor manejo y preservación del cuidado del lobo andino y aunque por el momento no se puede dar un criterio acerca de la eficacia en la conservación de esta especie en las diferentes reservas ecológicas, podemos afirmar que el *Lycalopex culpaeus reissii* es parte de nuestra identidad y debe ser tratada como tal. Todos debemos formar parte de su cuidado.

Referencias bibliográficas

1. Ayala-Aguilar G, Nallar R, Alandia E, Mollericon J, Crespo G. Parásitos intestinales del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*, Canidae) en el valle Acero Marka de los Yungas (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*. 2013; 104-108.
2. Burnie D, Wilson D. *Animal: The Definitive Visual Guide to the World's Wildlife*. Englewood: Dream Books Company; 2005.
3. Canevari M, Vaccaro O. Guía de mamíferos del sur de América del Sur. Buenos Aires: L.O.L.A.; 2007. Available from: https://www.sib.gov.ar/ficha/ANIMALIA*lycalopex*culpaeus
4. Enciclopedia Animal | Animales de la montaña - Culpeo o zorro colorado [Internet]. Deanimalia.com. 2008 [cited 9 July 2017] Available from: <http://deanimalia.com/montanzorrorilloreal.html>
5. Jiménez, J. E.; Lucherini, M. & Novaro, A. J. 2008. *Pseudalopex culpaeus*. In: UICN, 2013. UICN Red List of Threatened Species. Version 2013-2.
6. Lobo de Páramo [Internet]. Ecuador Terra Incógnita. 2006 [cited 2017 July 8]. Available from: http://www.terraecuador.net/nuestra_fauna/42_nf_lobo_de_paramo.html
7. Lucherini M. *Lycalopex culpaeus* (Andean Fox, Culpeo) [Internet]. Iucnredlist.org. 2016 [cited 6 July 2017]. Available from: <http://www.iucnredlist.org/details/6929/0>
8. *Lycalopex culpaeus* [Internet]. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2017 [cited 6 July 2012]. Available from: <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/mamiferos/FichaEspecie.aspx?Id=628>
9. McCallum H, Dobson A. Detecting disease and parasite threats to endangered species and ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*. 1995;10(5): 190-194.
10. Novaro A. *Pseudalopex culpaeus*. American Society of Mammalogists [Internet]. 1997 Oct [cited 2017 July 10]; 558:1-8. Available from: doi:10.2307/3504483
11. Olarte K, Jiménez J, Pacheco L, Gallardo G. 2009. Actividad y uso del hábitat de un zorro culpeo y su cría (*Pseudalopex culpaeus*) en el Parque Nacional Sajama (Oruro, Bolivia). *Ecología en Bolivia*. 2009; 44: 131-135.
12. Perfil de especie: el Zorro Culpeo [Internet]. Conservación Patagónica. 2012 [cited 2017 July 8]. Available from: <http://www.conservacionpatagonica.org/blog/es/2012/05/03/species-profile-culpeo-fox/>
13. Proyecto Zorros. Dirección de Fauna Silvestre y Conservación de la Biodiversidad. :1-3.

14. Quito Hábitat Silvestre. Lobo de páramo. 2012. Available from:<https://quitohabitatsilvestre.wordpress.com/2012/07/31/lobo-de-paramo/>
15. Schantz P, Lord R, de Zavaleta O. Echinococcus in the South American red fox (*Dusicyon culpaeus*) and the European hare (*Lepus europaeus*) in the Province of Nequén, Argentina. *Animals of Tropical Medicine & Parasitology*. 1972; 66(4): 479-485.
16. Segura V, Prevosti F. A quantitative approach to the cranial ontogeny of *Lycalopex culpaeus* (Carnivora: Canidae). *Zoomorphology*. 2012;131(1).
17. Tirira D. Nombres de los mamíferos del Ecuador. 5th ed. Quito: Ediciones Murciélago Blanco y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales; 2004.
18. Trujillo F, Trujillo J. Alimentación del Lobo (*Lycalopex Culpaeus*), en el Bosque Protector Jerusalén, Guayllabamba-Ecuador. *Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional* [Internet]. 2007 [cited 2017 July 8]; 27(4): 68-75.
19. Veintimilla N. Presencia de enfermedades parasitarias e infecciosas (Leptospirosis, distemper y brucelosis) en zorros andinos (*Lycalopex culpaeus*) que habitan en los páramos de la Hacienda Antisanilla (Pintag - Ecuador). Universidad San Francisco de Quito; 2017.

Recibido: 2 de Julio de 2017.

Aprobado: 18 de Agosto de 2017.



NOTICIAS Y OPINIONES TÉCNICAS

DNA microarrays: Recent Advances

Microarreglos de ADN: Avances Recientes

Henry J. Herrera¹, Marlon Gancino¹

DOI. 10.21931/RB/2017.02.03.13

ABSTRACT

The present work shows a bibliographical compilation about DNA microarray technology. First, a brief summary is presented with the most important historical aspects that gave rise to this technology in the field of biotechnological research, until it became one of the most significant tools in the field of medical diagnosis. The concept of DNA microarray is clearly defined and an important emphasis is made on the main variants within this technology: oligonucleotide microarray and cDNA microarray. Subsequently, the major differences between the two DNA microarray classes are mentioned to culminate showing the advantages and disadvantages that each one has when it is time of a gene expression analysis. Furthermore, some applications that this technology offers in the biological-clinical field are cited. Finally, this work indicates the latest technological advances in data analysis from a bioinformatic approach and a pithy explanation is made about the use and operation of microarray databases.

Key words: cDNA microarray, oligonucleotide microarray, microarray applications, microarray analysis, microarray databases.

RESUMEN

El presente artículo es el resultado de una compilación bibliográfica acerca de la tecnología de microarreglos de ADN. Primero, se realiza una breve recapitulación de los aspectos históricos más importantes que dieron paso a esta tecnología en el campo de investigación biotecnológica, hasta llegar a ser una de las herramientas con mayor significancia en el campo de diagnóstico médico. Se define claramente el concepto de microarreglo de ADN y se hace un fuerte énfasis en las principales variantes dentro de esta tecnología: microarreglos de ADNc y microarreglos de oligonucleótidos. Ulteriormente, se mencionan las mayores diferencias entre las dos clases de microarreglos de ADN, para culminar mostrando las ventajas y desventajas que ambos tienen a la hora de realizar un análisis de expresión génica. Además, se citan algunas aplicaciones que esta tecnología ofrece en el campo biológico-clínico. Finalmente, se indica los avances tecnológicos más recientes en el análisis de datos desde una perspectiva bioinformática y se realiza una breve explicación acerca del funcionamiento y uso de bases de datos de microarreglos.

Palabras claves: microarreglo de ADNc, microarreglo de oligonucleótidos, aplicaciones de microarreglos, análisis de datos de microarreglos, base de datos de microarreglos.

Introducción

The publication of the complete decoding of the human genome by The Human Genome Project (HGP) in 2003¹ brought to light the latent complexity that encompasses gene interaction in the phenotypic expression of each human being. Where, to control the necessary cellular mechanisms that mediate the transformation of a fertilized ovule into a mature human body and then keep it alive requires the intervention of every single gene². Each one of these regulated in a unique and precise way in relation to its location and its degree of expressivity so that together and working in a harmonious way give as final result life. Because of this, and in order to have a better understanding of the development of organisms, factors involved in the onset of genetic diseases, or simply to monitor the fluctuating expression of a single gene on a cell under specific conditions, it became imperative to create tools that allow efficient registration of the interactions between the basic macromolecules that regulate each vital cycle³.

Classically, the techniques or tools that were used in the laboratory to perform the activities of gene monitoring were Southern and Northern blotting but because of the digitization of research tools in the last two decades these techniques were replaced by microarray technology⁴. The introduction of this new

tool in the biotechnology field allowed a much more efficient quantitative and simultaneous monitoring of the expression of thousands of genes⁵. Being DNA microarray the most significant, important and best developed technology of all types of microarrays⁶.

The development of DNA microarray technology in 1995 was founded with the refinement of the technique for the formation in-situ of oligonucleotides called photolithography and the creation of the first cDNA library in 1992 and 1994 respectively⁶. In 1997 the first quantitative and simultaneous monitoring of the gene expression in one in a specific class of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, was obtained⁷. The improvement in the efficiency of this technique allowed in 2003 to be introduced in the clinical field with a focus on improving the techniques of medical diagnosis⁸. Finally, in 2004 this technique allowed to study the gene expression of the entire human genome in a single layer of DNA microarrays⁹.

As evidenced in the previous paragraph, this is a technology that has undergone significant advances in terms of its refinement that have been relatively fast and whose theoretical foundation is essentially based on macromolecular complementarity⁵. In a more detailed way, a DNA microarray works through a mechanism that is composed of the following elements: a) target: which, in DNA microarray, is specifically a defined sample of DNA previously marked immersed in

¹School of Biological Sciences and Engineering Yachay Tech

a solution; b) labels: these are markers placed in the target DNA samples that when they undergo a change in their biochemical medium reacts by showing a specific color or a specific wavelength; c) probes: they are DNA sequences corresponding to specific genes placed on a solid support which will serve to determine the degree of gene expression exhibited by a particular cell; and d) a solid support, which is the place where DNA probe sequences are anchored¹⁰. Thousands of slits are placed in a rectangular holder where each contains many pieces of DNA or DNA probe³. The mRNA is extracted from a sample cell and the reverse transcription process is performed with the reverse transcriptase enzyme to obtain cDNA, thereby indicating which gene or which gene set is highly expressed by the mRNA of the cell sample¹¹. Each cDNA copy is labeled with a fluorescent or radioactive label type. The amount of hybridization that a cDNA sample displays with a specific plate of DNA microarrays is measured by scanning the wavelength or color change that each spot of the backing plate presents¹². In this way, this process can be summarized as the set of 5 experimental steps¹³, which are: 1) biological query; 2) preparation of the sample; 3) biological reaction; 4) data visualization; and 5) modeling.

Características

DNA microarray overview

DNA microarray could be defined in two ways, as an arrangement of known sequenced genes printed on a solid support e.g. glass microscope slides, silicon chips, plastics, nylon membrane, as well as a technology used to analyze and detect gene expression

and mutations respectively¹⁴. DNA microarray makes possible to identify genes that are being expressed due to changes in environmental parameters, cellular differentiation and mutations in metabolic pathways. Therefore, this technology is considered as an effective tool for genome-wide expression profiling¹⁵. DNA arrays are printed with DNA, cDNAs, oligonucleotides (synthetic) or PCR products that normally represent a gene; an important advantage of DNA microarray is that it allows to study hundreds to thousands of genes at the same time, even an entire genome of an organism¹⁴.

cDNA microarray vs oligonucleotide microarray

There two types of DNA microarrays, cDNA microarrays and oligonucleotide microarrays⁵. Both microarrays are based on base complementarity and show the abundance of transcripts; usually two mRNA samples are prepared, the control and experimental sample, these mRNA samples are converted into cDNAs with reverse transcriptase¹⁶ and can be labeled with fluorophore, silver, chemiluminescence¹⁷. In the case of cDNA microarrays each sample is prepared with a different label and then both samples are mixed to finally be spotted in the microarrays where probes are ready to hybridize complementary sequences as in Figure 1. On the other hand, in oligonucleotide arrays, both samples use the same label, but the labeled cDNAs of each sample are hybridized in separate arrays¹⁶ as in Figure 2.

There are other differences between cDNA microarrays and oligonucleotide microarrays. In this last one, probes are printed or synthesized in situ usually by photolithographic deposition – the quality of the DNA chip depends on this technique- while in cDNA microarrays the probes are pre-fabricated and then robo-

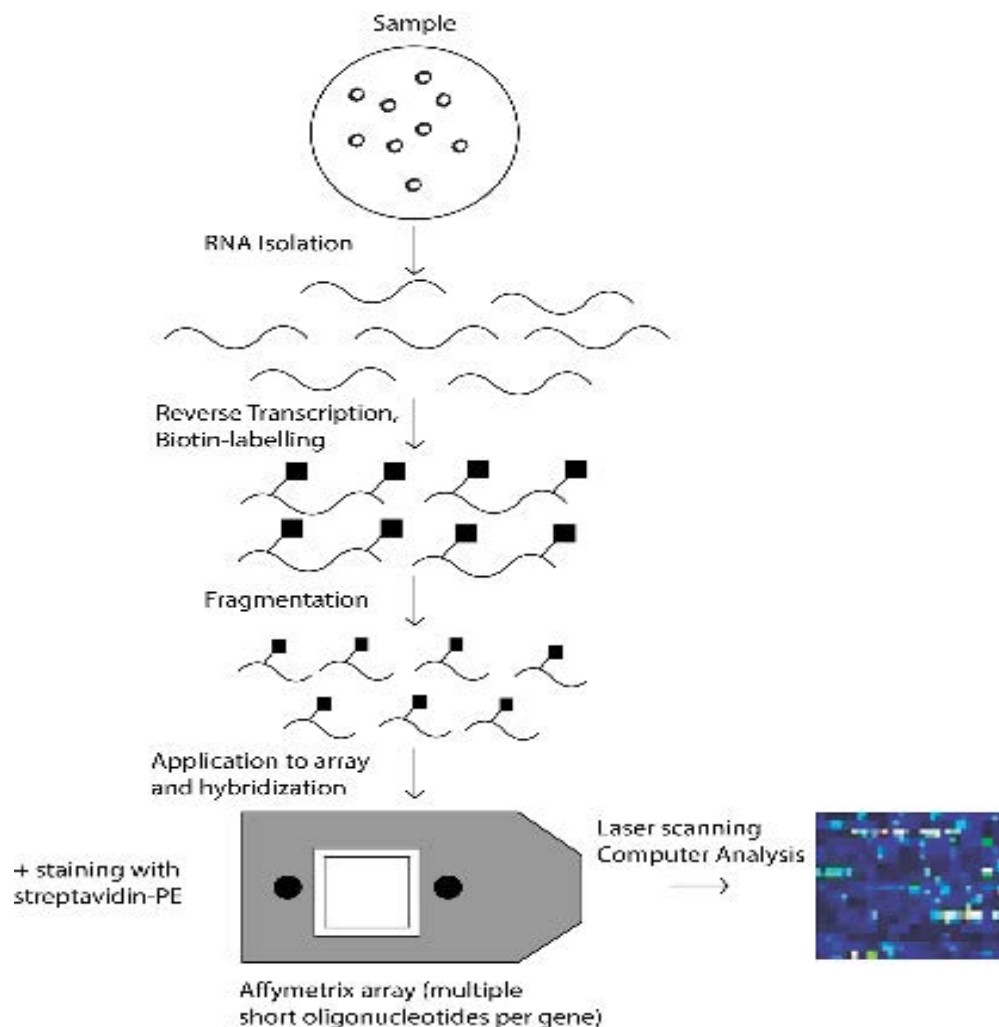


Figure 1: Schematic process of the operation of cDNA microarray technology.

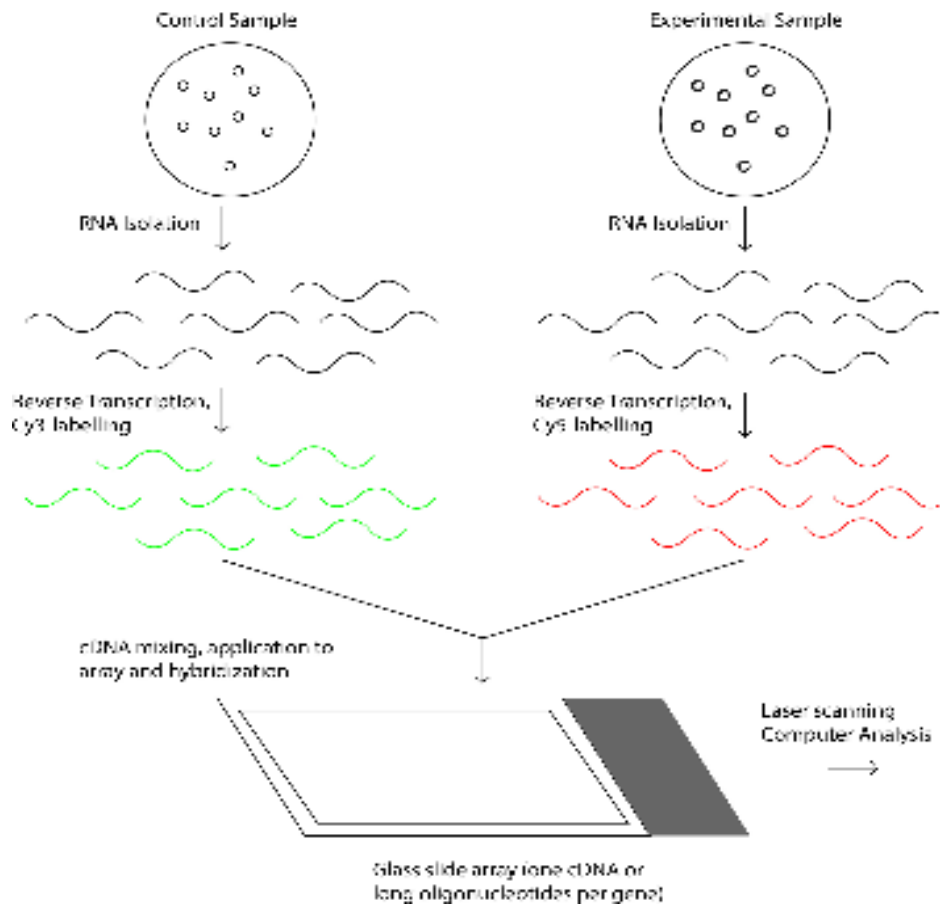


Figure 2: Schematic process of the operation of oligonucleotide microarray technology.

tically printed on the glass slide¹⁶. Another characteristic to take in consideration is that oligonucleotides arrays contain probes with short fragments of DNA of about 25 base pairs while cDNA microarrays probes have long fragments of DNA from hundreds to thousands of base pairs⁵. Because this technology has been advancing considerably these last years, many DNA microarrays with different characteristics (e.g. longer probes, RNA probes, DNA probes, improved microelectrode arrays, higher resolution) are available in the market and these are some of the commercial arrays: Affymetrix, Invitrogen, Genome systems, Silicon genetics Biodiscovery, Genetix, Xenos⁵.

The use of a specific type of DNA microarray is going to depend on what the investigation is about, but also on the resources available for it. That is why the review will show some advantages and disadvantages of each type of DNA microarray. cDNA microarrays have better detection sensitivity (probes are longer), a lower cost, and do not require specific equipment; actually, most of the equipment is often available in the laboratory. However, the time required to synthesize, purify and store DNA solutions before the fabrication of the microarray, along with more printing devices required and cross hybridization comprise the disadvantages of cDNA microarrays. On the other hand, oligonucleotide microarrays have some benefits too such as faster generation of the array, better specificity, less contamination and reproducibility. Not having to deal with the preparation and correct handling of probes (PCR products, cDNAs) reduce time, contamination and the possibility of mix up. The design oligonucleotides are printed on the arrays and the use of multiple short sequences (base mismatch strategy in the center of an additional partner sequence) help to increase specificity and reproducibility. However, oligonucleotide microarrays are much more expensive than cDNA microarrays because specialized expensive equipment -for hybridization, labelling, washing, and analysis- is needed. Also, sensitivity can be affected, but multiple probes can solve that problem¹⁴.

DNA microarray applications

DNA microarrays are useful to analyze the transcripts of cancer cells making a gene expression comparison with normal cells. The data obtained from the DNA microarray images can be used to identify patterns with similar transcriptional activity and therefore to group together genes that are related with cell proliferative state. In other words transcript profiling and clustering are power tools for sub-classification of tumor types which may lead to a better diagnosis and therapy of cancer¹⁶. Besides, important studies have been made in mitosis and meiosis -an analysis of changes in gene expression at different times- of budding yeast. Cho *et al.* used synchronized cells at a homogenous cell-cycle state while Spellman *et al.* used an asynchronous vegetative culture. In the first case 416 periodic transcripts were identified whereas in the Spellman *et al.* experiment 800 periodic transcripts were observed¹⁶. These examples show another potential application of DNA microarrays in the study of periodic cell-cycle genes of other organisms.

Another interesting application of DNA microarrays is in the field of stress response and aging, gene expression of cells varies depending on the environmental conditions by which are surrounded. Human myeloid cells have been analyzed after being treated with genotoxic agents and ionizing radiation and unsuspected genes were expressed as a result¹⁸. In this study, many cellular responses took place such as DNA metabolism, signal transduction and cell-cycle control¹⁶.

In another study calf muscles of young and old mice (stress of age) were evaluated and 113 genes were observed¹⁹, many of them related with energy metabolism, protein turnover, stress response and other pathways. What was found in this study is that caloric restriction (increases lifespan) prevent the transcription many of the 113 genes¹⁶. These studies are some applications for DNA microarrays, however this technology has advanced in such a way that another review paper is required to explain the

known and the new DNA microarray applications that are still been discovered.

Data analysis

Next to the step of macromolecular hybridization between the specific samples of labeled DNA with the DNA probes continues the data obtained analysis process to finally result in the interpretation of results. To carry out this analysis, the microarray plate is scanned by a scanning confocal microscope with the objective of producing data in the form of images that will later be transmuted into numeric data sets². In order to make this numerical information meaningful, in the context of results interpretation, the obtained sets of numerical data are "normalized"⁴. That is, the data sets are parameterized to obtain systematic differences among them. As mentioned by Terca⁴ a clear example of normalization is the reforming of dye intensity values to compensate for the efficiency of DNA markers in a dual-channel microarray experiment where labels that reflect two different colors have been used. After normalization, a statistical analysis is needed by softwares such as ICEP or Nexus Expression then clustering and classification methods are applied⁵.

However data analysis tends to be complicated because of large amounts of data that microarrays provide; specific algorithms have been developed by the scientific community to guarantee quality control²⁰. In each sample (data point) of a microarray it is possible to find up to 450,000 gene probes (variables). For this reason, it is essential to remove features that are irrelevant and redundant to reduce the dimensionality of the data; the problem with high dimensionality is that more information is required and the computational cost is higher. Then when there is many variables and a small number of samples, large datasets can have overfitting that lead to an increase in noisy features and classification errors. Noisy data can increase complexity in the proposed models and reduce the efficiency of machine learning algorithms. However, to solve the high dimensionality problem, these techniques are usually applied: feature subset selection and feature extraction²¹.

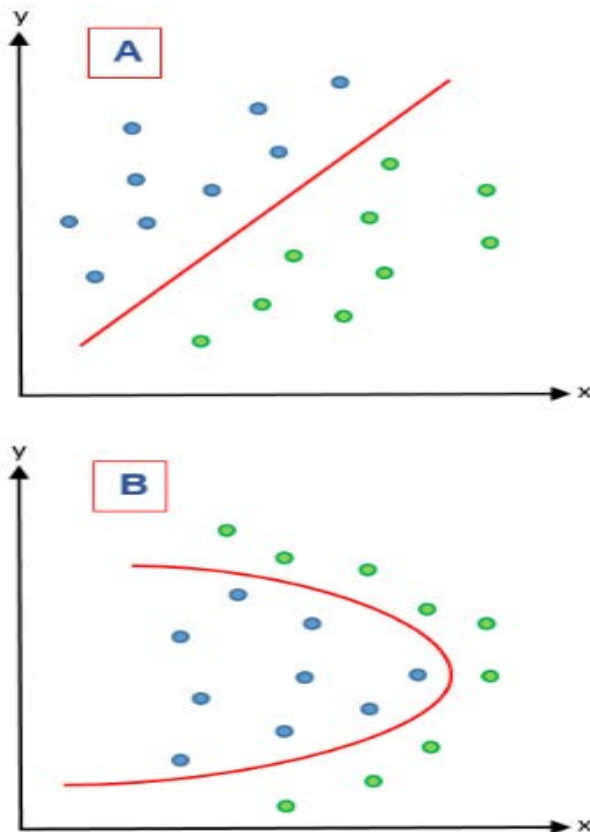


Figure 3: A) represents a linear problem while B) represents a nonlinear problem.

Feature selection methods which remove trivial features (e.g. gene probes that only have low levels of activity), are now required due to the size of the data generated in these last years. They differ from feature extraction methods because they do not change the normal representation of the data²¹. Besides, these methods are based on feature selection algorithms which are divided in three groups: filters, wrappers, and embedded techniques^{21, 22}. The filters do not use any classifier and remove features without the use of any learning techniques contrary to wrappers which use those techniques to appraise useful features²¹. Furthermore, embedded techniques usually use learning techniques to make selections that depend on specific classifier algorithms²². This technique tends to be more computationally efficient than wrappers which are usually computationally inefficient, however the most efficient in this aspect are the filters²¹.

On the other hand, feature extraction methods combine variables in order to give a new variable and therefore reducing the dimensionality of the features that were combined. These methods are based on feature extraction algorithms are divided in two groups: linear and nonlinear. In Figure 3 these two kinds of problems are represented. In a linear feature extraction (LFE) the reduction of the dimensionality is done by a linear matrix factorization on a dimensional linear subspace that is lower. Instead, nonlinear feature extraction (NFE) has diverse ways to perform the dimensionality reduction; it can find nonlinear relationships among features on a low and high dimensional space²¹. In a LFE, principal component analysis (PCA) is a widely used extraction algorithm²³ and is complemented by supervised principal component analysis to guarantee that the principal components of the dataset belong to the class variable²⁴. In NFE, lifting functions, kernel functions, Isomap algorithms (manifolds) and Kernel PCA have been used²¹.

We have seen that feature selection and feature extraction are useful techniques to reduce irrelevant features, precisely to decrease the dimensionality of them. However there some advantages and disadvantages between these two techniques. Feature selection maintain the characteristics of the data, in other words, the data preserve its normal representation for interpretability. But the problem with this technique is that it has a low discriminative power and a reducing overfitting. On the other hand, feature extraction has a high discriminative power and can control overfitting, but the characteristics of the data can change and its transformation could be more expensive²¹. After this feature selection or feature extraction to improve and prepare the data, it can be classified and clustered by classifiers²⁵ and various software such as CLIC, FIGS, SEURAT, AutoSOME, ConsensusCluster, GcExplorer and so forth⁵.

Microarray databases

As a result of the analysis and monitoring of data obtained by some of the types of DNA microarray we have the generation of an enormous sequence of more data that must be conserved in two possible ways: a) through the use of specific software that fulfill the role of a database on a local scale and to store the data obtained on-site, and b) databases that act as mass storage of public information. In this case, it is necessary to take into account three aspects necessary for the dissemination of data coming from the microarray, which are: 1) follow standard parameters for data collection, 2) adhere to standard parameters established for the exchange of data, and 3) use the public information stores kindred to DDBJ, EMBL, and GenBank. Minimum Information About Microarray Experiment (MIAME) and Microarray Gene Expression Markup Language (MAGE-ML). MIAME is the standard format for data collection and MAGE-ML is the file format based on XML data exchange which was grown-up by Microarray Gene Expression Data (MGED) society and Object Management Group (OMG)^{3, 26}. As reference, Table 1 shows a bibliographic compilation that contains the most available microarray databa-

Name	Description	URL
FSAGE-4	Fetal gene expression analysis	http://sage.gi.ku-nijmegen.nl/
ArrayExpress	Open access library of microarray gene expression data	http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress
Ascidb	Library of <i>Xenopus laevis</i> gene expression	http://www.stfc-helidelberg.de/ab0135/ascidb.htm
BodyMap	Collection of gene expression data related to humans and mice	http://bodymap.ims.u-tokyo.ac.jp/
BodyMap	A data comparison of gene expression in vertebrates	http://bodymap.jp/
BGED	Library of gene expression of the brain	http://www.roc.prof.saka.jp/BGED/
CAGE	Collections of CAGE tags with the final purpose of cap-analysis of the studied gene expression	http://genome.lla.ucc.nimr.gov.au/cage.html
CleanE x	Database of expression comparison, collected data about linking heterogeneous expression.	http://www.cleanex.ub.edu/
dMREGII	Library of experimental results.	http://dberg.cse.psu.edu/mregii.html
Demis	Databases of Beta-thalassemia allele (frequencies throughout the world)	http://biochem.forth.edu.uk/demis.html
EBCO	Handbook web about carcinogenic hepatocellular genes	http://ebco.ubc.ca/
EICODB	Digital library for discovery of novel recorded genes	http://genome.lla.ucc.nimr.gov.au/EICODB/
emap Atlas	Edinburgh mouse atlas Database of gene expression the embryonic phase in mice	http://www.bcm.tmc.ac.uk/
EMAGE	The mouse gene expression database of Edinburgh	http://www.hpa.mrc.ac.uk/Emage/database/mastdata.html
EPCoADB	Digital library about endocrine pancreas conversion	http://www.stfc-helidelberg.de/EPCoADB/
EpoDB	Database which shows the gene activity in erythropoiesis in humans	http://www.chil.upenn.edu/EpoDB/
FlyView	Database which contains the gene expression in <i>Drosophila</i> development	http://bioinformatics.ucsf.edu/
GeneAnnot	Digital encyclopedia about checked annotation of Oligonucleotide array human gene probe sets	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/geoquery.cgi?acc=accs
GeneNets	Collection of genes expression profiles in healthy human tissues	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/geoquery.cgi?acc=accs
GenePaint	Collection of gene patterns in mice	http://www.genepaint.org/FrameSet.html
GeneFide	Digital library of "A transcription-focused member of the GeneCards suite"	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/geoquery.cgi?acc=accs
GeneFrag	Database of gene expression patterns in embryonic stem cells library	http://www.embf.de/genefrag/
GENSAT	Atlas of gene expression in mice central nervous system	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/geoquery.cgi?acc=accs
GEO	(Gene expression omnibus) A profile collection of the gene expressions	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/
GeneOnline	Library of mitotic and meiotic cell cycle gene activity	http://www.genonline.org/
GXD	Library of gene expressions in mice	http://www.informatics.fhcrc.org/htdocs/expression/02_02mz.shtml
H-ANGEL	Database of gene expression in humans	http://www.ubc.ca/~gen/angel/index.html
HumBase	Library of differential gene expression in erythroid cells of humans	http://humbase.rockefeller.edu/
HumanEx	Expression levels of human genes in normal tissues	http://data.bu.edu/HumanEx/
IGTC	International Gene Trap Consortium dedicated to the collection of gene expression of mice	http://www.igtc.net/igtc.htm
Kidney Development Database	Database of development and gene expression in Kidney data	http://web1.gsu.edu/~skobol/home.html
LCLA	Database about contrasts of gene groups observed on several microarray experiments	http://www.lcla.gsu.edu/
MAGE ST	Database of expressions patterns of Ascidians	http://www.genome.ad.jp/magi/
MIAMI P-	Molecular anatomy of the mouse embryo project	http://www.geneprofiling.org/
MEFD	Oryzias latipes genetic expression library	http://www.amb.lde.mpg/
MethDB	Database about methylated DNA	http://www.methdb.de/
Mouse SAGE	SAGE collections of several tissues and cell lines in mice	http://www.broad.com/cst/sage/
NASCarrays	"Nottingham Arabidopsis Stock Centre" database	http://affmetrix.arabidopsis.info/
NexAff	Open Access oligonucleotide microarray probe sets	http://www.affmetrix.com/
OneMine	Database of microarray analysis with oncogene approaches	http://www.oncemine.org/

Table 1: Bibliographic compilation of microarray databases.

ses which follow the data dissemination parameters mentioned above

CONCLUSIONS

Microarrays are emerging technologies in the field of biotechnology whose development and refinement has been concentrated in the last two decades. By allowing the simultaneous and efficient monitoring of the gene expression of thousands of genes, it has come to occupy the functional role of classical techniques such as southern and northern blotting. The technical progress of DNA microarray technology since its inception in 1995 has allowed it to be considered as a strategic tool in the clinical field of medical diagnosis. The theoretical scheme of this method is based on the interaction of various elements (target, labels, probe, and solid support) among themselves applying the biological principle of macromolecular complementarity.

The use of cDNA or oligonucleotide microarrays will depend on the resources, equipment and the time available for the researcher. cDNA microarrays have a better sensitivity, lower cost, and the equipment needed are normally present in a laboratory while oligonucleotide arrays have a better specificity, less contamination, reproducibility is easier and the generation of the array is faster. However, cDNA microarrays require more time to prepare the probe; synthesis, purification and storage of DNA solutions requires more work and contamination could be a problem. Another problem is the specificity because cross hybridization can occur. Likewise, oligonucleotide microarrays are more expensive than cDNA microarrays (specialized equipment is needed to prepare and analyze the microarrays) and not all researchers and their laboratories can afford that. Sensitivity could also be a problem if multiple probes are not used.

One of the most important steps in the quantitative monitoring of gene expression is data analysis. This process involves the transmutation of data in form of images to numeric data sets. After this and following processes that include the parameterization of data, biologically meaningful information is obtained that can finally be analyzed, interpreted and presented in the form of results. Finally, all the data obtained from the data analysis are stored in databases according to standardized parameters and formats related to data collection and exchange of results.

The adequate preparation of DNA microarrays, its analysis and to store the information obtained from it in databases make possible a better understanding of cellular processes (DNA metabolism, signal transduction, cell-cycle, etc.). This is used to study cancer, mitosis and meiosis, cellular responses to stress (changes in the environment), infections, diseases and so forth, precisely to find better mechanisms for diagnosis and treatments in the medical field. DNA microarrays have been improved these last decades that is why this technology has many applications, some of them which are still been discovered.

REFERENCES

- NHGRI. An Overview of the Human Genome Project [Internet]. National Human Genome Research Institute (NHGRI). 2017 [cited 12 August 2017]. Available from: <https://www.genome.gov/12011238/an-overview-of-the-human-genome-project/>
- Xiang C, Chen Y. cDNA microarray technology and its applications. 2000.
- Heller M. DNA Microarray Technology: Devices, Systems, and Applications. 2002.
- Tarca A, Romero R, Draghici S. Analysis of microarray experiments of gene expression profiling. 2006.
- Naidu C, Suneetha Y. Review Article: Current Knowledge on Microarray Technology - An Overview. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 2012;11(1).
- Chalah A. Fundamentals of Microfluidics with Applications in Biological Analysis and Discovery. Harvard Extension School. 2016.
- Ekins R, Chu F. Microarrays: their origins and applications. Trends in Biotechnology. 1999;17(6):217-218.
- Russell S, Meadows L, Russell R. Microarray technology in practice. 2009.
- Sobek J, Bartscherer K, Jacob A, Hoheisel J, Angenendt P. Microarray Technology as a Universal Tool for High-Throughput Analysis of Biological Systems. Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening. 2006;9(5):365-380.
- Aguado M. DNA Microarrays: Principles and Technologies. 2012.
- Kuo W, Whipple M, Jenssen T, Todd R, Epstein J, Ohno I. Microarrays and clinical dentistry. Journal Of The American Dental Association. 2003;4(134):456-62.
- Giorgi F, Bolger A, Lohse M, Usadel B. Algorithm-driven Artifacts in median polish summarization of Microarray data. BMC Bioinformatics. 2010;11(1):553.
- Leung Y, Cavalieri D. Fundamentals of cDNA microarray data analysis. 2003.
- Gundogdu O, Elmi A. Genome Resource Facility [Internet]. Grf.lshmt.ac.uk. [cited 12 August 2017]. Available from: <http://grf.lshmt.ac.uk/microarrayoverview.htm>
- Conway T, K. G. Microarray expression profiling: capturing a genome-wide portrait of the transcriptome. Molecular Microbiology. 2003;47(4):879-889.
- Epstein C. Microarray technology — enhanced versatility, persistent challenge. Current Opinion in Biotechnology. 2000;11(1):36-41.
- Merck KGaA. Water for DNA Microarrays | Application | Water Purification | Merck [Internet]. Merckmillipore.com. 2017 [cited 12 August 2017]. Available from: <http://www.merckmillipore.com/INTL/en/learning-centers%2Fapplications%2Fnucleic-acids%2Fdna-microarrays%2FdeGb.qB.3pgAAAFzKQWtdw.nav?RefererURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com.ec%2F>
- Amundson S, Bittner M, Chen Y, Trent J, Meltzer P, Fornace A. Fluorescent cDNA microarray hybridization reveals complexity and heterogeneity of cellular genotoxic stress responses. Oncogene. 1999;18(24):3666-3672
- Lee C. Gene Expression Profile of Aging and Its Retardation by Caloric Restriction. 1999.
- Eijssen L, Jaillard M, Adriaens M, Gaj S, de Groot P, Muller M et al. User-friendly solutions for microarray quality control and pre-processing on ArrayAnalysis.org. Nucleic Acids Research. 2013;41(W1):W71-W76.
- Hira Z, Gillies D. A Review of Feature Selection and Feature Extraction Methods Applied on Microarray Data. Advances in Bioinformatics. 2015;2015:1-13.
- Bolón-Canedo V, Sánchez-Marfoño N, Alonso-Betanzos A, Benítez J, Herrera F. A review of microarray datasets and applied feature selection methods. Information Sciences. 2014;282:111-135.
- Shlens, J. A Tutorial on Principal Component Analysis. 2014.
- Barshan E, Ghodsi A, Azimifar Z, Zolghadri Jahromi M. Supervised principal component analysis: Visualization, classification and regression on subspaces and submanifolds. Pattern Recognition. 2011;44(7):1357-1371.
- Widodo A, Yang B. Application of nonlinear feature extraction and support vector machines for fault diagnosis of induction motors. Expert Systems with Applications. 2007;33(1):241-250.
- Penkett C, Bähler J. Navigating Public Microarray Databases. 2004.

Received: 12 June 2017

Approved: 10 August 2017

CERTIFÍQUESE EN ENSAYOS CLÍNICOS



Clinical biotec en conjunto con la Universidad de las Américas (UDLA) ofrece el curso Inicial para establecer las bases científicas en el desarrollo actual de los Ensayos Clínicos :

ESTRUCTURA Y ENTORNO DE LA INVESTIGACIÓN CLÍNICA. CONCEPTOS BÁSICOS EN LA INVESTIGACIÓN CLÍNICA.

Primer módulo: Se trabajará en la adquisición de los conceptos básicos necesarios y relacionados con el desarrollo preclínico sus conceptos y etapas en las que se realizan dentro de la investigación clínica. Además se desarrollaran los conceptos básicos Ensayos Clínico de eficacia y seguridad dentro de este tipo de investigación y el método científico en los Ensayos Clínicos.

Conferencias:

- 1) Investigación Clínica: Desarrollo de fármacos y Biofármacos.
- 2) Preclínica concepto fases y etapas a desarrollar en la concepción de los productos farmacéuticos.
- 3) Ensayos Clínicos: Concepto y Generalidades

- ORGANISMOS Y ACTORES PARTICIPANTES EN LOS ENSAYOS CLÍNICOS: ENTORNO REGULATORIO

Segundo Modulo: Introducción al entorno de la Industria Farmacéutica a nivel nacional e internacional, conocimiento de los diferentes actores, organizaciones, actividades, funciones, normativas que regulan esta investigación a nivel Nacional e Internacional.

Se abordarán con detalle las estructuras y organigramas profesionales que participan en el desarrollo y gestión de los Ensayos Clínicos.

Se plantearán con gran detalle los diferentes aspectos éticos y legales, a nivel local, europeo e internacional. Legislación FDA, EMEA y AEMPS. GCP, ICH, Declaración de Helsinki

Conferencias:

- 4) Aspectos éticos y Legales de los Ensayos Clínicos.
- 5) Entorno regulatorio de los E. Clínicos, Agencias Reguladoras Internacionales y Nacional.

- DISEÑO Y FASES DE LOS ENSAYOS CLÍNICOS

Introducción al conocimiento en los diferentes tipos de Ensayos Clínicos y proyectos de investigación, así como sus diferentes fases de desarrollo y procedimientos de gestión y ejecución. Conocimiento detallado de los elementos diferenciales en cuanto al tipo de estudio, diseño, objetivos y área terapéutica.

- 6) Diseño, aleatorización y tipos de Ensayos Clínicos.
- 7) Diseños estadísticos en los Ensayos Clínicos y sus Variables.
- 8) Fases de los Ensayos Clínicos
- 9) Estudios Observacionales y Epidemiológicos.

- DOCUMENTOS ESENCIALES PARA LA APROBACIÓN DE LOS ENSAYOS CLÍNICOS

Cuarto Modulo: Abordaremos la documentación actual y aplicable al desarrollo y aprobación de los Ensayos Clínicos por medio de ejemplos prácticos.

Documentos esenciales para el desarrollo y procesos de aprobación de los diferentes tipos de estudio
Manejo de los ICH.

10) Documentos esenciales en los Ensayos clínicos: Protocolo, Manual Farmacéuticos, Cuadernos de Recogida de Datos y Formulario de Consentimiento Informado

11) Escritura de Informe Final y Análisis Interinos. Publicación de los Ensayos Clínicos.

Nota: Todo el curso estará basado en actividades prácticas referentes a trabajos presentados por los estudiantes e interacciones con los profesores a partir del aula virtual.

Metodología: 40 horas total, 20 horas presencial 50% y 20 horas ONLINE 50%. Se activarán aulas virtuales semanalmente y cada alumno tendrá la posibilidad de solicitar a su Tutor, tutorías virtuales según se requieran en dependencia de la complejidad del tema. .

GET TRAINED - GET CERTIFIED - GET WORKING

PERFIL DEL ESTUDIANTE:

El curso estará dirigido hacia Titulados Superiores, preferentemente en el área de Ciencias de la Salud preferentemente en Medicina aunque igualmente lo puede recibir profesionales afines o que se desarrollen dentro del campo de la Investigación Clínica. (Biología, Farmacia etc.), enfocados a la realización de los ensayos clínicos con sus diversas aristas relacionadas con el desarrollo clínico como investigadores y departamentos médico-científicos con presencia en un mercado global y colaborando en la correcta ejecución de protocolos internacionales de investigación clínica.

...más información e inscripciones online <http://clinicalbiotec.com/cursos.html>

Biología

Investigaciones Biomédicas

Ensayos clínicos

Todo para la industria farmacéutica - desde el lab a los ensayos clínicos



 clinical Biotec



<http://clinicalbiotec.com/>

<https://twitter.com/clinicalbiotec>

<https://www.facebook.com/bioclinal/>

Docencia, investigación, extensión y proyección social al servicio del territorio



Fortalezas institucionales

- > Biotecnología
- > Limnología
- > Derechos Humanos – Posconflicto
- > Internacionalización
- > Inclusión Social
 - SER – Servicio Educativo Rural
 - Educación de Alfabetización
- > MIES – Instituto de formación para el trabajo y el desarrollo humano
- > Formación humanística “Ruta Humanística en el currículo - Cátedra abierta Madre de la Sabiduría”
- > Investigación y desarrollo tecnológico
- > Comprometida con la calidad
- > Centro de Estudios Territoriales
- > Biodiversidad
 - Herbario
 - Ictiología
 - Litoteca

Áreas del conocimiento

- Ciencias Agropecuarias
 - Ciencias de la Educación
 - Ciencias de la Salud
 - Ciencias Económicas y Administrativas
 - Ciencias Sociales
 - Derecho
 - Ingenierías
 - Teología y Humanidades
- > 26 programas de pregrado
 - > 16 programas de posgrado
 - 1 doctorado
 - 8 maestrías
 - 7 especializaciones

www.uco.edu.co  [universidad.catolicadeoriente](https://www.facebook.com/universidad.catolicadeoriente)  [@uconiano](https://twitter.com/uconiano)



“Servicio educativo con calidad en:
Personas, procesos y servicios”

Contacto institucional Universidad Católica de Oriente
Sector 3, Cra. 46 No. 40B 50 - **PBX:** +(57)(4) 569 90 90. Ext. 694
Fax: +(57)(4) 531 39 72 - **Email:** uco@uco.edu.co

